



**HAL**  
open science

# Conception d'un Système Expert pour l'étude de la Sécurité Incendie de Bâtiments dans un Contexte Pluridisciplinaire

Smith Charles

► **To cite this version:**

Smith Charles. Conception d'un Système Expert pour l'étude de la Sécurité Incendie de Bâtiments dans un Contexte Pluridisciplinaire. Interface homme-machine [cs.HC]. INSA de Lyon, 1992. Français. NNT : 1992ISAL0025 . tel-00003554

**HAL Id: tel-00003554**

**<https://theses.hal.science/tel-00003554>**

Submitted on 13 Oct 2003

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**THESE**  
présentée  
devant L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON  
pour obtenir  
LE GRADE DE DOCTEUR

Spécialité : METHODES DE CONCEPTION EN BATIMENT,  
AMENAGEMENT ET TECHNIQUES URBAINES

par

**Smith CHARLES**

Ingénieur Faculté des Sciences de L'UNIVERSITE D'ETAT D'HAITI  
D.E.A. de GENIE CIVIL ET SCIENCES DE LA CONCEPTION

**CONCEPTION D'UN SYSTEME EXPERT POUR L'ETUDE DE LA SECURITE  
INCENDIE DE BATIMENTS DANS UN CONTEXTE PLURIDISCIPLINAIRE**

Soutenue le 12 mai 1992 devant la commission d'examen

Jury	MM.	J.L. ERMINE	rapporteur
		J.C. MANGIN	rapporteur
		H. BOTTA	
		J. BRAU	
		D. CLUZEL	
		J. DUBOYS	
		P. LE GAUFFRE	
		M. MIRAMOND	

## INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON

Directeur : J. ROCHAT

Professeurs :

S. AUDISIO	PHYSICOCHIMIE INDUSTRIELLE
J.C. BABOUX	TRAIT. SIGNAL ULTRASONS
J. BAHUAUD	MECANIQUE DES SOLIDES
B. BALLAND	PHYSIQUE DE LA MATIERE
G. BAYADA	CENTRE DE MATHEMATIQUES
C. BERGER (Mlle)	PHYSIQUE INDUSTRIELLE
M. BETEMPS	AUTOMATIQUE INDUSTRIELLE
C. BOISSON	VIBRATIONS ACOUSTIQUES
M. BOIVIN	MECANIQUE DES SOLIDES
H. BOTTA	GENIE CIVIL ET URBANISME (METHODES)
G. BOULAYE	INFORMATIQUE APPLIQUEE
J. BRAU	EQUIPEMENT DE L'HABITAT
M. BRUNET	MECANIQUE DES SOLIDES
J.C. BUREAU	THERMOCHIMIE MINERALE
J.P. CHANTE	ELECTRONIQUE DE PUISSANCE
M. CHEVRETON	ETUDE DES MATERIAUX
B. CLAUDEL	CINETIQUE ET GENIE CHIMIQUES
L. CRONENBERGER	CHIMIE BIOLOGIQUE
M. DIOT	THERMOCHIMIE MINERALE
A. DOUTHEAU	CHIMIE ORGANIQUE
B. DUPERRAY	CHIMIE BIOLOGIQUE
H. EMPTOZ	CENTRE DE MATHEMATIQUES
C. ESNOUF	GEMPPM*
L. EYRAUD	GENIE ELECTRIQUE ET FERROELECTRICITE
G. FANTOZZI	GEMPPM*
J. FAUCHON	CONCEPTION ANALYSE SYSTEME MEC.
J. FAVREL	INFORMATIQUE APPLIQUEE
Y. FETIVEAU	GENIE ELECTRIQUE ET FERROELECTRICITE
L. FLAMAND	MECANIQUE DES CONTACTS
P. FLEISCHMANN	GEMPPM*
A. FLORY	INFORMATIQUE
R. FOUGERES	GEMPPM*
L. FRECON	DEVELOP. LANGAGES INFORMAT. AVANCES
R. GAUTHIER	PHYSIQUE DE LA MATIERE
M. GERY	GCU (EQUIPEMENT DE L'HABITAT)
G. GIMENEZ	TRAITEMENT DU SIGNAL ET ULTRASONS
P. GOBIN	GEMPPM*
P. GODET	MECANIQUE DES CONTACTS
P. GONNARD	GENIE ELECTRIQUE
R. GOUTTE	TRAITEMENT DU SIGNAL ET ULTRASONS
G. GRANGE	GENIE ELECTRIQUE
G. GUENIN	GEMPPM*
G. GUILLOT	PHYSIQUE DE LA MATIERE

(Février 1991)

PAGE 2

C. GUITTARD	DEVELOPPEMENT ET LANGAGES INFORMATIQUES AVANCES
J.L. GUYADER	VIBRATIONS-ACOUSTIQUE
R. HENRY	MECANIQUE DES STRUCTURES
J. JOUBERT	GENIE MECANIQUE
J.F. JULLIEN	BETONS ET STRUCTURES
A. JUTARD	AUTOMATIQUE INDUSTRIELLE
R. KASTNER	GEOTECHNIQUE
H. KLEIMANN	GENIE ELECTRIQUE ET FERROELECTRICITE
J. KOULOUMDJIAN	INFORMATIQUE APPLIQUEE
M. LAGARDE	CHIMIE BIOLOGIQUE
M. LALANNE	MECANIQUE DES STRUCTURES
A. LALLEMAND	ENERGETIQUE ET AUTOMATIQUE
M. LALLEMAND (Mme)	ENERGETIQUE AUTOMATIQUE
P. LAREAL	GENIE CIVIL ET URBANISME (GEOTECHNIQUE)
A. LAUGIER	PHYSIQUE DE LA MATIERE
CH. LAUGIER	PHYSIOLOGIE ET PHARMACODYNAMIE
C. LESUEUR	VIBRATIONS-ACOUSTIQUE
Y. MARTINEZ	INFORMATIQUE APPLIQUEE
C. MARTY	ETUDE DES PROCEDES DE FABRICATION
H. MAZILLE	PHYSICOCHIMIE INDUSTRIELLE
M. MIRAMOND	METHODES
N. MONGEREAU	GENIE CIVIL (GEOTECHNIQUE)
R. MOREL	MECANIQUE DES FLUIDES ET THERMIQUES
P. NARDON	BIOLOGIE
A. NAVARRO	CHIMIE PHYSIQUE APPLIQUEE ET ENVIRONNEMENT
M. OTTERBEIN	CHIMIE PHYSIQUE APPLIQUEE ET ENVIRONNEMENT
J.P. PASCAULT	MATERIAUX MACROMOLECULAIRES
J. PERA	SOLIDES ET MATERIAUX MINERAUX
G. PERACHON	THERMOCHIMIE MINERALE
M. PERDRIX	TRAITEMENT DU SIGNAL ET ULTRASONS
J. PEREZ	GEMPPM*
P. PINARD	PHYSIQUE DE LA MATIERE ET PHYSIQUE INDUSTRIELLE
D. PLAY	CONCEPTION ET ANALYSE DES SYSTEMES MECANIQUES
P. PREVOT	INFORMATIQUE APPLIQUEE
M. REYNAUD	ENERGETIQUE ET AUTOMATIQUE
J.M. REYNOUARD	BETONS ET STRUCTURES
M. RICHARD	ENERGETIQUE ET AUTOMATIQUE
E. RIEUTORD	MECANIQUE DES FLUIDES ET THERMIQUE
J. ROBERT-BAUDOUY (Mme)	MICROBIOLOGIE
J. ROBIN	PHYSICOCHIMIE INDUSTRIELLE
D. ROUBY	GEMPPM*
J.F. SACUDURA	MECANIQUE DES FLUIDES ET THERMIQUE
H. SAUTEREAU	MATERIAUX MACROMOLECULAIRES
S. SCARVADA	AUTOMATIQUE INDUSTRIELLE
F. STOEBER	MICROBIOLOGIE

M. TROCCAZ  
M. TUSET

GENIE ELECTRIQUE ET FERROELECTRICITE  
SOLIDES ET MATERIAUX MINERAUX

(Février 1991)

PAGE 3

R. UNTERREINER  
P. VERMANDE  
J. VERON  
A. VINCENT  
P. VUILLERMOZ

TRAITEMENT DU SIGNAL ET ULTRASONS  
CHIMIE PHYSIQUE APPLIQUEE ET ENVIRONNEMENT  
CHIMIE PHYSIQUE APPLIQUEE ET ENVIRONNEMENT  
TRAITEMENT DU SIGNAL ET ULTRASONS  
PHYSIQUE DE LA MATIERE

Directeurs de recherche C.N.R.S. :

P. CLAUDY  
M. MURAT  
A. NOUAILHAT

THERMOCHIMIE MINERALE  
SOLIDES ET MATERIAUX MINERAUX  
PHYSIQUE DE LA MATIERE

Directeurs de recherche I.N.R.A. :

G. BONNOT  
S. GRENIER  
Y. MENEZO

BIOLOGIE  
BIOLOGIE  
BIOLOGIE

Directeurs de recherche I.N.S.E.R.M. :

A.F. PRIGENT (Mme)  
N. SARDA (Mme)

CHIMIE BIOLOGIQUE  
CHIMIE BIOLOGIQUE

\* GROUPE D'ETUDE METALLURGIE PHYSIQUE ET PHYSIQUE DES MATERIAUX

## RESUME

Cette thèse étudie les possibilités offertes par l'intelligence artificielle pour l'identification et la circonscription des risques incendie de bâtiments.

La sécurité incendie est une composante de la fonction technique du bâtiment. Elle peut donc être considérée dès la conception. Actuellement elle est traitée principalement par l'application de textes réglementaires. Nous proposons une approche différente ayant deux caractéristiques principales : premièrement elle privilégie la recherche des facteurs de risque et des meilleurs moyens de les éliminer ; deuxièmement elle est globale parce qu'elle réalise une intégration des connaissances (expertes ou autres) relatives aux autres fonctions du bâtiment (Architecture et Economie) ainsi qu'aux autres composantes de la fonction technique.

La technique des systèmes experts nous a paru la mieux adaptée pour la concrétisation de cette approche. La recherche a donc porté principalement sur :

- La définition d'une méthode d'étude globale de la sécurité incendie du bâtiment, car les connaissances sont peu formalisées dans ce domaine.
- La définition d'une méthodologie de réalisation d'un système multi-expert opérationnel et à caractère pédagogique.

Les résultats des travaux présentés sont de deux types :

- Un ensemble d'outils tels que TRIAGE, ARBRE, NASS, ICONOGRAPH.
  - TRIAGE est le système destiné aux études pluridisciplinaires de la sécurité incendie de bâtiments. Deux modes de fonctionnement sont disponibles : l'expertise focalisée où l'utilisateur requiert un service à un spécialiste de manière isolée ; l'expertise générale où l'utilisateur est pris en main par un planificateur de tâches en fonction des buts fixés.
  - ARBRE est un outil destiné aux experts pour la mise au point d'arbres des causes à probabilités subjectives (appelées crédits d'hypothèses).
  - NASS est un environnement de développement de systèmes experts basés sur l'exploitation de multiples sources de connaissances exprimées en langage quasi naturel. Il contient, entre autres, le mécanisme de raisonnement de TRIAGE.
  - ICONOGRAPH est un outil graphique pour la gestion des relations entre les objets d'un univers de discours structuré. Il met en oeuvre un modèle auto-organisationnel (dit à règles de mutation structurelle) fonction de l'univers considéré.
- L'ensemble des éléments méthodologiques qui ont été mis en oeuvre pour arriver aux outils cités. Notamment nous proposons une technique que nous appelons sémographie. Son rôle est d'orienter le concepteur de système expert sur la nature des connaissances à introduire dans un système expert et sur la façon de les acquérir. Basée sur la systémique et l'ergonomie cognitive, la sémographie apporte des modèles de structuration de l'univers du discours des experts et des techniques pour provoquer et analyser le discours lui-même.

Les démarches et outils proposés sont applicables à d'autres domaines que le risque incendie de bâtiments.

## ABSTRACT

In this thesis we study the improvements that artificial intelligence techniques can bear in the field of fire safety management of buildings.

Fire safety is a component of the technical function of a building and therefore can be examined at the design stages. Nowadays it is mainly taken into account by application of regulation rules. We suggest a method that differs in two ways: first it concentrates on the search of risk factors and the best measures for their elimination. In the other part, it is a global method which integrates knowledge from different sources and which considers all the functions of the building (Architecture, Economy, Technique).

The expert systems technique seemed to offer the best frame to experiment the new approach. The works have concerned mainly:

- The elaboration of a global method for fire safety of buildings by formalising the current knowledge in the field.
- The elaboration of a methodology for developing an operational and pedagogic multi-expert system.

Two kinds of results are presented:

- A set of tools like "TRIAGE", "ARBRE", "NASS", "ICONOGRAPH."
  - TRIAGE is the expert system dedicated to multi-disciplinary studies of fire safety. Two modes are provided: the focalised one in which the user consults a specialist on an isolated subject, and the global mode where the user is guided by a tasks scheduler to reach predefined goals.
  - ARBRE is an expert-oriented tool for the setting of causal trees with subjective probabilities.
  - NASS is an environment for developing expert systems capable of managing many knowledge sources in natural language.
  - ICONOGRAPH is a graphic interface for fast description of objects and relations in a structured universe. It uses an auto-organizational model (said with mutation rules).
- The set of methodological elements used to produce these tools. We propose a technique that we call semography. It is supposed to guide the designer of an expert system on the kind of knowledge to search for and on how to proceed. The semography technique is based on system theory and cognitive ergonomics, and proposes models of experts' discourse universe and techniques to stimulate and analyse the discourse itself.

The techniques and tools proposed can be translated to other fields than fire safety.

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à remercier tout particulièrement M. Marcel MIRAMOND, directeur du LABORATOIRE METHODES et directeur de mes recherches, ainsi que M. Pascal LE GAUFFRE pour l'attention enthousiaste et critique qu'ils ont portée à mes travaux.

Je remercie également M. Denis CLUZEL, ingénieur au CEBTP, pour son soutien ainsi que pour avoir spontanément accepté de mettre à l'épreuve pendant plusieurs mois les méthodes et les outils présentés dans cette thèse.

J'adresse également mes remerciements à Messieurs :

- Jean-Louis ERMINE, professeur, INSTN C.E.A. SACLAY,
- Jean-Claude MANGIN, professeur, directeur du Laboratoire de Génie Civil et Habitat de l'Université de Savoie à CHAMBERY,

pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse ; ainsi qu'à Messieurs :

- Henri BOTTA, professeur, fondateur du LABORATOIRE METHODES
- Jean BRAU, professeur, Laboratoire Equipement de l'Habitat
- Jacques DUBOYS, directeur scientifique de la société CERBERUS GUINARD,

pour le temps qu'ils ont bien voulu consacrer à l'examen de mes travaux et pour leur participation au jury de cette thèse.

Enfin, je n'oublie pas le service de documentation de la FNB pour son excellent travail qui m'a facilité la tâche dans la recherche bibliographique.



<b>SOMMAIRE</b>
-----------------

<b>INTRODUCTION</b>	<b>19</b>
---------------------	-----------

---

<b>PARTIE I : FORMULATION DE L'APPROCHE GLOBALE DE LA SECURITE INCENDIE</b>	<b>27</b>
---	-----------

---

<b>I.1 Le constat .....</b>	<b>28</b>
-----------------------------	-----------

I.1.0 Introduction .....	28
--------------------------	----

I.1.1 La sécurité incendie .....	28
----------------------------------	----

I.1.1.1 Explicitation du domaine.....	28
---------------------------------------	----

I.1.1.2 Intérêt de la sécurité incendie .....	29
---	----

I.1.1.3 Caractéristiques du domaine de la sécurité incendie .....	30
---	----

I.1.1.4 Les approches actuelles de la sécurité .....	31
--	----

I.1.2 La sécurité incendie et la conception du bâtiment.....	35
--	----

I.1.2.1 La sécurité incendie et les autres composantes .....	35
--	----

I.1.2.2 Problèmes liés à la pratique de la sécurité incendie .....	37
--	----

I.1.3 Conclusion .....	39
------------------------	----

<b>I.2 Les propositions pour une approche globale de la sécurité incendie ..</b>	<b>39</b>
--	-----------

I.2.0 Introduction .....	39
--------------------------	----

I.2.1 Description d'une composante sécurité incendie .....	39
--	----

I.2.2 Principes de la méthode globale .....	40
---	----

I.2.3 Conclusion .....	42
------------------------	----

<b>I.3 Développement de l'approche globale de la sécurité incendie.....</b>	<b>42</b>
---	-----------

I.3.0 Introduction .....	42
--------------------------	----

I.3.1 Les connaissances disponibles.....	43
--	----

I.3.1.1 Sources.....	43
----------------------	----

I.3.1.2 Formes .....	43
----------------------	----

I.3.2 Les connaissances non disponibles.....	44
--	----

I.3.3 Structuration souhaitée des connaissances .....	45
---	----

I.3.3.1 Définitions .....	45
---------------------------	----

I.3.3.2	L'évaluation des risques.....	47
I.3.3.2.1	Évaluation d'un Risque : Généralités .....	47
I.3.3.2.2	Détermination du facteur de danger .....	48
I.3.3.2.3	Détermination du facteur de sensibilité.....	48
I.3.3.2.4	Détermination du facteur de transmission.....	48
I.3.3.2.5	Fonctions de calcul des Risques.....	51
I.3.3.3	La réduction des risques .....	52
I.3.3.4	Les seuils de risque.....	55
I.3.3.5	Hiérarchisation des risques.....	58
I.3.3.6	Synthèse des risques .....	58
I.3.3.7	Schéma général de fonctionnement de la méthode globale.....	59
I.3.4	Les contraintes .....	61
I.3.4.1	Les contraintes de la multi-expertise .....	61
I.3.4.2	Spécifications pour un outil informatique .....	62
I.3.5	Intérêts d'une concrétisation par système expert .....	64
I.3.5.1	Intérêts généraux.....	64
I.3.5.2	Intérêts spécifiques à la méthode globale .....	65
I.3.6	Conclusion.....	65
<b>I.4</b>	<b>Conclusion de la première partie .....</b>	<b>66</b>
<b>PARTIE II : SEMOGRAPHIE OU UN MODELE SEMANTIQUE POUR LA</b>		
<b>CONSTRUCTION DES SYSTEMES EXPERTS</b>		<b>67</b>

---

<b>II.0</b>	<b>Introduction à la sémographie.....</b>	<b>68</b>
II.0.1	Qu'est-ce qu'un sème ?.....	68
II.0.2	Qu'est-ce que la sémographie ? .....	68
II.0.3	Pourquoi la sémographie ? .....	69
<b>II.1</b>	<b>Sémographie computationnelle .....</b>	<b>71</b>
II.1.0	Introduction .....	71
II.1.1	Classes et catégories de problèmes.....	72
II.1.2	Caractérisation des problèmes .....	77
II.1.2.1	Aspects liés aux données .....	77
II.1.2.2	Aspects liés aux connaissances.....	79
II.1.2.3	Aspects liés au raisonnement.....	81
II.1.2.4	L'espace des solutions.....	85
II.1.3	Résolution des problèmes.....	86

II.1.3.1	Types de remèdes par rapport aux données.....	86
II.1.3.2	Types de remèdes par rapport aux connaissances .....	87
II.1.3.3	Types de remèdes par rapport à l'espace des solutions.....	88
II.1.3.4	Autres remèdes .....	91
II.1.4	Conclusion.....	92
<b>II.2</b>	<b>Sémographie de la structuration.....</b>	<b>92</b>
II.2.0	Introduction .....	92
II.2.1	Le modèle logico-mathématique de la structuration .....	95
II.2.1.1	Principe général .....	95
II.2.1.2	Rôles .....	96
II.2.1.3	Description des points de vue.....	96
II.2.1.3.1	Le point de vue « Morphologie ».....	96
II.2.1.3.1.1	Définition de la relation morphologique.....	96
II.2.1.3.1.2	Comportements et rôles morphologiques .....	98
II.2.1.3.1.3	Relations généralement concernées, fonctions .....	99
II.2.1.3.2	Le point de vue « Taxonomie ».....	100
II.2.1.3.2.1	Définition de la relation taxonomique .....	100
II.2.1.3.2.2	Rôles taxonomiques.....	102
II.2.1.3.2.3	Relations généralement concernées .....	103
II.2.1.3.3	Points de vue « Hiérarchies causales et acausales ».....	103
II.2.1.3.3.1	Définition de la relation hiérarchique .....	104
II.2.1.3.3.2	Rôles et comportements hiérarchiques .....	105
II.2.1.3.3.3	Relations généralement concernées .....	105
II.2.1.3.4	Le point de vue « Symétrie » .....	106
II.2.1.3.4.1	Définition de la symétrie.....	106
II.2.1.3.4.2	Rôles et comportements symétriques.....	106
II.2.1.3.4.3	Relations généralement concernées .....	106
II.2.1.3.5	Le point de vue « Association ».....	107
II.2.1.3.5.1	Définition de la relation associative.....	107
II.2.1.3.5.2	Rôles et comportements associatifs .....	108
II.2.1.3.5.3	Relations généralement concernées .....	108
II.2.1.3.6	Le point de vue « Médiation » .....	109
II.2.1.3.6.1	Définition de la médiation .....	109
II.2.1.3.6.2	Usage de la médiation dans un modèle conceptuel .....	110
II.2.2	Le modèle iconique de la structuration.....	110
II.2.3	Conclusion.....	113
<b>II.3</b>	<b>Un exemple : Sémographie de l'activité de conception.....</b>	<b>113</b>
II.3.0	Introduction .....	113

II.3.1	Sèmes dans les théories et outils de la conception .....	114
II.3.1.1	La théorie du système général .....	114
II.3.1.2	Modèle de conception par niveaux .....	116
II.3.1.3	La théorie du système de traitement d'informations .....	117
II.3.1.4	Autres aspects du processus de conception .....	117
II.3.2	Un modèle de conception Processeur-Problème .....	119
II.3.2.1	Modèle de conception.....	119
II.3.2.2	Modèle de résolution de problème .....	120
II.3.2.3	Illustration : fabrication du système expert incendie.....	124
II.3.3	Conclusion .....	125
<b>II.4</b>	<b>Méthode sémographique d'acquisition des connaissances .....</b>	<b>125</b>
II.4.0	Introduction .....	125
II.4.1	La méthode NASSE pour le développement de systèmes multi-experts .....	126
II.4.1.1	Les principes de la méthode NASSE.....	126
II.4.1.2	Le contenu de la méthode NASSE .....	130
II.4.1.3	L'évaluation de la méthode NASSE .....	138
II.4.2	Méthode utilisée pour l'acquisition des connaissances.....	139
II.4.2.1	Principes .....	139
II.4.2.2	Le contenu de la méthode.....	140
II.4.2.3	L'évaluation de la méthode.....	142
II.4.3	Conclusion .....	143
<b>II.5</b>	<b>Choix de l'outil de développement de système expert.....</b>	<b>144</b>
II.5.0	Introduction .....	144
II.5.1	Principes du choix de l'outil .....	144
II.5.2	Contenu de la méthode pour le choix de l'outil .....	145
II.5.3	Evaluation de la méthode .....	148
II.5.4	Conclusion .....	148
<b>II.6</b>	<b>Conclusion de la deuxième partie.....</b>	<b>148</b>
<b>PARTIE III : DESCRIPTION DU SYSTEME EXPERT</b>		
<b>EN SECURITE INCENDIE TRIAGE</b>		<b>148</b>
<hr/>		
<b>III.0</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>151</b>
<b>III.1</b>	<b>Typologie et formalisation des éléments de l'étude .....</b>	<b>151</b>

III.1.1	Typologie et formes des données et des résultats.....	151
III.1.2	Modèle conceptuel des objets du discours .....	152
III.1.3	Modèle iconique associé au modèle conceptuel.....	154
III.1.4	Modèle de l'incendie et Autres modèles du bâtiment.....	172
III.1.4.1	Le projet bâtiment.....	172
III.1.4.2	L'incendie .....	175
<b>III.2</b>	<b>Typologie et formalisation des connaissances.....</b>	<b>175</b>
III.2.1	Typologie générale des connaissances .....	175
III.2.2	Modélisation des connaissances : Formalisation générale .....	175
III.2.3	Méthode d'évaluation des risques .....	179
III.2.3.1	Introduction .....	179
III.2.3.2	Arbres d'Hypothèses Pondérées.....	180
III.2.3.3	Calage d'un arbre d'hypothèses.....	198
III.2.3.4	Méthodes d'extraction de quantités subjectives.....	199
<b>III.3</b>	<b>Organisation des connaissances .....</b>	<b>204</b>
III.3.1	Modularité .....	204
III.3.2	Le partage des informations .....	207
III.3.3	Interactions entre modules.....	208
III.3.4	Conclusion .....	208
<b>III.4</b>	<b>Typologie et formalisation des raisonnements.....</b>	<b>208</b>
III.4.1	Typologie générale des raisonnements.....	208
III.4.2	Méthode de planification des tâches.....	209
<b>III.5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>211</b>
<b>PARTIE IV : FONCTIONNEMENT DU SYSTEME EXPERT TRIAGE</b>		<b>211</b>
<hr/>		
<b>IV.1</b>	<b>Exploitation du systeme expert TRIAGE.....</b>	<b>213</b>
IV.1.0	Introduction .....	213
IV.1.1	L'ergonomie du système .....	213

IV.1.2	Fonctionnement des modules experts.....	224
IV.1.2.1	Analyse des risques .....	224
IV.1.2.1.1	Utilisation d'un des arbres de sensibilité .....	225
IV.1.2.1.2	L'arbre de danger déclenchement d'incendie.....	227
IV.1.2.2	Réduction des risques .....	229
IV.1.2.2.1	Présentation générale.....	229
IV.1.2.2.2	Installation des détecteurs .....	231
IV.1.3	Fonctionnement des modules purement réglementaires.....	241
IV.1.4	Conclusion .....	242
<b>IV.2</b>	<b>Evolution de TRIAGE : les outils disponibles .....</b>	<b>243</b>
IV.2.0	Introduction .....	243
IV.2.1	L'outil de développement NASS .....	243
IV.2.1.1	Historique .....	243
IV.2.1.2	Représentation des connaissances .....	244
IV.2.1.3	Le mécanisme de contrôle .....	246
IV.2.1.4	Le partage des informations entre spécialistes .....	248
IV.2.1.5	Interactions entre spécialistes .....	249
IV.2.1.6	Expression des connaissances .....	249
IV.2.2	L'outil ARBRE .....	252
IV.2.2.1	Présentation générale.....	252
IV.2.2.2	Description du programme de calage MAKENODE .....	253
IV.2.3	L'outil ICONOGRAPH .....	257
IV.2.3.1	La couche de base.....	257
IV.2.3.2	La couche spécifique à un domaine d'expertise.....	258
IV.2.3.3	Fonctionnement de l'outil ICONOGRAPH .....	260
IV.2.4	Conclusion .....	263
<b>IV.3</b>	<b>Limites et perspectives de TRIAGE.....</b>	<b>264</b>
IV.3.1	Limites de TRIAGE.....	264
IV.3.2	Perspectives de TRIAGE.....	264
	<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>265</b>
<hr/>		
	<b>ANNEXES</b>	<b>268</b>
<hr/>		
	Annexe A : Formulaire d'identification de problème .....	269

Annexe B : Schéma de collecte des principes de solution .....	275
Annexe C : Document de traitement d'un principe de solution.....	276
Annexe D : Rappels d'éléments de probabilités .....	277
Annexe E : Méthodes de traitement de probabilités subjectives .....	280
Annexe F : Copies d'écran du système TRIAGE .....	283
AF.1 Fonctionnement des modules experts .....	283
AF.1.1 Analyse des risques .....	283
AF.1.1.1 Utilisation d'un arbre de sensibilité .....	283
AF.1.1.2 L'arbre de danger de déclenchement d'incendie .....	289
AF.1.2 Réduction des risques.....	300
AF.1.2.1 Organisation humaine.....	300
AF.1.2.2 Type de détection automatique.....	303
AF.1.2.3 Organisation d'alarme .....	306
AF.1.2.4 Evacuation .....	310
AF.1.2.5 Désenfumage .....	312
AF.1.2.6 Extinction .....	315
AF.1.2.7 Calcul de pertes .....	320
AF.1.2.8 Exploitation de programmes classiques .....	328
AF.2 Fonctionnement des modules purement réglementaires .....	339
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>347</b>

---

<b>SOMMAIRE DES FIGURES</b>
-----------------------------

**INTRODUCTION**

fig. INTRO/1. L'incendie parmi les autres risques pour l'homme .....	20
fig. INTRO/2. Origine des feux dans l'industrie.....	21
fig. INTRO/3. Origine des feux dans les Etablissements Recevant du Public .....	21
fig. INTRO/4. Logique générale de la thèse (Niveaux d'abstraction).....	24
fig. INTRO/5. Mode de présentation de la thèse .....	25

**PARTIE I : FORMULATION DE L'APPROCHE GLOBALE**

fig. I/1. La sécurité incendie et les autres fonctions du bâtiment .....	36
fig. I/2. Interactions entre sous-problèmes de la composante Sécurité Incendie.....	39
fig. I/3. Exemple de cellules et de parois.....	49
fig. I/4. Deux objets mis en relation par un agent.....	50
fig. I/5. Poids d'un facteur de risque en fonction du taux de croyance .....	53
fig. I/6 Principe de réduction d'un facteur de risque.....	53
fig. I/7. Volume (V) contenant les risques acceptables .....	55
fig. I/8. Fonction seuil dans le plan $t=Cte$ .....	56
fig. I/8bis. Fonction seuil pour les points intermédiaires .....	57
fig. I/9. Méthode globale d'étude de la sécurité incendie .....	61
fig. I/10. Exemple de spécification du système de sécurité incendie .....	63

**PARTIE II : SEMOGRAPHIE**

fig. II/1. Modèle cognitif .....	71
fig. II/2. Connaissances strictes .....	80
fig. II/3. Connaissances qualitatives .....	80
fig. II/4. Raisonnement monotone .....	82
fig. II/5. Raisonnement non monotone .....	82
fig. II/6. Raisonnement par continuité .....	83
fig. II/7. Raisonnement par analogie .....	83
fig. II/8. Espace de solutions triable .....	85
fig. II/9. Méthode Match.....	89
fig. II/10. Méthode Top-Down .....	90
fig. II/11. Système quasi-isolé .....	93
fig. II/12. Relation morphologique .....	97
fig. II/13. Transitivité de la relation morphologique .....	97
fig. II/14. Relation taxinomique .....	100
fig. II/15. Transitivité de la relation taxinomique.....	101
fig. II/16. Héritages statique et dynamique.....	102
fig. II/17. Relation hiérarchique .....	104
fig. II/18. Le système général .....	114
fig. II/19. Processus de conception systémique .....	115
fig. II/20. Le système général (tripôle).....	120
fig. II/21. Modèle de conception Processeur-Problème .....	121
fig. II/22. Processeur unique et sous-problèmes séquentiels .....	122
fig. II/23. Processeur unique et sous-problèmes en interaction .....	122
fig. II/24. Processeur multiple et sous-problèmes en interaction .....	122



fig. II/25. Multiprocesseur avec un coordonnateur.....	123
fig. II/26. Exemple de la conception du système expert incendie .....	124
fig. II/27. Questions liées à l'intention d'appliquer une technique nouvelle.....	126
fig. II/28. Finalités de l'utilisateur et structure du système.....	127
fig. II/29. Les retours arrière dans la méthode NASSE.....	129
fig. II/30. Structure du domaine englobant la menace incendie .....	131
fig. II/31. L'objet thématique .....	131
fig. II/32. Tâches de sécurité incendie.....	132
fig. II/33. L'outil de développement est le support du modèle cognitif.....	144
fig. II/34. Principe du choix de l'outil de développement.....	145

### **PARTIE III : ORGANISATION DU SYSTEME EXPERT**

fig. III/1. Pictogrammes, schémas relationnels.....	155
fig. III/2. Subdivision.....	155
fig. III/3. Un local et son enveloppe, Une porte, Schéma logique partiel .....	157
fig. III/4. Partage d'un local par un mur et ajout d'une porte.....	157
fig. III/5. Schéma logique après subdivision .....	157
fig. III/6. Partage complexe par coupe verticale.....	158
fig. III/7. Etat transitoire du partage complexe.....	158
fig. III/8. Etat final du partage complexe.....	158
fig. III/9. Décalage à gauche du mur de Partage Complexe (fig. 6).....	159
fig. III/10. Décalage à droite du mur de Partage Complexe (fig. 6).....	159
fig. III/11. Partage Complexe par coupe horizontale.....	159
fig. III/12. Schéma logique initial.....	160
fig. III/13. Etat transitoire .....	160
fig. III/14. Etat final après épuration .....	161
fig. III/15. Groupe de locaux avant fusion.....	162
fig. III/16. Elimination du mur m2 à partir de fig. 15.....	162
fig. III/17. Après épuration de fig. 16.....	162
fig. III/18. Elimination du mur n à partir de fig. 15.....	163
fig. III/19. Après épuration de fig. 18.....	163
fig. III/20. Coupe verticale pour fusion complexe dans le plan horizontal .....	164
fig. III/21. Elimination du mur m1 .....	164
fig. III/22. Puis élimination du mur m2.....	165
fig. III/22bis. Après épuration de fig. 22 .....	165
fig. III/23. Coupe verticale pour fusion complexe dans le plan vertical .....	165
fig. III/24. Schémas de la fusion dans le plan vertical.....	166
fig. III/25. Deux locaux avant la mise en contiguïté .....	167
fig. III/26. Deux locaux après la mise en contiguïté.....	167
fig. III/27. Deux locaux contigus.....	168
fig. III/28. Fusion des locaux.....	168
fig. III/29. Fusion des murs .....	169
fig. III/30. Exemple d'organisation de poutres et de poteaux .....	169
fig. III/30bis. Schéma logique de fig. 30 .....	170
fig. III/31. Introduction d'un poteau en travée .....	170
fig. III/32. Introduction d'un poteau à l'extrémité d'une console .....	170
fig. III/33. Organisation de poutres et poteaux avant fusion .....	171
fig. III/33bis. Schéma logique de fig. 33 .....	171
fig. III/34. Après élimination du poteau P0 de fig. 33bis.....	171

fig. III/35. Après élimination du poteau P1 de fig. 33bis .....	172
fig. III/36. Après élimination du poteau P2 de fig. 33bis .....	172
fig. III/37. Exemples de règles.....	176
fig. III/38. Exemples de faits .....	176
fig. III/39. Exemple de table.....	177
fig. III/40. Exemples d'utilisation de la fonction crédit d'hypothèse .....	177
fig. III/41. Exemples de déclaration de morphologies et taxinomies d'objets .....	178
fig. III/42. Exemples de fonctions d'accès aux sous-systèmes d'un objet .....	178
fig. III/43. Opérateurs de combinaison des hypothèses.....	179
fig. III/44. Poids en fonction du crédit (hypothèse logique).....	180
fig. III/45. Poids en fonction des valeurs pour une hypothèse à valeurs nominales.....	181
fig. III/46. Echelles variables de poids .....	181
fig. III/47. Eléments POUR et éléments CONTRE une hypothèse .....	182
fig. III/48. Effet du crédit CONTRE une hypothèse.....	183
fig. III/49. Effet du crédit CONTRE Sur une hypothèse à valeurs nominales .....	184
fig. III/50. Gaspillage de moyens sur une hypothèse .....	184
fig. III/51. Distribution de poids <i>a priori</i> .....	188
fig. III/52. Contraintes sur la fonction d'interpolation des poids.....	188
fig. III/53. Deux interpolations cubiques des poids.....	189
fig. III/54. Sémantique des échelles (cas d'une hypothèse) .....	192
fig. III/55. Sémantique des échelles (plusieurs hypothèses).....	193
fig. III/56. Ordre de calage d'un arbre .....	198
fig. III/57. Roue de probabilité .....	202
fig. III/58. Architecture du système expert TRIAGE.....	207

#### **PARTIE IV : FONCTIONNEMENT DU SYSTEME EXPERT**

fig. IV/0. Architecture de l'outil NASS.....	244
fig. IV/1. Organisation des variables dans NASS .....	248
fig. IV/2. Outils de traitement des arbres.....	252
fig. IV/2bis. Ecran principal de l'outil ARBRE.....	252
fig. IV/3. Les trois fenêtres de MAKENODE, composante de l'outil ARBRE.....	253
fig. IV/3bis. Exemple.....	254
fig. IV/4. Description fenêtre 2 : Hypothèses logiques .....	254
fig. IV/4bis. Exemple d'hypothèses logiques .....	255
fig. IV/5. Description fenêtre 2 : Hypothèses à valeurs nominales .....	255
fig. IV/5bis. Exemple d'hypothèse à valeurs nominales.....	256
fig. IV/6. Modification des poids.....	256
fig. IV/6bis. Exemple de modification des poids .....	257

#### **ANNEXE A : FORMULAIRES DE LA METHODE NASSE**

fig. A/1. Délimitation du problème de sécurité incendie.....	270
--	-----

<b>SOMMAIRE DES TABLEAUX</b>
------------------------------

#### **PARTIE I : FORMULATION DE L'APPROCHE GLOBALE**

Tab. I/1 Quelques méthodes probabilistes de sécurité incendie .....	32
Tab. I/2 Quelques méthodes intuitives de sécurité incendie .....	33

Tab. I/3 Quelques méthodes intuitives de sécurité générale .....	33
Tab. I/4 Heuristique de ciblage d'un moyen de réduction de risque .....	55

## **PARTIE II : SEMOGRAPHIE**

Tab. II/1 Classes et catégories de problèmes.....	74
Tab. II/2 Représentants de catégories de problèmes .....	74
Tab. II/3 Extrait signalétique d'un problème de diagnostic .....	75
Tab. II/4 Extrait signalétique d'un problème d'interprétation.....	75
Tab. II/5 Extrait signalétique d'un problème de planification .....	76
Tab. II/6 Extrait signalétique d'un problème de conception.....	76
Tab. II/7 Extrait signalétique d'un problème de prédiction .....	77
Tab. II/8 Extrait signalétique d'un problème de thérapie .....	77
Tab. II/9 Propriétés possibles des données d'un problème .....	78
Tab. II/10 Propriétés possibles des connaissances .....	79
Tab. II/11 Propriétés possibles du raisonnement.....	81
Tab. II/12 Remèdes par rapport aux données .....	87
Tab. II/13 Remèdes par rapport aux connaissances .....	88
Tab. II/14 Remèdes par rapport à l'espace des solutions.....	89
Tab. II/14bis. Principe de la méthode Top-Down .....	90
Tab. II/15 Points de vue et rôles structurels .....	96
Tab. II/16. Sèmes de la systémique .....	115
Tab. II/17bis Principes de la conception par niveaux.....	116
Tab. II/17 Résumé des sèmes de conception par niveaux .....	117
Tab. II/18 Résumé des sèmes du Système de Traitement d'Informations .....	117
Tab. II/19 Sèmes dans le processus de conception.....	118
Tab. II/20 Traitements des sèmes du processus de conception .....	118
Tab. II/21 Perspectives des traitements des sèmes du processus de conception .....	119
Tab. II/22 L'exemple de la conception du système expert incendie.....	124
Tab. II/23 Questions relatives à la création d'un système expert.....	127
Tab. II/24 Questions relatives à la création d'un système expert (suite) .....	128
Tab. II/25 Les niveaux dans la méthode NASSE .....	129
Tab. II/26 Méthode NASSE : Centres actifs à identifier.....	130
Tab. II/27 Méthode NASSE : Recherche des caractéristiques .....	133
Tab. II/28 L'interview libre.....	137
Tab. II/29 L'interview structurée .....	137

## **PARTIE III : ORGANISATION DU SYSTEME EXPERT**

Tab. III/1 Entités du modèle conceptuel de TRIAGE .....	152
Tab. III/2 Relations taxinomiques .....	152
Tab. III/3 Relations morphologiques.....	153
Tab. III/4 Relations hiérarchiques causales.....	153
Tab. III/5 Relations hiérarchiques acausales .....	153
Tab. III/6 Relations symétriques .....	154
Tab. III/7 Règles de destruction du médiateur .....	155
Tab. III/8 Les états du système bâtiment.....	173
Tab. III/9 Méthode de SPETZELER et SELVIDGE.....	201
Tab. III/10 Méthode d'appréciation des événements rares .....	203
Tab. III/11 Interview à 5 phases pour l'extraction des croyances.....	204

## INTRODUCTION

---

Non-axiome :

*« Certains problèmes sont simples, jusqu'au jour où l'on se met en tête de les résoudre. »*

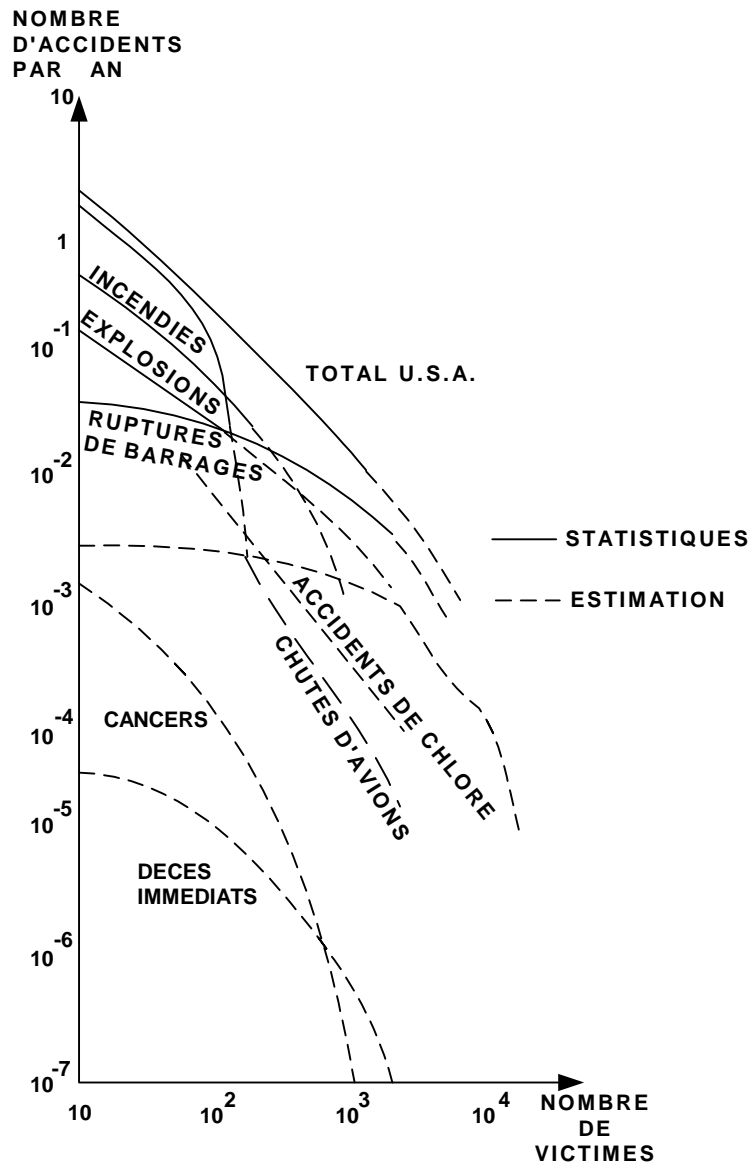
### RISQUE INCENDIE ET SYSTEMES EXPERTS

La sécurité incendie d'un bâtiment est un sujet controversé dès qu'il s'agit de savoir s'il est simple ou complexe. Pour beaucoup de concepteurs de bâtiments, elle se résume à l'application de quelques articles de la réglementation en vigueur. Ils en concluent que le problème est simple. Pour d'autres, il faut savoir dans quelle mesure les dispositions prises pour la sécurité incendie sont justifiées par l'existence d'un risque réel. Cette façon de poser le problème soulève plusieurs questions :

- Qu'est-ce que le risque ?
- Quel est l'ordre de grandeur du risque ?
- Quels sont les moyens de lutte ?
- Quelle est l'efficacité de ces moyens ?
- Quels types d'interactions existe-t-il entre ces moyens ?
- Quelles contraintes engendrent-ils pour les autres corps d'état du bâtiment ? Et vice versa.
- Quel est l'impact de ces moyens sur l'enveloppe budgétaire ?

On a déjà tenté de répondre à la plus fondamentale de ces questions, à savoir l'ordre de grandeur du risque incendie (Méthode GRETENER, Arbres NFPA, modèles du CSTB) [1-CURTAT, 2-HARMATY, 3-CLUZEL]. La leçon que l'on peut en tirer est que le phénomène physique est complexe et pose le problème du degré de modélisation qu'il est raisonnable d'adopter compte tenu du fait que la sécurité incendie n'est pas la fonction principale du bâtiment. De plus, l'incendie n'est pas classé parmi les risques majeurs [1-CURTAT].

Toutefois, l'incendie constitue dans la hiérarchie des événements humains un risque non négligeable [4-GUYONNET].

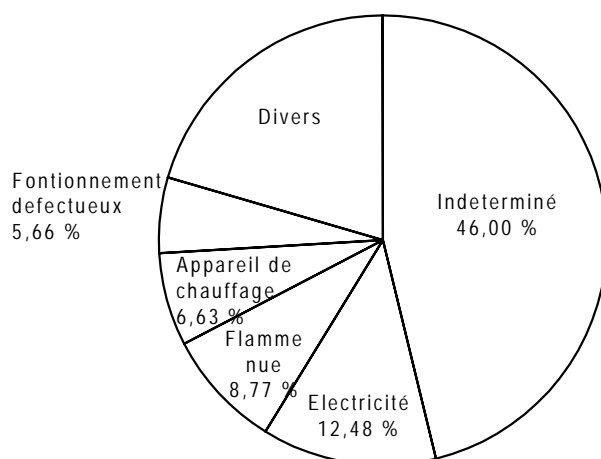


Statistiques et estimations du nombre d'accidents par an en fonction du nombre de victimes (origine U.S.A. d'après Maere, Devoogt, Mud, Thonon).

fig. INTRO/1. L'incendie parmi les autres risques pour l'homme

Les figures suivantes (fig.2 et fig.3) montrent les incertitudes liées à la connaissance de l'origine des incendies [4-GUYONNET]. Ces incertitudes sont le reflet de difficultés, voire de carences, en matière de méthodes de diagnostic des causes et de prédiction des sinistres.

Dans l'industrie, plus des deux tiers des incendies ont une origine indéterminée ou difficile à établir. Pour les établissements recevant du public (ERP), cette incertitude plane sur plus de soixante pour cent des cas. Dans les cas où l'origine des feux est connue, l'homme et les installations électriques défectueuses sont les facteurs de danger prépondérants.

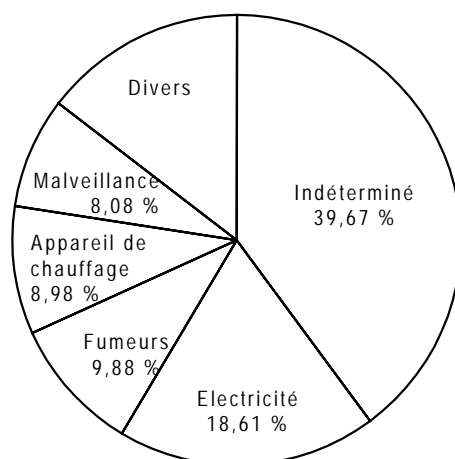


DIVERS :

Malveillance	2,73 %
Liquide inflammable	1,56 %
Fumeur	3,31 %
Matières près source de chaleur	5,46 %
Enfant	2,14 %
Projection d'étincelles	0,97 %
Imprudence de grande personne	0,78 %
Réactions chimiques	1,95 %
Choc - frottement	0,58 %
Fuites ( gaz - mazout )	0,98 %

*Origine des feux dans l'industrie* (statistiques de la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris (B.S.P.P.)).

*fig. INTRO/2. Origine des feux dans l'industrie*



DIVERS :

Liquide inflammable	0,57 %	Enfants	2,86 %
Projection d'étincelles	0,33 %	Réactions chimiques	0,8 %
Flamme nue	4,16 %	Fuites ( gaz - mazout )	0,24 %
Matières près source de chaleur	2,61 %		
Imprudence de grande personne	1,22 %		
Fonctionnement défectueux	1,89 %		
Choc, frottement	0,08 %		

*Origine des feux dans les E.R.P.* (statistiques de la B.S.P.P.).

*fig. INTRO/3. Origine des feux dans les Etablissements Recevant du Public*

L'introduction serait incomplète si elle se bornait à l'évocation de la complexité du phénomène physique. Il faut étendre le problème en y englobant les points de vue des décideurs. Selon le type de décideur, le point de vue sur la sécurité incendie varie : la collectivité et le gouvernement focalisent leur attention sur la protection des personnes et de l'environnement, tandis que les exploitants de bâtiments sont plus attentifs (sans négliger les points précédents) à maintenir l'outil de travail opérationnel en minimisant les pertes de biens, marchandises, bâtiments, quoi qu'il arrive, y compris face à un incendie sévère [5-MOTTIER]. L'impact d'un incendie s'évalue alors en arrêt d'activité, en pertes de parts de marché, en pénalités de retard et non plus en nombre de blessés ou de morts comme dans une approche de type « sécurité civile ».

Donc, en plus du problème des hommes directement menacés par le phénomène physique, il y a celui du maître d'ouvrage ou du chef d'entreprise. Ce dernier est en effet civilement responsable de toutes les atteintes d'un sinistre aux personnes, à ses biens propres et aux biens des tiers [6-MID]. C'est un problème qui ne peut être résolu ni par application de réglementation ni par l'assurance. Il ne lui reste que l'appui de la technique pour prévenir et limiter les conséquences d'un éventuel sinistre.

Signalons, pour information, qu'il y a des cas où le bâtiment n'est pas soumis à la réglementation [6-MID] et où le chef d'entreprise n'est pas assurable. Le besoin est alors tel que certains maîtres d'ouvrage bien que non soumis à la réglementation préfèrent l'appliquer ou s'en inspirer dans l'espoir de réduire le risque incendie.

Compte tenu du fait que le maître d'ouvrage a des limites financières et que le maître d'œuvre est confronté à une multitude de parades possibles et qu'il est dans un environnement pluridisciplinaire, nous nous trouvons devant un problème d'aide à la décision classique. Seules les connaissances nécessaires à l'élaboration des choix intéressants font la nouveauté. Mais la quantité de ces connaissances, leur éparpillement en plusieurs disciplines, leur manque de formalisation augmentent considérablement la complexité du problème. Pour s'en sortir, il faudrait des techniques qui sortent de l'ordinaire. C'est là que l'intelligence artificielle intervient.

La technique des systèmes experts, discipline de l'intelligence artificielle, fait partie de ces évolutions profondes de l'informatique qui permettent de s'attaquer à des problèmes considérés jusqu'alors comme insolubles par l'homme et encore plus par la machine. On peut dire que cette technique, encore en pleine évolution, crée un état d'esprit favorable à l'audace modélisatrice. En ce sens, elle peut être vue comme un bon cadre de représentation pour la résolution des problèmes. Or un problème bien représenté est à moitié résolu [7-NEWELL].

Dans cette thèse, nous faisons une nouvelle application de cette technique sur le projet ambitieux du traitement pluridisciplinaire du risque incendie de bâtiments.

## **HISTORIQUE DU PROJET**

Beaucoup de professionnels de la sécurité incendie pensent qu'il y a eu suffisamment de progrès scientifiques pour permettre une approche un peu plus technique [8-HARMATY]. C'est dans cet esprit qu'en 1986 un groupement français s'est créé avec pour but de trouver une méthode alternative à la réglementation incendie. L'idée étant lancée par la société CERBERUS-GUINARD, le groupement s'est rapidement constitué :

- un laboratoire d'essai au feu doublé d'un service d'études et de recherches sur les problèmes d'incendie : le CTICM (Centre Technique et Industriel pour la Construction Métallique) ;
- un responsable de sécurité issu d'un grand groupe industriel, utilisateur potentiel des résultats en tant que maître d'ouvrage : la société MICHELIN ;
- la FNB (Fédération Nationale du Bâtiment) ;
- un industriel des matériels de détection et d'extinction d'incendie : CERBERUS ;
- un bureau de contrôle : BUREAU VERITAS ;
- un bureau d'études techniques : ESPACE TECHNIQUE ;
- un courtier d'assurances doublé d'un cabinet d'analyse de risques : GRAS & SAVOYE/SAGERI.

Cette composition a été établie dès le départ avec la volonté d'intégrer le maximum d'acteurs économiques différents impliqués dans l'analyse des risques et les marchés liés à la sécurité incendie. Le travail initial de ce groupement a été la recherche d'un langage commun correspondant à toutes les sensibilités précédemment évoquées. Il lui a fallu un an de discussions avant de déboucher sur le concept de vulnérabilité, seule notion commune à tous. A travers ce concept, on cherche à évaluer l'impact direct et indirect d'un sinistre, des points de vue social, juridique et économique.

Pour transformer le concept en méthode, le groupement a décidé de faire appel à des professionnels de « LA METHODE ». Le LABORATOIRE METHODES de l'INSA de LYON a été chargé en 1987 de la conduite des recherches nécessaires à l'établissement de la méthode globale basée sur le concept de vulnérabilité. Celle-ci devait être concrétisée par un outil informatique de démonstration.

A l'établissement du cahier des charges de cet outil, les besoins suivants ont été mis au jour :

- Arriver à quantifier le risque incendie propre à un bâtiment donné ;
- Utiliser les résultats de cette quantification pour savoir où les moyens de prévention et de protection sont insuffisants ou excédentaires ;
- En cas d'insuffisance, connaître quelles compensations on peut effectuer,
- Tirer parti des moyens déjà en place pour d'autres fonctions ;
- L'outil doit être rapide.

A partir de ces éléments, nous avons pu exprimer un premier objectif :

*« Il faut pouvoir mener une expertise globale de sécurité incendie.  
Mais elle doit rester praticable. »*

Dans un contexte multidisciplinaire, où même les intervenants de la sécurité incendie peuvent être nombreux, il va sans dire qu'il y a des besoins différents et des langages différents. Par exemple on rencontrera le cas du concepteur qui voudra une information ponctuelle, hors de toute démarche d'expertise globale : par exemple savoir si le désenfumage d'un local est correct ou bien s'il est possible d'utiliser un type de détecteur donné dans un environnement donné. D'où notre deuxième objectif :

*« Il faut pouvoir réaliser une expertise thématique. »*



Ce type d'expertise que nous appelons focalisée est actuellement l'approche la plus pratiquée.

Tels sont les deux objectifs principaux que nous cherchons à atteindre. L'étude présentée ici décrit les méthodes et les outils qui ont été mis en oeuvre pour y parvenir. Résumons au préalable le contenu des chapitres qui suivent.

## PLAN DE LA THESE

La thèse est organisée en quatre parties dont les thèmes sont les suivants : Explicitation du problème posé, Fonctionnement de la réponse apportée, Description organique de la réponse, Méthodes et méthodologies ayant permis l'élaboration de la réponse.

Si la rédaction est linéaire, la logique qui relie ces parties est, par contre, un ensemble de boucles d'itérations suivant le processus connu [9-SIMON, 10-WALLISER] : Problème → Méthode → Outil → Méthode → Problème → ... etc.

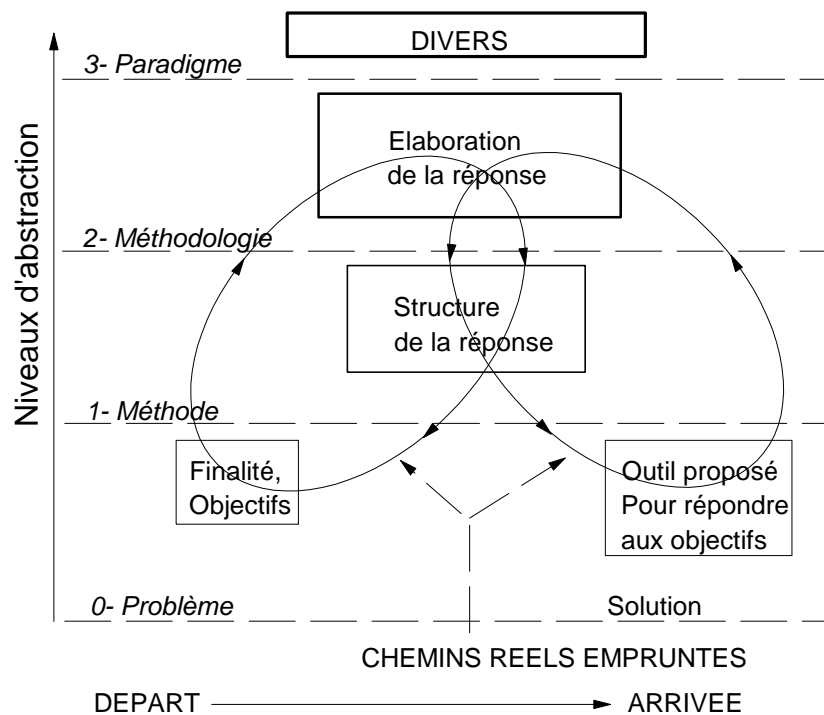
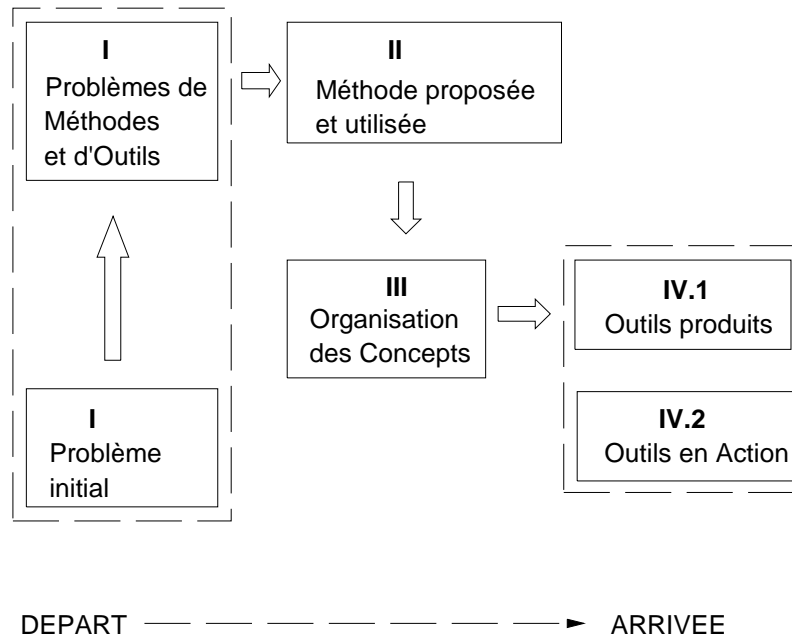


fig. INTRO/4. Logique générale de la thèse (Niveaux d'abstraction)

La figure (fig.4) montre une organisation par niveaux d'abstraction. Les boucles schématisent le caractère itératif du processus qui permet d'aller des objectifs aux outils. Lors de la linéarisation en vue de la rédaction, nous avons préféré présenter les éléments méthodologiques avant la structure de notre réponse au problème posé parce que notre approche est nouvelle. Là où il faudrait normalement choisir des méthodes, il a fallu en créer. En retour, la création d'outils basés sur ces méthodes a conduit à leur amélioration, si bien que ces méthodes sont à la fois génératrices et fruits des outils.

De plus, certains concepts utilisés dans la description des outils ne se comprennent bien que si l'on connaît les éléments méthodologiques qui les supportent.

Le schéma de présentation qui nous semble le plus adapté est le suivant :



*fig. INTRO/5. Mode de présentation de la thèse*

La première partie de la thèse concerne l'explicitation du problème. Le chapitre I.1 positionne la sécurité incendie par rapport aux autres composantes des fonctions d'un bâtiment. Nous y faisons aussi le constat des approches actuelles. Puis dans le chapitre I.2 nous proposons une approche globale de la sécurité incendie du bâtiment. Le chapitre I.3 concerne le détail de cette approche globale. On y trouve, entre autres, les éléments qui expliquent le choix de la technique des systèmes experts pour concrétiser l'approche globale (cf. I.3.5).

La méthode globale pose des problèmes à la fois méthodologiques et techniques. En effet se pose d'abord le problème de l'acquisition des connaissances pour un système multi-expert [11-GLEIZES]. Problème d'autant plus difficile que le domaine de la sécurité incendie est très peu formalisé et se réduit par endroits beaucoup plus à des vellétés de spécialistes qu'à des pratiques du terrain. Donc dans certains cas il faudra créer des connaissances.

La deuxième partie présente les éléments méthodologiques qui ont permis la mise en oeuvre de l'approche globale proposée. Les chapitres II.0 à II.2 introduisent une technique que nous appelons sémographie. Celle-ci est, en quelque sorte, un méta-modèle conceptuel des connaissances (cf. II.1) et de la structuration des objets de ces connaissances (cf. II.2).

Le chapitre II.3 présente une tentative de sémographie du processus de conception en général. Cet exemple nous a été utile, le système que nous présentons s'inscrivant dans un contexte d'aide à la conception.

Le chapitre II.4 décrit une méthode de développement de systèmes multi-experts. Cette méthode est basée sur la sémiologie, l'ergonomie cognitive, l'acquisition des connaissances *in situ*. Elle montre l'exploitation de la sémiologie parmi d'autres outils méthodologiques. En complément, nous décrivons au chapitre II.5 une méthode pour le choix efficace d'un outil de développement de systèmes experts.

Dans la troisième partie, nous pénétrons au cœur du système expert TRIAGE (Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale). Sa première composante est une base de données contenant la description des bâtiments, des activités décrits comme des objets structurés, organisés par des liens à sémantique prédéfinie et accessibles à des niveaux de détails divers. Sa deuxième composante est un ensemble de sources de connaissances appelées spécialistes [12-LAASRI] capables de se rendre mutuellement service. L'évaluation proprement dite des risques est effectuée suivant une méthode inédite d'arbres à pondérations. Deux modes de fonctionnement sont disponibles dans TRIAGE :

- L'expertise focalisée où l'utilisateur accède aux services d'un spécialiste de manière isolée.
- L'expertise générale où l'utilisateur est pris en main par un planificateur de tâches en fonction des buts fixés.

Le chapitre III.1 décrit la typologie des données et des résultats du système. Nous y décrivons également les modèles conceptuels des objets du discours. Le chapitre III.2 décrit la typologie et la modélisation des connaissances intégrées à TRIAGE. C'est à ce niveau également que nous détaillons notre méthode originale d'évaluation des risques. Ensuite au chapitre III.3 nous décrivons la structure organique du système. Le chapitre III.4 présente les modes de raisonnement du système.

Le second problème de l'approche globale concerne l'exploitation efficace de la masse des connaissances recueillies sur un matériel accessible à la majorité des professionnels du bâtiment. Il fallait des outils de développement adaptés au cahier des charges exigeant défini dans la première partie. Les outils que nous avons proposés et utilisés sont présentés dans la quatrième partie.

Le chapitre IV.1 présente des exemples d'utilisation du système TRIAGE sur un bâtiment. Nous consacrons le chapitre IV.2 à la présentation des outils qui permettent de faire évoluer TRIAGE :

- L'environnement de développement NASS qui, à l'instar de la nasse du pêcheur, permet d'aller à la pêche des granules [13-FARRENY] de connaissance. Sans cet outil, il n'y aurait pas de système TRIAGE tel qu'il est actuellement (cf. IV.2.1).
- L'outil ARBRE destiné à la collecte des probabilités subjectives (cf. IV.2.2).
- L'outil ICONOGRAPH de gestion graphique des relations entre entités organisées (cf. IV.2.3).

Nous terminons, au chapitre IV.3, par quelques réflexions sur les limites et perspectives de TRIAGE.

# **PREMIERE PARTIE**

**FORMULATION DE L'APPROCHE GLOBALE  
DE LA SECURITE INCENDIE**

Cette première partie présente la méthode globale d'analyse de la sécurité incendie de bâtiments.

D'abord un survol du domaine est effectué afin d'explicitier les mots risque et sécurité, de présenter les intervenants ainsi que leurs approches. Ensuite nous décrivons les principes d'une approche globale. Nous terminons par le détail des concepts proposés. En y ajoutant quelques contraintes de modes opératoires et d'environnement d'opération, nous obtenons le cahier des charges d'un système informatique basé sur l'approche globale.

## I.1 Le constat

### I.1.0 Introduction

Avant toute proposition, il nous a paru nécessaire d'établir l'état de l'art en matière de sécurité incendie. Il s'agit de montrer brièvement ce que signifient les mots risque et sécurité pour les professionnels du domaine. Ensuite nous aborderons la question de l'importance de la sécurité incendie pour le concepteur et l'exploitant du bâtiment. Puis nous ferons un survol des méthodes, des pratiques actuelles ainsi que des difficultés qui leur sont liées.

### I.1.1 La sécurité incendie

#### I.1.1.1 Explicitation du domaine

La sécurité incendie est le plus souvent abordée par le biais du concept dual de risque incendie. Mais le mot risque n'a pas toujours la même signification pour tous les interlocuteurs. Ainsi d'après l'IFP (Institut Français du Pétrole) :

– *le danger est une situation ou propriété d'un système ou de certains de ses composants comportant les facteurs pouvant conduire à un événement indésirable potentiel avec des effets immédiats ou différés.*

– *le risque est la mesure du niveau de danger. C'est une grandeur à deux dimensions associée à une phase précise de la vie d'un système. Il caractérise un événement redouté d'une part par sa probabilité d'occurrence, d'autre part par le montant de la perte consécutive, celle-ci étant un préjudice quantifié.*

D'autres définitions du risque peuvent être rencontrées :

- Événement dommageable, de réalisation certaine, mais à date inconnue.
- Les assureurs appellent risque la personne ou la chose placée sous la garantie de l'assurance.
- En assurance incendie, le mot risque est lié à la classification des murs extérieurs d'un bâtiment suivant leur comportement au feu. Le 1er risque est < 2ème risque < 3ème risque.

Pour le Petit Robert, le risque est :

- *Un danger éventuel plus ou moins prévisible ;*
- *Le fait de s'exposer à un danger. D'où l'expression « Prendre le risque ».*

Ces définitions nous donnent une idée des problèmes de mésinterprétation qui peuvent survenir dans une assemblée réunissant des professionnels du « Risque » (ou de la « Sécurité »). Et ces assemblées ne sont pas rares, car plusieurs disciplines sont liées au mot risque :

– *L'Analyse des risques* comprend :

- \* L'identification des risques potentiels ;
- \* La détermination du critère de risque acceptable ;
- \* L'étude qualitative et/ou quantitative des causes des risques considérés ;
- \* Le calcul des conséquences associées à la survenance des risques en termes d'atteintes à la vie humaine, à l'environnement, des pertes économiques ;
- \* La proposition d'améliorations à apporter sur les événements critiques mis en évidence ou sur le système lui-même.

– *La Maîtrise des risques* [14-CNPP]

Si les risques identifiés et calculés ne satisfont pas aux critères de risques acceptables, des actions coercitives doivent être effectuées pour prévenir les accidents (réduction de leur fréquence), minimiser les conséquences des accidents (car ils auront lieu un jour).

– *La Gestion des risques* [5-MOTTIER]

La gestion des risques cherche à trouver la façon la plus rentable de protéger les ressources d'une entreprise par rapport à un risque déterminé. Certains arguent même que mieux gérer ses risques que le concurrent est un facteur de rentabilisation du coût de la sécurité.

L'assurance fait partie de la gestion des risques. Mais il ne suffit pas de s'assurer pour que cette gestion soit efficace.

### **I.1.1.2 Intérêt de la sécurité incendie**

Vers les années 1945, le problème des risques incendie n'était résolu que par l'assurance. Les entreprises ne se posaient guère de question sur les finalités des assurances. La prévention telle qu'elle est conçue actuellement n'existait pas.

Cette situation s'est modifiée progressivement vers les années 1960. La croissance des entreprises, l'invention des matériaux nouveaux (plastiques) et de nouvelles techniques de construction rendaient les sinistres de plus en plus fréquents et catastrophiques. Ce qui a

provoqué des majorations parfois insupportables des primes d'assurance. Les assureurs en sont même arrivés à ne plus assurer certains risques. Il fallait donc des solutions complémentaires passant par la technique.

Le recours à la technique est même encouragé par les assureurs sous la forme de rabais de primes pour des sites techniquement protégés.

De nos jours, la situation est plus critique du fait des nouvelles habitudes d'exploitation du bâtiment. Nombreux sont les cas où le contenu coûte plus cher (de 2 à 3 fois) que le contenant. Un incendie peut être fatal à l'entreprise. En France, une entreprise sur trois disparaît dans les trois ans qui suivent un incendie [15-KRUPPA].

A côté de ces situations critiques, il y en a d'autres où l'industriel ne peut pas s'assurer parce que cela reviendrait trop cher. Dans ce cas, il est obligé de traiter techniquement ses risques. Cette maîtrise technique des risques est encore plus indispensable si un éventuel incendie est susceptible d'attaquer l'environnement de par la nature même de l'activité. De nos jours, l'impact médiatique suffit à la perte de l'entreprise si elle n'est pas en situation de monopole.

Par ailleurs, une erreur courante est de croire que le risque incendie ne menace que les moyennes et grandes entreprises. Pour les petites entreprises, l'impact est d'autant plus fort qu'elles ont moins de trésorerie. Le coût d'un incendie dépasse rapidement leur capacité financière.

### **I.1.1.3 Caractéristiques du domaine de la sécurité incendie**

La résolution d'un problème de sécurité incendie passe par l'estimation d'un nombre important de paramètres relatifs à plusieurs aspects de la question. On peut citer :

- l'implantation du bâtiment,
- la stabilité au feu du bâtiment,
- l'évacuation des personnes,
- le cloisonnement,
- la détection et l'alarme,
- l'extinction,
- le contrôle des fumées,
- l'étude des phénomènes thermophysiques,
- l'assurance ou plus généralement la stratégie de financement de la sécurité.

Chacun de ces champs fait l'objet d'investigations séparées. A cela il y a trois raisons.

Premièrement, les champs n'ont pas évolué en même temps. On a vu au paragraphe précédent que l'assurance était l'unique solution dans les premiers temps de la sécurité incendie.

Deuxièmement, les champs qui font appel à la physique sont suffisamment complexes pour engendrer des spécialités.

La troisième raison est que le nombre de champs à considérer est trop grand pour qu'un seul homme puisse les traiter tous avec finesse.

Par exemple l'entreprise moderne étant plongée dans un environnement à forte concurrence et reposant sur une très grande spécialisation des unités de production, il devient impossible de traiter les risques sans tenir compte de l'arrêt d'une chaîne de production. Cet arrêt peut avoir des conséquences financières aussi graves qu'un incendie.

Un tel problème a des répercussions sur les plans commercial (pertes de parts de marché), financier (versements de pénalités), social (maintien de l'emploi).

Il résulte de ces considérations que l'une des caractéristiques fondamentales du domaine de la sécurité incendie est la fragmentation.

Les habitudes de travail nous montrent bien de multiples acteurs intervenant sur le même objet avec les mêmes buts fondamentaux mais ayant des approches différentes. Dans certaines circonstances, les solutions partielles ainsi générées peuvent se renforcer. Mais parfois elles peuvent se contrarier mutuellement.

#### **I.1.1.4 Les approches actuelles de la sécurité**

Depuis les années 1960, diverses approches de la sécurité incendie se sont développées, des plus empiriques aux plus scientifiques.

On peut classer ces approches en trois groupes de modèles suivant les données et les connaissances utilisées et les résultats fournis : les déterministes, les probabilistes, les intuitives.

Les modèles déterministes cherchent à donner une valeur quantitative des phénomènes physiques liés à un incendie [2-8-HARMATY, 16-BALDASSARA]. Ils utilisent des données physiques (débits de pyrolyse, masses, ventilation, etc.), des connaissances théoriques établies (thermodynamique, thermique, chimie, etc.). Les résultats sont des valeurs de diverses variables physiques (températures, composition chimique des fumées, durées des phénomènes, etc.).

Parmi les modèles déterministes on peut citer ceux du CSTB [1-CURTAT] : CIFI (modèle de circulation des gaz chauds et des fumées dans un bâtiment compartimenté à partir d'un feu dans un des volumes), NAT (modèle de développement d'incendie naturel), EVAC (modèle d'évacuation des personnes par simulation de mouvement de foules).

Les modèles probabilistes donnent les probabilités d'occurrence de diverses quantités de dommages [17-BENOURAICH, 18-BESSIS]. Ils utilisent des probabilités de certains événements (succès/échec du cloisonnement, naissance d'un incendie dans la vie du bâtiment, etc.). Le traitement des données se fait essentiellement par les méthodes classiques de calcul des probabilités et des statistiques. Les résultats sont des probabilités d'événements redoutés (états du feu, transition d'un état à un autre, échec de l'évacuation, etc.).



De nombreux modèles probabilistes peuvent être cités. Nous les présentons par auteurs ou organismes [1-CURTAT, 17-BENOURAICH]:

THOR et SEDIN	Méthode statistique pour l'aspect coût/bénéfice des moyens de protection des bâtiments industriels ;
FITZGERALD	Etude probabiliste de la propagation d'un incendie à travers un bâtiment ;
NFPA	Plusieurs arbres de défaillances avec prise en compte du temps, Chaînes de Markov modélisant le cheminement du feu dans un espace d'états prédéfinis comme s'il était un phénomène sans mémoire ;
MORISHITA	Modèle à états ;
HOGNON	Réseaux de Pétri temporisés en simulation de Monte-Carlo ;
BECK	Modèle d'états et de transitions sur l'efficacité de la sécurité des personnes et les pertes monétaires ;
WILLIAMSON	Modèle couplant des approches déterministes à des approches probabilistes ;
BALDWIN	Méthode statistique pour la détermination de l'optimum économique de résistance au feu ;
RAMACHANDRAN	Modèles simplifiés de propagation du feu ;
LING	Modèle de propagation par graphe valué pour la détermination du chemin le plus probable de connexion d'un point source à un point cible du bâtiment [19-LING] ;
GSA	Arbre de défaillances sans prise en compte du temps.

*Tab. I/1 Quelques méthodes probabilistes de sécurité incendie*

Les modèles intuitifs sont ceux qu'il est difficile de classer dans les deux premiers groupes. On peut dire qu'ils sont semi-probabilistes, car ils cherchent tous à nous indiquer dans quelle mesure un incendie aura lieu dans la vie du bâtiment. Pour y arriver, ils prennent en compte une liste plus ou moins étendue des événements susceptibles d'engendrer ou d'aggraver un incendie. Ces événements sont souvent évalués à partir d'informations statistiques. Mais ces méthodes n'indiquent pas de fréquences d'événements. Les méthodes de calculs utilisées ne sont pas toujours théoriquement établies (d'où la dénomination d'intuitif).

Les modèles (ou méthodes) intuitifs sont nombreux. Citons-en quelques-uns pour information.

DELPHI	Méthode de collecte d'avis d'experts avec traitement statistiques des réponses et feedback [20-SCHEILDS] ;
GRETENER	Détermine le risque incendie en distinguant personnes et biens. L'impact des mesures de prévention et de protection est pris en compte ;
SIA	Adaptation de la méthode GRETENER ;
ERIC	Informatisation de la méthode GRETENER [3-CLUZEL] ;
MALHOTRA	Méthode de cotations calculant un niveau de dangerosité en utilisant des paramètres macroscopiques (activité, occupation, etc.) ;
NELSON	Méthode à cotations
MOSAR	Méthode qualitative opérant par confrontation de sources de dangers théoriques aux sources réelles de danger relevées sur une installation. Elle fait appel à d'autres méthodes (arbres de défaillances, SADT...) pour l'appréciation des dangers.

*Tab. I/2 Quelques méthodes intuitives de sécurité incendie*

Rappelons qu'il existe d'autres méthodes intuitives dont le domaine d'application englobe la sécurité incendie :

MARION	Sécurité informatique : méthode de cotations avec bases statistiques [21-22-LAMERE] ;
AROME	Extension de MARION aux risques généraux de l'entreprise ;
MELISA	Sécurité informatique : méthode de cotations avec bases propres aux sentiments de l'utilisateur.

*Tab. I/3 Quelques méthodes intuitives de sécurité générale*

Il existe des méthodes non spécifiques à l'incendie mais qui ont été utilisées dans ce domaine. Il s'agit notamment de :

- Méthodes de simulation ( Monte-Carlo) ;
- Méthodes de sûreté des systèmes ou de fiabilité prévisionnelle [23-JEANNETTE] telles que :
  - . BDF : Diagramme Bloc de Fiabilité,
  - . AdD : Arbre de Défaillance,
  - . AdE : Arbre d'Événements,
  - . CdM : Chaînes de MARKOV,
  - . AMDEC : Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité.

La méthode DELPHI, déjà citée, n'est pas non plus spécifique à la sécurité incendie.

Une autre façon de juger les méthodes actuelles concerne la modélisation de l'objet bâtiment. Elle peut être holistique ou atomistique.

Les modèles holistiques utilisent un nombre restreint de paramètres pour décrire l'objet. La manipulation de ces paramètres est censée rendre compte des phénomènes globaux. Comme exemples de paramètres globaux on peut citer le nombre de niveaux, la hauteur, la longueur, la largeur d'un bâtiment.

Les méthodes GREENER, AROME et d'une manière générale les méthodes intuitives utilisent une représentation holistique du bâtiment.

Les modèles atomistiques utilisent le concept d'organes dont la structure et le comportement sont décrits par des paramètres propres. L'agrégation des comportements individuels des organes est censée rendre compte du comportement global.

<p>Exemples d'organes :  <i>Poutres, Poteaux, Dalles...</i></p>
<p>Exemples de comportements (ou états) individuels :  <i>Local sûr par opposition à Bâtiment sûr,  Poteau stable au feu / Bâtiment stable au feu,  Local sensible / Bâtiment sensible.</i></p>

Les modèles de LING [19] et de HOGNON [1-CURTAT] ont une représentation atomistique du bâtiment. Il est vrai que bon nombre des autres modèles utilisent aussi des concepts de locaux, mais ces derniers n'existent pas dans le modèle en tant qu'entités individualisées dont les relations avec les autres sont connues. Cela est laissé à l'utilisateur qui devra, s'il le faut, appliquer le modèle sur chaque individu.

Les conclusions que l'on peut tirer de ce panorama des méthodes et modèles sont de trois ordres : le champ couvert, les connaissances utilisées et le cadre d'utilisation.

En ce qui concerne le champ couvert, aucun modèle n'est complet. Les aspects traités sont surtout :

- les phénomènes thermophysiques (évolution de l'incendie en temps et en température, conditions d'enfumage, évolution de la température dans les éléments de structure, propagation du feu de local à local) ;
- les phénomènes psychophysiques (comportements humains au cours d'un incendie [24-CANTER], mouvements de foules [1-CURTAT]) ;
- l'action des extincteurs automatiques ;
- l'aspect constructif (cloisonnement, stabilité au feu).

Très peu d'entre eux prennent en compte les moyens de prévention destinés à réduire à la fois la fréquence des incendies et leurs conséquences. Alors qu'il s'agit de moyens qui n'augmentent pas de beaucoup les dépenses de sécurité, car il s'agit pour une grande part d'organisation humaine. Quelques modèles, les intuitifs surtout, essayent de nous dire dans

quelle mesure un incendie est à craindre. Ce qui est tout à fait logique avant de commencer à appliquer des mesures.

Peu d'entre eux prennent en compte des facteurs tels que la précocité de la détection, l'arrivée des pompiers, l'implantation du bâtiment.

Du point de vue des connaissances utilisées, nous constatons un vif besoin de tenir compte de l'aspect aléatoire de l'incendie. Malheureusement, l'indisponibilité des probabilités des événements de base constitue la pierre d'achoppement des modèles probabilistes. On a donc souvent recours à des estimations d'experts ou à des techniques de cotation pour palier le fait d'utiliser des données statistiques sur un cas particulier (cf. méthode MARION [21-LAMERE], modèle de NELSON [1-CURTAT]).

Le cadre d'utilisation de ces modèles est le plus souvent un bâtiment existant. Cela vaut encore plus pour les méthodes déterministes complexes qui exigent comme données des débits de pyrolyse qui ne peuvent être obtenus que par des essais. Sans parler de l'impact économique de ces essais, leur caractère incontournable rend les modèles déterministes complexes impraticables en phase de conception.

## **I.1.2 La sécurité incendie et la conception du bâtiment**

### **I.1.2.1 La sécurité incendie et les autres composantes**

Dans le processus de conception d'un bâtiment, trois fonctions principales sont considérées [25-MIRAMOND] :

- Architecture : qualité architecturale en fonction des possibilités techniques et économiques ;
- Technique : solutions techniques répondant à l'architecture et aux possibilités économiques ;
- Economique : coût en fonction des données économiques, architecturales et techniques.

Les composantes de la fonction technique qui prennent le plus du temps des concepteurs sont traditionnellement : la thermique, la structure, l'acoustique, l'éclairage. La sécurité incendie n'est pas considérée comme une composante à part entière. Elle est plutôt ventilée comme une contrainte sur les autres composantes, surtout dans un souci de conformité réglementaire.

Le système bâtiment est censé :

- Protéger ses utilisateurs du milieu extérieur, des atteintes d'ordres divers (climat, environnement, géologie, psychologie). Dans cette optique, il ne doit pas devenir un piège mortel ;
- Offrir un cadre propice à des activités récréatives ou lucratives. Donc il ne doit pas, en tant que milieu intérieur, mettre ces activités en péril.

Ce sont là, d'après nous, des raisons suffisantes pour considérer la sécurité incendie comme une composante de la fonction technique du bâtiment et non comme une contrainte.

La difficulté d'intégration de la sécurité incendie dans le processus de conception du bâtiment a trois causes.

Premièrement, il y a un problème pratique. Comme nous l'avons montré (cf. I.1.1), il ne s'agit pas d'un domaine homogène. Sa pratique requiert des approches pluridisciplinaires.

Or, deuxième raison, les approches globales dans la conception du bâtiment sont difficiles par manque d'outils adaptés. Les efforts en ce sens sont encore au niveau de la recherche. Naturellement, les interactions chauffage-fondation, chauffage-acoustique, architecture-fondation sont les premières à être considérées. Cela s'explique par le fait que ce sont, comme nous l'avons signalé, les composantes qui occupent le plus les concepteurs traditionnellement.

Cela ne doit pas laisser croire qu'il n'y a pas d'autres types d'interactions. Par exemples :

- la compacité de l'architecture, le nombre de niveaux, la disposition des portes, les surplombs ont une influence directe sur la sécurité des personnes en cas d'incendie ;
- la stabilité au feu et le cloisonnement font partie de la composante structure et influencent la sécurité des biens et des personnes en cas d'incendie.

La troisième raison qui rend difficile l'intégration de la sécurité incendie dans le processus de conception tient au fait qu'elle ne concerne pas que le système bâtiment. La sécurité incendie admet l'entreprise comme autre objet thématique. Elle peut donc entraîner le concepteur à considérer d'autres bâtiments que celui qui est à l'étude. Le cas se produit si l'on considère des pertes indirectes liées à une activité située sur un autre site mais qui dépend d'une activité menée dans le bâtiment à l'étude.

Le schéma suivant positionne la sécurité incendie par rapport aux autres composantes de chaque fonction du bâtiment.

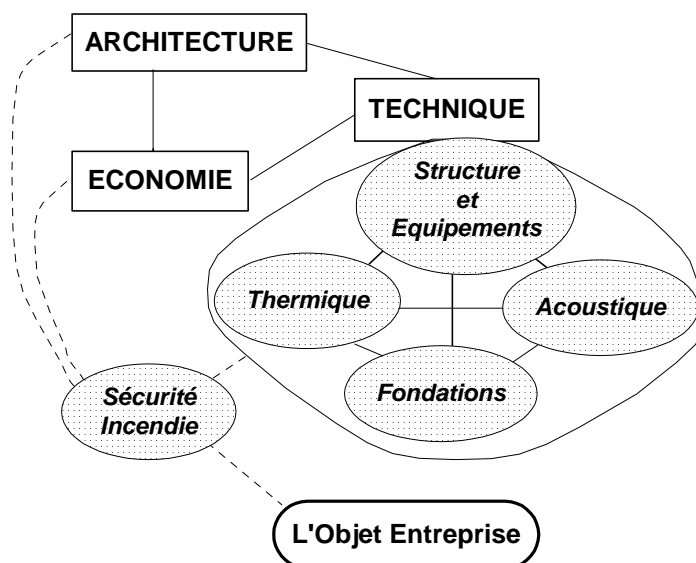


fig. I/1. La sécurité incendie et les autres fonctions du bâtiment

### I.1.2.2 Problèmes liés à la pratique de la sécurité incendie

Les études de sécurité incendie ont lieu le plus souvent lorsque le bâtiment est déjà construit et plus rarement en phase d'avant projet détaillé (APD). Dans les deux cas, les intervenants travaillent seuls.

Du fait de ces approches non concertées, on arrive à des solutions qui peuvent créer une illusion de sécurité pour plusieurs raisons :

- incompatibilité avec le vécu normal du bâtiment. L'exemple le plus cité est celui de portes coupe-feu prévues pour rester fermées et qui sont maintenues bloquées en position ouverte parce que l'activité nécessite un flux continu par ces portes.

- absence de coordination des techniques. Des faiblesses peuvent intervenir dans le cloisonnement du fait de percements ultérieurs pour le passage de câbles. Même lorsque ces percements sont rebouchés, il n'est pas certain que le bon matériau soit utilisé.

Les approches mono-disciplinaires jouent contre la mise en place de solutions optimisées. Les solutions plaquées contre un canevas déjà établi coûtent plus cher que les solutions intégrées. Celles-ci prennent mieux en compte les interactions concurrentielles entre composantes techniques.

Donnons quelques exemples d'interactions :

#### \* Thermique vs Incendie

- Plan masse

L'orientation par rapport aux occultations qui est bonne pour la thermique l'est aussi pour la sécurité incendie. Par contre, la thermique favorisera les formes compactes en l'absence de vents dominants alors que la sécurité incendie privilégiera les formes allongées dans tous les cas.

Notons cependant que sous les climats tempérés ou froids, le poids de la composante thermique est tel qu'une bonne orientation permettant de profiter des apports solaires aura toujours la priorité même si elle coïncide avec les vents dominants.

- Isolation

L'augmentation des épaisseurs d'isolant diminue les déperditions thermiques. Mais elle défavorise la sécurité incendie. A cause de l'effet d'inertie thermique, la température du feu augmente plus vite dans le local incendié et le risque de propagation rapide est plus élevé.

- Etanchéité

Du point de vue thermique, l'étanchéité des parois et des fenêtres est une qualité recherchée. Au cours d'un incendie, en revanche, plus les parois d'un local sont étanches plus les gaz chauds sont confinés. Encore une fois, la température augmente plus rapidement.

– Plan architectural

La thermique voudrait localiser les volumes non chauffés (cages d'escalier, cages d'ascenseur) au milieu. Cela est discutable du point de vue architectural et va à l'encontre de la sécurité des personnes.

\* Structure vs Incendie

La recherche de stabilité au feu a une influence marquante sur le plan économique à cause des aires d'armatures supplémentaires dans les poteaux en béton, des sur-épaisseurs des dalles, de l'utilisation de produits de protection des structures métalliques. Or la stabilité au feu n'augmente pas de beaucoup la sécurité [15-KRUPPA, 17-BENOURAICH], car aux températures où les considérations de stabilité sont opportunes (600 à 700 °C), tout a déjà brûlé. Il s'agit donc d'une question de choix du maître d'ouvrage qui doit se demander s'il veut que le bâtiment soit réutilisable après un éventuel incendie.

La recherche de blocs auto-stables, condition souvent requise par les assureurs, a une influence directe sur le principe constructif, donc sur le budget du projet.

\* Acoustique vs Incendie

Les dalles pleines de bonne épaisseur (14 à 16 cm) augmentent l'insonorisation contre les bruits aériens mais pas contre les bruits d'impact. En même temps, ces dalles jouent contre les possibilités de transfert vertical du feu.

Cependant, pour lutter contre les bruits d'impact, on prévoit souvent une couche de matériau pour amortir les chocs. C'est à ce niveau qu'il y a possibilité de favoriser le transfert vertical du feu si n'importe quel matériau est utilisé.

Les trumeaux peuvent défavoriser la thermique en créant des masques. Mais ils peuvent jouer le rôle d'antibruit et gêner le transfert de l'incendie par l'extérieur.

Pour terminer avec les problèmes liés à la pratique de la sécurité incendie, disons quelques mots de la réglementation :

– elle n'est pas auto-explicative. Ce qui favorise les applications à la lettre. On peut donner l'exemple d'hôtels situés dans les DOM-TOM, en région tropicale. Des détecteurs de fumées sont implantés dans les coursives extérieures de ces hôtels alors qu'ils sont dans des régions très ventées.

– la réglementation ne donne aucune mesure du niveau de sécurité atteint une fois qu'elle a été appliquée. A plus forte raison, elle ne permet pas de savoir s'il y a des mesures superflues. Cela est dû au fait que la réglementation est exigencielle (à obligation de moyens) et non performancielle (à obligation de résultats). Par exemple : quelle est la signification d'une exigence de stabilité au feu de 2 h si, compte tenu de la charge incendie réelle et de la vitesse de combustion, l'incendie le plus sévère ne durera que 1 h ?

### I.1.3 Conclusion

Nous avons montré que les mots « sécurité » et « risque » peuvent avoir diverses interprétations selon les interlocuteurs. Ceux-ci sont nombreux du fait que le domaine est vaste et très compartimenté. Les méthodes actuelles, de même que les habitudes de travail, s'en ressentent.

Nous avons identifié les problèmes qui freinent la prise en compte de la sécurité incendie dès la conception du bâtiment. C'est à partir de ces éléments que nous allons construire l'approche globale que nous proposons.

## I.2 Les propositions pour une approche globale de la sécurité incendie

### I.2.0 Introduction

Parmi les problèmes liés aux modèles et méthodes actuelles de la sécurité incendie, on trouve celui de la sémantique. Il est donc nécessaire de situer un cadre d'opération, de définir des termes et des principes. C'est pourquoi nous allons préciser le contenu de la composante sécurité incendie. Ensuite nous établirons les principes de base d'approche globale.

### I.2.1 Description d'une composante sécurité incendie

La composante sécurité incendie peut être décomposée en quatre sous-problèmes :

- Dangers incendie potentiels,
- Conséquences probables,
- Moyens de réduction des dangers et des conséquences,
- Coût et financement de la sécurité incendie.

L'ordre de résolution de ces sous-problèmes peut être celui de la liste. La seule interaction forte existe entre Moyens de réduction et Coût (fig. 2).

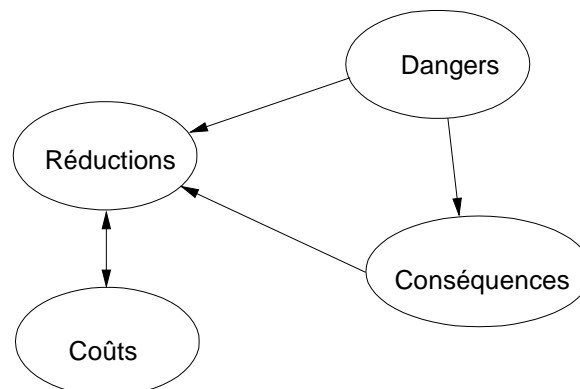


fig. I/2. Interactions entre sous-problèmes de la composante Sécurité Incendie



## I.2.2 Principes de la méthode globale

### P1 Principe de coordination

Il faut coordonner les actions des intervenants de la composante incendie d'une part ; et de l'autre, celles des intervenants des autres composantes.

Il ne s'agit pas de faire intervenir la sécurité incendie dans tous les cas possibles en tant que contrainte forte. Il s'agit plutôt d'intégrer à peu de frais un ensemble de décisions favorables dès que le concepteur a le choix entre plusieurs possibilités.

Par exemple, un acousticien qui a le choix entre plusieurs revêtements d'insonorisation peut être averti de manière à en choisir un qui soit peu combustible. Ce choix peut engendrer un surcoût. Mais ce dernier peut être inférieur au coût des dispositions qu'il faudrait prendre pour combattre une charge incendie élevée (ajouts de cloisons et portes coupe-feu par exemple).

### P2 Principe de l'intégration

La démarche ne doit pas se cantonner à la réglementation. Elle doit faire intervenir toute connaissance de la physique des phénomènes, de l'état de l'art et des expériences des acteurs du terrain susceptible d'améliorer la qualité des analyses. Entre autres, lorsque la réglementation est utilisée, cela doit être en tenant compte de ses objectifs.

### P3 Principe de simplification

Les modèles physiques complexes seront évités pour des raisons de praticabilité technique et économique. Il ne faut pas que la finesse des calculs consomme une part importante du temps de conception. Il ne faut pas non plus exiger des données dont l'acquisition grèverait le budget du projet.

Le niveau de simplification de chaque modèle doit tenir compte de celui des autres modèles intégrés à l'approche globale. Il ne sert à rien de calculer des températures d'échauffement de la structure à un degré près si le modèle d'incendie est le modèle ISO.

Les modèles simplifiés donnent des informations quantitatives sur les phénomènes. Pour compenser la simplification, on leur adjoindra des modèles qui fourniront une information qualitative sur les mêmes phénomènes.

### P4 Principe des niveaux de détails thématiques

Pour les objets structurés (Bâtiment, Entreprise...), on peut utiliser des modèles à niveaux de détails. Ce sont des modèles atomistiques manipulés par des filtres produisant des vues moins détaillées. Cela permet d'échapper au manque d'expressibilité des modèles

globaux, et à l'hyper-expressibilité des modèles atomistiques. De plus, un raisonnement local peut faire référence à des paramètres globaux.

*P5 Principe de limitation du champ d'action*

Il n'est pas dans notre intention de résoudre le problème général de la conception intégrée du bâtiment tel qu'il est tenté dans X2A [26-LMGCU] ou par DAGHOUM [27]. Cela dépasserait le cadre du sujet.

Notre but est d'établir un schéma global permettant la coopération de diverses sources de connaissances visant à atteindre un nombre limité de buts. Ceux-ci concerneront la sécurité incendie ; donc les connaissances incorporées aux sources concerneront l'incendie. L'utilité de ce schéma réside dans le fait qu'un intervenant d'un domaine particulier pourra :

- savoir comment son domaine est perçu par la sécurité incendie. Ainsi, un architecte aura des informations sur l'impact de la géométrie sur le danger de propagation de l'incendie. Mais l'homme du cloisonnement n'aura pas d'informations sur les contraintes que ses choix font peser sur l'architecte. C'est une information qui est censée faire partie de ses connaissances.
- disposer des autres connaissances sur la sécurité incendie qui n'interagissent pas directement avec son domaine.

A chaque sous-problème de la composante sécurité incendie, nous faisons correspondre un champ. Les champs que nous considérerons seront donc :

- Sous-problème ou champ « **Dangers incendie Potentiels** » :
  - . Phénoménologies de l'incendie, approches qualitatives ;
  - . Phénoménologies de l'incendie, approches quantitatives.
- Sous-problème ou champ « **Conséquences** » :
  - . Fonctionnement de l'entreprise (qualitatif)
  - . Evaluation des pertes (quantitatif).
- Sous-problème ou champ « **Moyens de Réduction** » :
  - . Architecture,
  - . Construction,
  - . Mobilier,
  - . Equipements techniques,
  - . Détection,
  - . Extinction,
  - . Désenfumage,
  - . Evacuation des personnes,
  - . Organisation d'alarme,
  - . Organisation humaine.
- Sous-problème ou champ « **Coût et financement** » :
  - . Evaluation de coûts,
  - . Stratégie financière et assurance.

## P6 Contraintes qualitatives sur les connaissances

Les connaissances à intégrer dans l'approche globale doivent tenir compte explicitement :

- des entités suivantes : personnes, biens, bâtiment, environnement ;
- de la dynamique du feu ;
- du cycle de vie de l'entité bâtiment.

Les connaissances relatives aux moyens de réduction des risques indiqueront :

- les interactions de concurrence, de complémentarité, d'incompatibilité, d'équivalence qui existent entre ces moyens ;
- la date d'efficacité dans la chronologie de l'incendie ;
- la date de praticabilité dans le cycle de vie du bâtiment.

### **I.2.3 Conclusion**

A partir des principales difficultés mises en évidence, nous avons dégagé un ensemble de principes qui devraient permettre l'élaboration d'une méthode globale de sécurité incendie. Cette méthode devrait conduire à une meilleure utilisation des possibilités techniques du domaine, car elle prévoit de considérer les interactions de complémentarité et de concurrence entre des intervenants à buts communs mais à moyens différents.

Nous avons fixé également dans ce chapitre les champs de la sécurité incendie sur lesquels nous entendons illustrer la méthode globale. Au point suivant, nous donnons le détail de l'approche en cachant volontairement le plus possible les aspects liés à la volonté de création d'un outil informatique.

## **I.3 Développement de l'approche globale de la sécurité incendie**

### **I.3.0 Introduction**

Au chapitre précédent, nous avons proposé un ensemble de principes qui, s'ils sont respectés, devraient conduire à une méthode efficace et globale de résolution du problème de la sécurité incendie. Maintenant, nous allons développer ces propositions en méthode.

Une fois la méthode globale décrite, nous disposerons de suffisamment d'éléments pour élaborer le cahier des charges d'un outil informatique basé sur cette approche globale. Cet outil a pour rôle de démontrer la praticabilité de la méthode.

## I.3.1 Les connaissances disponibles

### I.3.1.1 Sources

Les connaissances disponibles sont parcellaires mais nombreuses. Elles viennent de diverses sources :

- littérature spécialisée (méthodes, résultats de laboratoires d'essais) ;
- DTU (Procédures et méthodes de calcul) : Feu-béton, Feu-acier, Feu-bois, Feu-maçonnerie, Structures Mixtes ;
- Eurocodes : Béton, Acier, Bois, Maçonnerie, Structures Mixtes ;
- Règles des assureurs ;
- Experts humains (heuristiques).

La plupart de ces connaissances concernent la mise en oeuvre de moyens de protection, la modélisation du phénomène incendie.

### I.3.1.2 Formes

Les connaissances disponibles se présentent sous plusieurs formes :

- Contraintes

Exemple :

*« Pour permettre le désenfumage d'un escalier, il ne faut pas qu'il y ait plus de six portes par palier, sinon il faut cloisonner l'escalier. »*

- Heuristiques

Exemple :

*« On peut compenser une insuffisance d'accessibilité par du cloisonnement et du désenfumage. »*

- Algorithmes, Procédures

Exemples :

*Calcul de la courbe d'échauffement d'un élément de structure par la méthode des différences finies.*

*Développement du feu dans un local.*

- Abaques, tables

Exemples :

*Statistiques de pertes.*

*Abaques Température-Massivité-Epaisseur de peinture de protection de profilés métalliques.*

Ces connaissances peuvent être réglementaires ou non.

### I.3.2 Les connaissances non disponibles.

Ce sont des connaissances qui se traduisent surtout par des velléités et des hypothèses non nécessairement supportées par l'expérience. Elles concernent surtout :

- la définition d'un risque,
- la quantification d'un risque,
- la quantification de l'efficacité d'un moyen de réduction de risque.

Ces connaissances se trouvent dans la littérature spécialisée et sont adaptées plus ou moins librement suivant les besoins. Il va sans dire qu'aucun outil, aucune méthode en découlant ne fait vraiment unanimité. Les formes de ces connaissances sont très variables :

- Check-lists

Ces listes contiennent les facteurs que l'homme de l'incendie doit surveiller. Certains experts croient que le fait de posséder une check-list suffit pour faire un outil d'analyse. Mais les inférences effectuées à partir de ces listes sont variables, non explicitées.

- Des calculs pseudo-probabilistes

Le plus souvent, on trouve l'approche qui consiste à chercher un coefficient de danger, un coefficient de gravité et à multiplier les deux pour avoir une idée du risque (**Risque = Danger \* Gravité**). Il s'agit, bien entendu, d'une approche qui ne fait pas unanimité.

- Des formules axiomatiques

Exemples :

- . « *Le cloisonnement réduit le danger de propagation.* »
- . « *Plus il y a de combustible, plus le danger de développement de l'incendie est élevé.* »
- ...

Ce qui manque souvent à ces axiomes, c'est le **comment**. En effet comment peut-on démontrer que « *le cloisonnement réduit le danger de propagation* » ? Le plus souvent, l'approche est du type « Générer et Tester » [9-SIMON, 28-WINSTON, 29-HAYES-ROTH] : on fait une analyse de risque sans cloisonnement, puis une analyse avec cloisonnement ; par différenciation des résultats, on constate l'effet du cloisonnement. Mais il n'est pas dit quelle est la mesure de l'espérance de réduction du risque de propagation par le cloisonnement. On ne peut donc pas en tirer un modèle prévisionnel quantitatif.

- Des arborescences

Souvent, les mêmes concepts des check-lists sont organisés en arbres permettant leur hiérarchisation et leur combinaison [1-CURTAT].

### I.3.3 Structuration souhaitée des connaissances

Le plus grand inconvénient que l'on peut attribuer aux connaissances actuelles est le manque de formalisme. Dans la pratique, les façons de combiner les différentes sortes de connaissances citées précédemment pour résoudre un problème varient avec les experts d'une façon qui rend difficile la comparaison des solutions. Pour élaborer une approche globale cohérente, il nous faut donc effectuer un travail de conceptualisation et de formalisation.

#### I.3.3.1 Définitions

---

##### *Danger*

Le mot danger traduit une menace, par exemple l'occurrence d'incendie. Le lieu où peut se réaliser cette menace est appelé *point dangereux*.

---

##### *Sensibilité*

Le mot sensibilité exprime une gravité potentielle, par exemples mort d'hommes, destruction de biens. Le lieu où se trouve l'entité considérée (homme, bien, activité) est appelé *point sensible*.

---

##### *Transmissibilité*

Géographiquement, un point dangereux et un point sensible peuvent être confondus ou distincts. Dans ce dernier cas apparaît la nécessité d'envisager l'évolution éventuelle du danger vers le point sensible. Les chemins qui connectent les deux points sont appelés *chemins de transmission*. Un chemin est une liste comportant des locaux, tronçons de couloirs, tronçons d'escaliers ainsi que des entités véhiculant des relations de communication, de contiguïté ou de voisinage.

---

##### *Risque*

Un risque est un triplet (danger, sensibilité, transmissibilité). En d'autres termes, un risque est découvert chaque fois qu'on démontre qu'un point dangereux peut être connecté à un point sensible. L'évaluation du niveau de ce risque ponctuel est effectuée par combinaison des composantes du triplet.

---

##### *Moyen de réduction de risque*

Tout moyen de prévention ou de protection contre l'occurrence d'un danger, d'une sensibilité ou d'une transmissibilité est un moyen de réduction de risque. On distinguera donc : moyen de réduction du danger, moyen de réduction de la sensibilité, moyen de réduction de la transmissibilité.

---

### *Opération*

Une opération est un acte de l'homme de la sécurité incendie. Les opérations de haut niveau impliquées dans une approche globale de sécurité incendie sont :

- **Décrire** des entités ;
- **Évaluer** les points sensibles, les points dangereux, les coûts ; l'efficacité des moyens de réduction ;
- **Planifier** (ou proposer) des moyens de réduction.

---

### *Champ*

Un champ est un élément résultant du découpage du domaine au premier échelon. Il s'agit d'un sous-problème de la composante sécurité incendie telle que nous l'avons définie au point (I.2.1). Une opération porte nécessairement sur un champ.

Exemples de champs :

*Dangers, Conséquences, Réduction, Coûts.*

Une méthode d'étude de risques ne couvre pas nécessairement tous les champs.

---

### *Sous-champ*

Un sous-champ est un élément résultant du découpage du domaine au deuxième échelon. Une opération porte nécessairement sur un sous-champ.

Exemples de sous-champs pour le champ « Moyens de Réduction » :

*. Architecture,  
. Construction,  
. Mobilier,  
. Equipements techniques, etc.*

---

### *Facteur logique*

Un facteur logique est une information globale servant à la description d'un sous-champ. Cette information est utilisée dans le jugement global (ou évaluation globale) d'un sous-champ.

Exemples de facteurs logiques :

**CHAMP :** Moyens de réduction  
**SOUS-CHAMP :** Architecture  
**FACTEURS LOGIQUES :** *. Implantation,  
. Géométrie,  
. Finitions,*

*.Réseaux.*

Donc pour juger l'apport de l'architecture à la réduction d'un risque incendie, il suffit de connaître les apports respectifs de l'implantation, de la géométrie, du choix des finitions, de l'état des réseaux.

---

Paramètre ou variable

Le mot paramètre ne doit pas être pris au sens de la théorie des systèmes [10-WALLISER, 30-LE MOIGNE]. Il désigne une information de bas niveau, une variable, qui peut entrer dans l'évaluation d'un facteur logique ou même de plusieurs facteurs logiques simultanément.

Par exemple le paramètre « hauteur du bâtiment » entre aussi bien dans l'analyse de l'Architecture que de l'Evacuation.

Dans la suite, les mots paramètre et variable seront interchangeables.

### **I.3.3.2 L'évaluation des risques**

#### **I.3.3.2.1 Évaluation d'un Risque : Généralités**

L'appréciation du niveau d'un risque passe par l'estimation de trois facteurs :

- le danger d'ignition ( $d_0$ ) du point source,
- la sensibilité ( $s$ ) de l'entité menacée ou point cible,
- la transmissibilité ( $t$ ) du danger à l'entité menacée ou encore probabilité de connexion de la source à la cible.

Soit :

$$R = f(d_0, t, s) \quad (1)$$

Par exemple une approche pseudo-probabiliste de la fonction d'évaluation  $f$  permet d'écrire :

$$R = d_0 * t * s \quad (2)$$

Le danger d'ignition correspond à la possibilité de passer de l'état neutre à l'ignition.

La sensibilité est une appréciation de l'impact économique, social, juridique d'une éventuelle atteinte de l'entité menacée.

La transmissibilité est une appréciation de la plus ou moins grande difficulté avec laquelle la source peut être connectée à la cible. Elle prend en compte :

- le danger de développement ( $d_1$ ) qui est la possibilité de passer de l'ignition à l'embrassement d'un local,



- le danger de propagation (d2) qui est la possibilité de passer de l'embrasement d'un local à l'ignition dans un local voisin.

### I.3.3.2.2 Détermination du facteur de danger

Pour l'ignition (d0) dans un local, on utilisera les paramètres suivants :

- la chaleur d'allumage du local,
- la combustibilité des matériaux du local.

On suppose qu'il y a toujours suffisamment d'oxygène pour déclencher un feu modeste (ex. : poubelle de bureau).

Pour le développement (d1), on utilisera les paramètres suivants :

- la charge incendie du local,
- la combustibilité des matériaux du local,
- la ventilation du local.

Pour la propagation (d2) d'un local à un autre, on utilisera les caractéristiques physiques et géométriques des parois du local ainsi que des aménagements de ces parois (portes, percements). Cela se traduit par une distribution de probabilités de résistance en fonction du temps [19-LING].

### I.3.3.2.3 Détermination du facteur de sensibilité

Pour la sensibilité (s) on utilisera :

- les conséquences directes (cd),
- les conséquences indirectes (ci).

Soit :

$$s = g(cd, ci)$$

Il suffit de choisir la fonction g de manière cumulative ou maximisante.

Exemples :

$$\begin{array}{ll} g \text{ cumulative} & : \quad s = cd + ci - cd*ci \\ g \text{ maximisante} & : \quad s = \max(cd, ci) \end{array}$$

### I.3.3.2.4 Détermination du facteur de transmission

D'abord identifions les éléments capables de favoriser ou de contrarier la transmission du danger :

- *Espace libre,*
- *Conduit,*

- *Gaine,*
- *Paroi verticale,*
- *Paroi horizontale.*

Un niveau du bâtiment est constitué de cellules. Toute cellule est délimitée par des parois (ayant la caractéristique coupe feu ou non). C'est la notion de cloisonnement.

Les types de cellules sont :

- *Local,*
- *Plénum de faux plafond,*
- *Plénum de faux plancher,*
- *Couloir.*

Les parois verticales peuvent comporter :

- *des portes,*
- *des baies,*
- *des percements quelconques.*

Les parois horizontales peuvent comporter :

- *des trémies,*
- *des percements quelconques.*

Ex. :

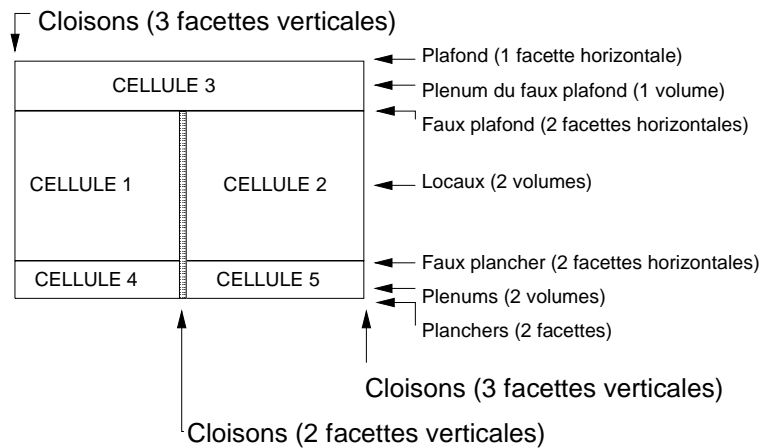
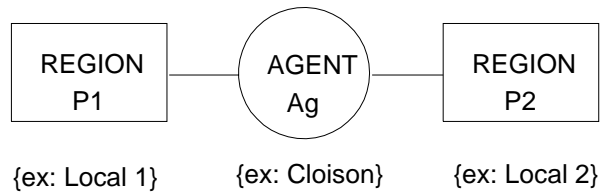


fig. I/3. Exemple de cellules et de parois

Suivant les éléments de transmission considérés, plusieurs types de relations peuvent exister entre la source et la cible.

Soient deux points  $P_1$  et  $P_2$  en relation grâce à un agent de liaison  $Ag$ .



*fig. I/4. Deux objets mis en relation par un agent*

La relation entre P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> peut être :

- de **continuité** si Ag est un espace libre. Cette relation véhicule les phénomènes physiques de conduction, de convection et de rayonnement.
- de **voisinage** si Ag est une ou plusieurs parois matérielles. La relation de voisinage se spécialise en :
  - **contiguïté** si Ag est une paroi horizontale ou verticale. Cette relation véhicule la conduction.
  - **proximité** si Ag est un espace libre compris entre deux parois. Cette relation véhicule le rayonnement.
- de **communication** si Ag est un conduit, une gaine, une porte, une trémie, etc. Cette relation véhicule la convection.

Lors des calculs, le facteur de transmission  $t_r$  se décompose en deux :

- la transmission des fumées ( $t_{rf}$ ),
- la transmission du feu ( $t_{r0}$ ).

Cela permet de prendre en compte la sensibilité de la cible à la fumée d'une part, à la température d'autre part. Donc :

$$t_r = t(t_{rf}, t_{r0})$$

Par exemple avec une fonction  $t$  cumulative on aurait :

$$t_r = t_{r0} + t_{rf} - t_{r0} * t_{rf}$$

Le calcul effectif du facteur de transmissibilité d'un point source à un point cible doit prendre en compte tous les chemins de connexion possibles entre la source et la cible. Cela est réalisé par la méthode de LING [19].

### I.3.3.2.5 Fonctions de calcul des Risques

Donnons les prototypes des fonctions utilisées pour le calcul des risques. L'évaluation effective est réalisée à l'aide de la fonction *Vulnérabilité* présentée au point I.3.3.4 (Hiérarchisation des risques).

---

#### *Risque pour les biens*

Pour les biens, les types de risques retenus sont le risque d'indisponibilité et le risque de destruction. Dans le cas de l'indisponibilité, le bien pourra être réutilisé après restauration. La destruction rend le bien irrécupérable.

Deux cas peuvent être considérés :

– Le point sensible (bien) et le point dangereux sont dans un même local.

. Risque d'indisponibilité :

$$R_{ind} = f(d_0, fum, s)$$

(ignition, fumées , sensibilité)

. Risque de destruction :

$$R_{dest} = g(d_0, d_1, l, s)$$

(ignition, développement, transmission, sensibilité)

– Le point sensible (bien) et le point dangereux sont situés dans deux locaux différents.

. Risque d'indisponibilité :

$$R_{ind} = g(d_0, trf, fc, s)$$

(ignition, arrivée de fumées, contrôle des fumées, sensibilité)

. Risque de destruction :

$$R_{dest} = f(d_0, tr, s)$$

(ignition, arrivée du feu, sensibilité)

Notons que  $t_r$  est fonction de  $d_1$  et  $d_2$ .

---

#### *Risque pour les personnes*

Les personnes peuvent périr soit à cause de la libération de produits très toxiques (même en petite quantité), soit à cause d'une insuffisance du système d'évacuation (Désenfumage + Chemin + Eclairage de secours).

Comme pour les biens, deux cas peuvent être considérés :

– Les personnes sont dans le local dangereux.

. Risque d'intoxication par les fumées :

$$R_{int} = f(d_0, f_s, s)$$

(ignition  $\times$  facteur de non-survie  $\times$  sensibilité)

. Non-évacuation :

$$R_{evac} = f(d_0, f_{Evac}, s)$$

(ignition, facteur de non-évacuation, sensibilité)

– Les personnes sont hors du local dangereux.

. Risque d'intoxication par les fumées :

$$R_{int} = g(d_0, trf, f_s, s)$$

(ignition, arrivée de fumées, non-désenfumage, sensibilité)

. Non-évacuation :

$$R_{evac} = g(d_0, tr, f_{Evac}, s)$$

(ignition, arrivée du feu, non-évacuation, sensibilité)

### **I.3.3.3 La réduction des risques**

#### Principe de la réduction d'un facteur de risque

La réduction consiste à faire des actions susceptibles de diminuer le niveau d'un risque. Elle passe par la réduction de chacun de ses facteurs. Dans la suite, le facteur en question peut être l'ignition ( $d_0$ ), la sensibilité ( $s$ ) ou la transmissibilité ( $t$ ).

Dans le cas de la transmission, on peut procéder de plusieurs façons :

- réduire le danger de développement dans les locaux d'un chemin de transmission,
- éliminer le chemin par renforcement des barrières.

Le niveau de chaque facteur s'exprime en taux de croyance ou crédit. Un crédit de 100 % indique une croyance totale dans la réalisation du facteur, 0 % indique une croyance totale dans l'impossibilité de réalisation du facteur et 50 % traduit une difficulté de l'appréciateur à se prononcer (incertitude).

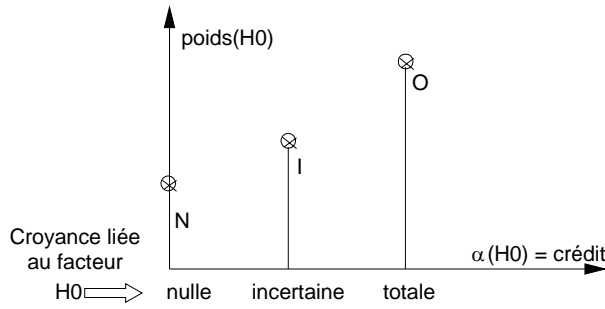


fig. I/5. Poids d'un facteur de risque en fonction du taux de croyance

Le crédit attaché à un facteur (hypothèse) est déterminé en fonction de deux autres crédits :

- le crédit positif (c+) qui est la résultante des éléments militant en faveur du facteur ;
- le crédit négatif (c-) résultant de l'appréciation des éléments militant contre le même facteur ; ces éléments sont les moyens de réduction du niveau du facteur, donc du risque.

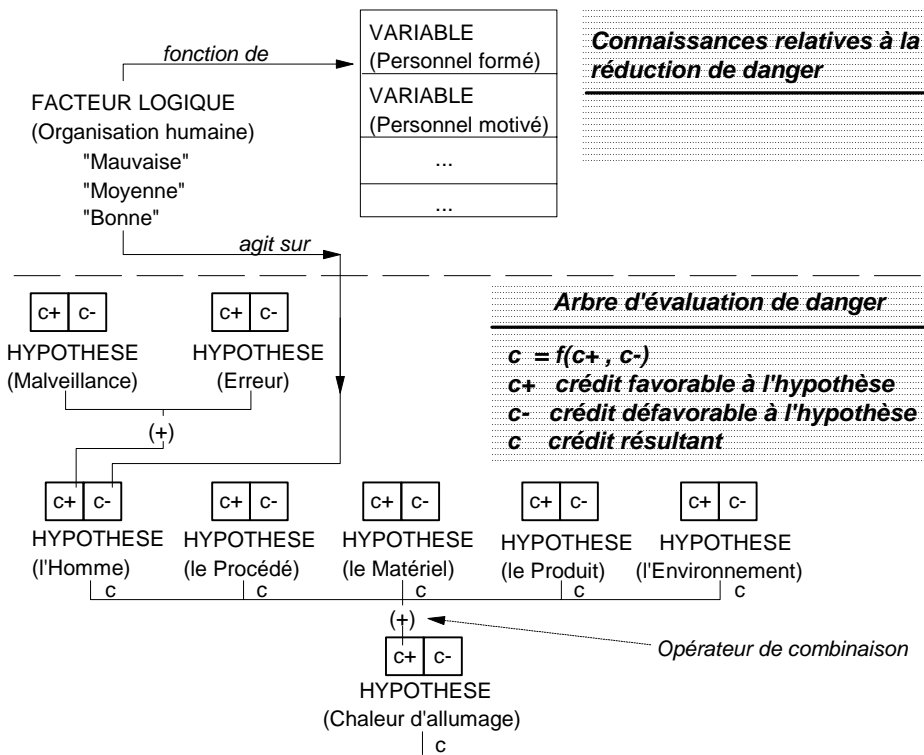


fig. I/6 Principe de réduction d'un facteur de risque  
(Entre parenthèses : Cas de la possibilité de Chaleur d'allumage)

### Effacité d'un moyen de réduction

Rappelons que les moyens de réduction sont regroupés en sous-champs, eux-mêmes décrits par des facteurs logiques. Ces derniers sont estimés grâce à des informations plus fines : les paramètres.

Nous disposons d'un ensemble d'informations concernant les sous-champs et les facteurs logiques. Ces informations nous indiquent :

- Pour chaque sous-champ, s'il réduit le danger, la sensibilité, la transmissibilité ;
- Le degré de préférence des experts pour le sous-champ par rapport aux autres ;
- L'importance (nulle, mineure, significative, majeure) escomptée de la réduction en fonction :

- . de la transition (n/0, 0/1, 1/2) ou de la phase (0, 1, 2) du feu,
- . de l'étape du bâtiment (Esquisse, Projet, Existant).

Ces informations distinguent dans tous les cas biens et personnes.

Au niveau des facteurs logiques, nous avons :

- Le degré de préférence du facteur logique par rapport aux facteurs logiques du même sous-champ ;
- L'importance escomptée de la réduction en fonction de la dynamique du feu et de l'étape du bâtiment ;
- Les relations entre facteurs logiques. Elles peuvent être de dépendance, de concurrence ou de compensation.

La considération de l'étape du bâtiment sert à prendre en compte uniquement les informations dont le concepteur peut disposer à un moment donné.

### Heuristique de Ciblage d'un moyen de réduction

Le ciblage des moyens de réduction consiste à trouver ceux qui sont les plus prometteurs à un moment donné du raisonnement.

Les critères utilisés pour le classement d'un facteur logique sont :

- Préférence du sous-champ du facteur logique par rapport aux autres sous-champs,
- Préférence du facteur logique par rapport aux autres facteurs du même sous-champ,
- Effet apporté par le facteur suivant la phase du feu,
- Le caractère licite (ou non) du facteur suivant l'étape du bâtiment,
- Crédit courant du facteur logique,
- Contraintes fixées par l'utilisateur sur le facteur logique.

Le processus de ciblage a lieu d'après l'heuristique décrite ci-après.

Les éléments suivants sont fixés :

- Entité menacée (Biens, Personnes, Environnement),
- Facteur de risque (Danger, Sensibilité, Transmissibilité),
- Phase du feu (Déclenchement, Développement, Propagation),
- Etape du bâtiment (Esquisse, Projet, Existant).

1°. Ecarter les facteurs logiques :

- dont le crédit est déjà à 100 % (ils n'apporteront plus rien),
- dont l'effet est nul du fait de la phase du feu ou de l'étape du bâtiment,
- écartés par l'utilisateur.

2°. Trier les facteurs logiques restants suivant les effets réducteurs décroissants.

3°. Faire  $k$  groupes d'ex aequo (classes de facteurs ayant le même effet).

4°. Trier chacun de ces groupes suivant les préférences de champs décroissantes.

5°. Repérer dans chaque groupe les ex aequo par rapport au poids des champs.

On obtient alors la liste des facteurs logiques triée par préférences décroissantes.

D'autres critères de tri sont possibles :

- considérer en premier les réductions sur les facteurs à crédit faible,
- considérer en premier les facteurs les moins concurrents puis les moins dépendants.

Tab. I/4 Heuristique de ciblage d'un moyen de réduction de risque

### I.3.3.4 Les seuils de risque

Le processus d'identification/élimination des risques étant itératif, il faut fixer un critère d'arrêt. Celui-ci peut se présenter à un premier degré sous la forme d'un domaine en dehors duquel un risque est inacceptable (fig. 7).

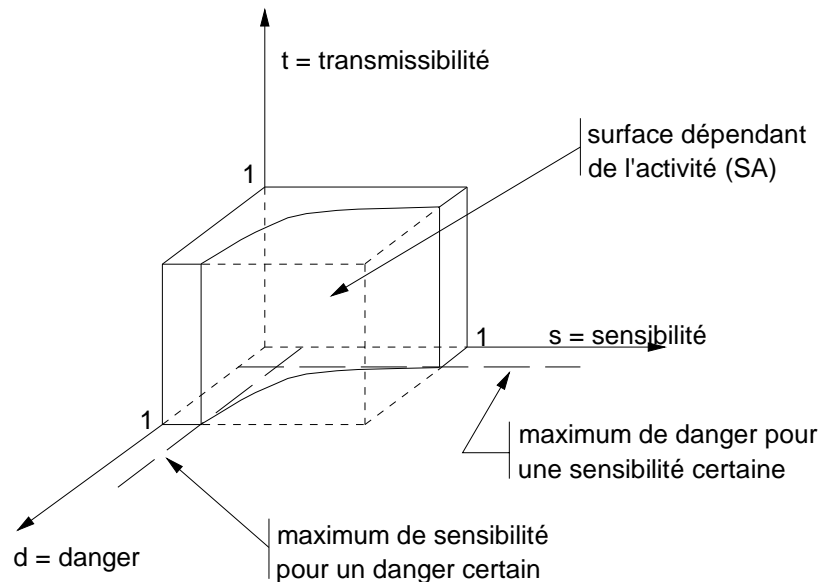


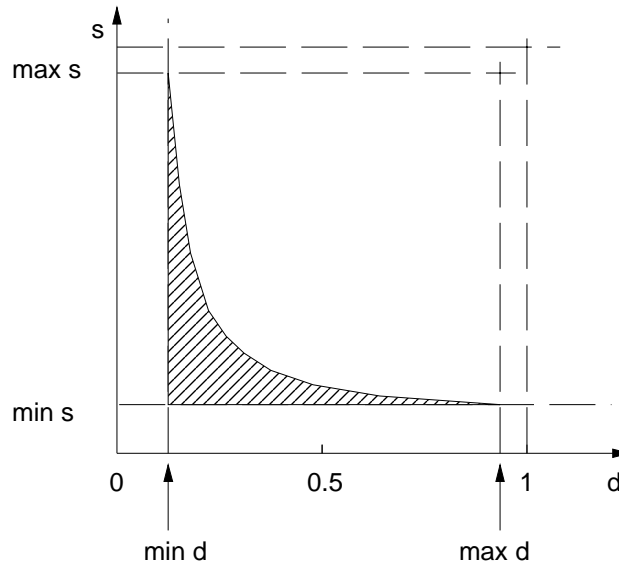
fig. I/7. Volume (V) contenant les risques acceptables

Sur la figure 7, les points intérieurs au volume V constituent des risques acceptables.



Les maxima peuvent être fixés en étudiant des **cas jugés sécuritaires** pour lesquels on calculerait les dangers, les sensibilités et les transmissibilités. On obtient une frontière par classe d'activités. Pour un bâtiment dont l'activité est similaire, tout triplet (danger, sensibilité, transmissibilité) ne devrait pas trop s'écarter (vers l'extérieur de V) de la surface (SA) de sa classe pour qu'il soit acceptable.

La transmissibilité peut aller jusqu'à 1 étant donné que le point sensible peut être confondu avec le point dangereux. Dans ce cas, on ne peut agir que sur le danger ou la sensibilité. D'où la nécessité d'une étude des seuils d'acceptabilité lorsque la transmissibilité reste constante.



*fig. I/8. Fonction seuil dans le plan  $t=Cte$*

Dans le plan  $t=Cte$  la fonction seuil a la forme suivante :

- les points tels que ( $d < d_{min}$ ) ou ( $s < s_{min}$ ) sont acceptables mais ont tendance au gaspillage des moyens de réduction,
- les points tels que ( $d > d_{max}$ ) ou ( $s > s_{max}$ ) sont inacceptables,
- pour les points intermédiaires trois approches sont possibles, selon que l'homme de la sécurité veut être :

- . **optimiste** : fonction seuil linéaire,
- . **réaliste** : fonction seuil quadratique,
- . **pessimiste** : fonction seuil sub-quadratique.

#### Description des fonctions seuils possibles

Les formules qui vont suivre ne sont ni scientifiques ni empiriques parce qu'elles ne découlent ni de loi de la physique ni de modèles expérimentaux. Leur acceptabilité est du même ordre que celle des formules utilisées dans les logiques floues. Leur unique but est de traduire des points de vue de certains experts face aux phénomènes. D'où leur subjectivité. Les valeurs exactes produites par ces formules donnent peu d'information ; seuls leurs ordres de grandeur et leurs variations sont significatifs.

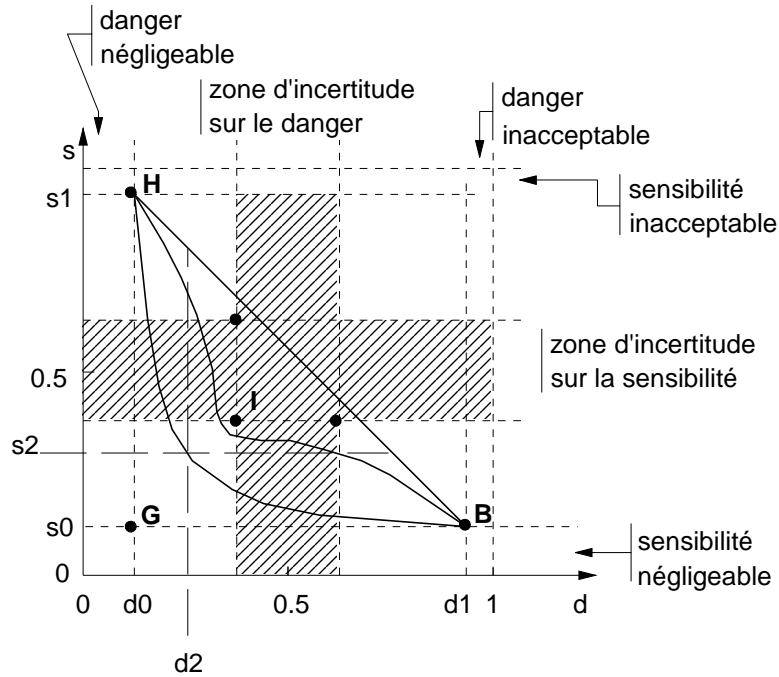


fig. I/8bis. Fonction seuil pour les points intermédiaires

— Cas linéaire (optimisme)

$$\frac{(d-d_0) \cdot (s_1-s_0)}{(d_0-d_1)} + s_0 - s \geq 0$$

— Cas quadratique (pessimisme)

$$\frac{s_0 \cdot (d-d_1) \cdot (d-d_2)}{(d_0-d_1) \cdot (d_0-d_2)} + \frac{s_1 \cdot (d-d_0) \cdot (d-d_2)}{(d_1-d_0) \cdot (d_1-d_2)} + \frac{s_2 \cdot (d-d_0) \cdot (d-d_1)}{(d_2-d_0) \cdot (d_2-d_1)} - s \geq 0$$

On peut prendre comme point  $(d_2, s_2)$  le coin gauche du pavé des incertitudes (point I sur la figure).

— Cas sub-quadratique

L'approche sub-quadratique consiste à décaler le point  $(d_2, s_2)$  vers  $(d_0, s_0)$ , puis on applique une évaluation quadratique.

### I.3.3.5 Hiérarchisation des risques

Il n'est pas suffisant de rendre les risques acceptables, il faut pouvoir les comparer entre eux. D'où la nécessité de les hiérarchiser. La hiérarchisation est obtenue en utilisant une fonction qui combine le danger, la sensibilité et la transmissibilité.

La hiérarchisation doit tenir compte du fait que les appréhensions des experts face à un risque sont classées dans l'ordre décroissant :

- danger,
- sensibilité,
- transmissibilité.

C'est-à-dire que sur le terrain les experts cherchent d'abord à éliminer les dangers, puis les points sensibles, puis les possibilités de transmission, car il y a toujours des dangers résiduels.

Nous avons choisi, pour la hiérarchisation, la fonction *Vulnérabilité* définie comme suit :

$$\text{Vulnérabilité}(d,s,t) = (2 \cdot d + s^2 + t^3) / 4$$

Cette fonction varie entre 0 et 1. Elle tient compte des remarques précédentes sur la classification des appréhensions étant donné que les variables  $d$ ,  $s$  et  $t$  sont des réels compris entre 0 et 1. Les puissances et le facteur multiplicatif sont choisis de telle sorte que les permutations quelconques des valeurs de  $d$ ,  $s$  et  $t$  ne produisent jamais de résultats identiques. Ainsi  $v(0.1,0.9,1)$  est différent de  $v(0.9,0.1,1)$ . Par contre, des triplets différents et non issus de permutations peuvent conduire à des valeurs identiques.

Soient deux risques  $r_1=f(d_1,s_1,t_1)$  et  $r_2=f(d_2,s_2,t_2)$ , tous deux acceptables ;  $r_1$  est classé hiérarchiquement avant  $r_2$  (en priorité de réduction) si :

$$\text{Vulnérabilité}(r_1) > \text{Vulnérabilité}(r_2).$$

On appelle **iso-risque de niveau  $r_n$**  l'ensemble des points  $R$  de  $V$  tels que pour tout  $r$  appartenant à  $R$   $\text{Vulnérabilité}(r) = r_n$ .

### I.3.3.6 Synthèse des risques

Nous venons de voir que pour un bâtiment il n'y a pas un risque incendie mais tout un ensemble constitué par la réunion des triplets mis en évidences.

Si l'on veut avoir une idée globale de la sécurité du bâtiment, il faut faire la synthèse de tous les risques ponctuels. Cela permettra en outre de comparer deux bâtiments à destination similaire (deux ERP par exemple).

La méthode de synthèse que nous proposons consiste :

- à calculer la moyenne des Vulnérabilités  $V_m$ ,

- à calculer l'écart type des Vulnérabilités  $E_{tv}$ ,
- à faire la somme des deux pour obtenir le coefficient de vulnérabilité  $V_B$  du bâtiment.

$$V_B = V_m + E_{tv}$$

Si B1 et B2 sont deux bâtiments à destination similaire, B1 est plus sécuritaire que B2 si :

$$V_{B1} < V_{B2}.$$

Exemple :

Soient deux bâtiments B1 et B2

	<b>d</b>	<b>s</b>	<b>t</b>	<b>v</b>		
<b>B1</b>	0.2	0.9	0.7	0.39		
	1.0	0.0	0.8	0.63		
	0.4	0.6	0.3	0.30		
				<b>V<sub>m</sub> = 0.438</b>		<b>V<sub>B1</sub> = 0.609</b>
				<b>E<sub>tv</sub> = 0.171</b>		
<b>B2</b>	0.9	0.2	0.7	0.55		
	0.0	1.0	0.8	0.38		
	0.7	0.5	1.0	0.66		
				<b>V<sub>m</sub> = 0.529</b>		<b>V<sub>B2</sub> = 0.672</b>
				<b>E<sub>tv</sub> = 0.143</b>		

### I.3.3.7 Schéma général de fonctionnement de la méthode globale

La stratégie (fig.9) à suivre dans l'approche globale comporte trois phases :

#### Phase A : Identification et Estimation

- identifier les points sensibles,
- identifier les points dangereux,
- identifier les chemins de connexion entre points sensibles et points dangereux,
- estimer les pertes potentielles liées aux points sensibles,
- identifier les points ou chemins qui méritent une réduction.

Phase B : Prévention et Protection

Dans cette phase, il faut chercher des moyens de prévention et de protection afin de réduire les facteurs de risque (danger, sensibilité, transmissibilité) des points ou des chemins.

- Considérer des moyens réglementaires s'il le faut ;
- Considérer des alternatives à la réglementation.

Phase C : Etudes financières

- Estimer le coût de tous les moyens de réduction trouvés ;
- Estimer le coût de l'assurance avec les moyens trouvés ;
- Estimer le coût de l'assurance sans les moyens trouvés ;
- En utilisant les coûts ci-dessus et les pertes potentielles estimées en (A) considérer la meilleure solution entre :
  - . Accroître les moyens techniques,
  - . Prendre une police d'assurance,
  - . Economiser (auto-assurance),
  - . Combiner les trois possibilités (cas le plus probable).

*Explications relatives à fig.9*

**SMP** = Sinistre Maximum Possible.

**SRE** = Sinistre Raisonnablement Escomptable.

**COUTS** = Calcul du coût des moyens trouvés.

**PROPOSITION** = Faire la liste des actions correctives retenues.

**BILAN** = Comparaison Coûts, Pertes, Vulnérabilité résiduelle.

**ANALYSE DES RISQUES** = Choix des locaux et Calcul des triplets.

**ETAT DES RISQUES** = Recherche des risques correctibles.

**PRISE EN COMPTE INITIALE** = Etat du bâtiment, moyens en place.

**NOUVELLE PRISE EN COMPTE** = Rendre effectives les propositions.

**RECHERCHE DE SOLUTION** = Planification des Moyens les plus prometteurs pour les réductions désirées.

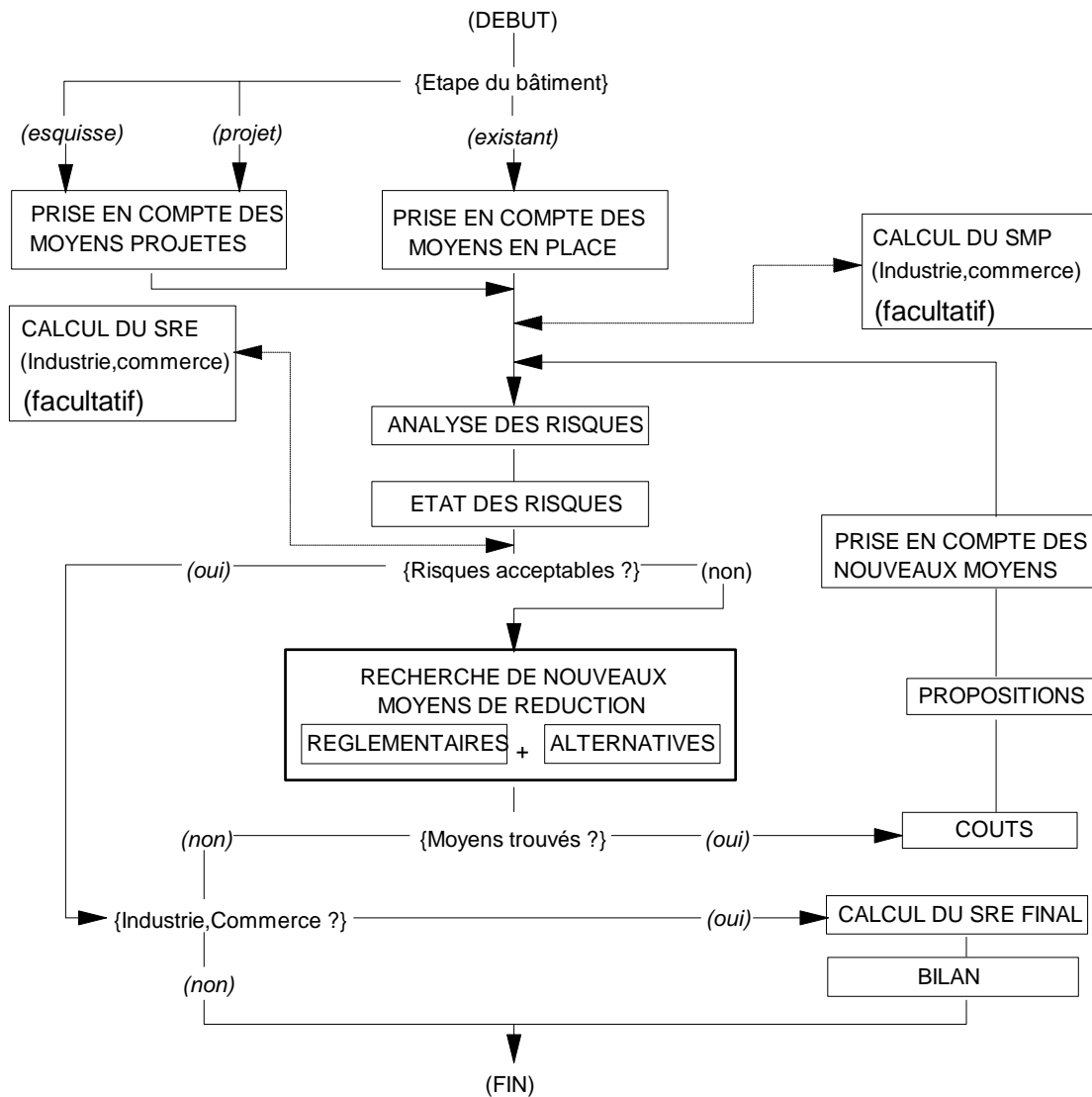


fig. I/9. Méthode globale d'étude de la sécurité incendie

## I.3.4 Les contraintes

### I.3.4.1 Les contraintes de la multi-expertise

Si l'extraction a lieu en groupe, un certain nombre de problèmes peuvent être rencontrés au niveau des interactions entre experts.

D'abord, ceux qui sont psychologiquement plus forts peuvent empêcher d'autres de s'exprimer pleinement [31-COOPER]. C'est une source potentielle de remises en question tardives.

D'un autre côté, s'il n'y a pas eu inhibition, des débats interminables peuvent s'établir avant d'arriver au consensus. Pour aplanir cette difficulté, le nombre qui nous a paru

fonctionner est de trois experts par groupe. Cela permet d'avoir plus rapidement le consensus, quitte à soumettre ensuite les résultats aux autres experts pour jugement.

Les points sur lesquels le consensus ne peut être trouvé peuvent exiger la coexistence au sein de la méthode de plusieurs sources de connaissances pour résoudre un même problème. Ce type de situation exige alors la recherche de méta-connaissances qui permettront de savoir, dans une situation donnée, laquelle de ces sources il vaut mieux utiliser. Si de telles méta-connaissances ne sont pas mises à jour, ce sera à l'utilisateur de trancher. Mais on peut se demander sur quoi il va s'appuyer pour choisir. Dans le cas où il s'agit d'un conflit « réglementation/méthode scientifique », l'utilisateur qui veut faire une approche réglementaire donnera priorité aux sources réglementaires. Dans les autres cas, la question reste ouverte.

Le corollaire de ces observations est que l'outil informatique qui sert de support à la méthode doit permettre la gestion claire de ces différentes sources de connaissances pour la résolution d'un même problème.

### **I.3.4.2 Spécifications pour un outil informatique**

La complexité de la méthode globale nous a tout de suite fait penser que la meilleure façon de démontrer ses potentialités est d'en faire un outil informatique. Nous avons établi, avec l'aide des experts, le cahier des charges de cet outil. Il s'agit d'un document de 116 pages que nous ne pouvons pas inclure ici en entier. Nous allons donc en donner les éléments essentiels.

---

#### *Partie A : SPECIFICATIONS PURES*

Les spécifications pures sont des exigences liées à la performance et à l'environnement de l'outil.

C'est à ce niveau que l'on trouve :

- la formulation des objectifs (utilisateurs, tâche générale),
- la liste des fonctions (sous-problèmes, schéma de fonctionnement),
- les performances (temps de résolution, interactivité),
- les limites (du domaine, du raisonnement, des explications),
- les états dégradés acceptables (données par défaut, imprécises),
- les contraintes de ressource (délais, matériel, acquis à utiliser),
- les interfaçages (avec des systèmes d'information, d'autres outils),
- les parties à ne jamais modifier (langages d'interface),
- les parties susceptibles d'être modifiées (connaissances, explications),
- les types de modification probables,
- les points de validation dans la conception (jeux d'essai, dates),
- les réponses aux événements exceptionnels,
- la maintenance.

L'utilisateur prévu est un professionnel du bâtiment formé à la sécurité incendie, ce qui va du maître d'ouvrage au chargé de sécurité de l'entreprise, en passant par le maître d'œuvre.

En ce qui concerne le matériel visé, un micro-ordinateur compatible IBM/AT avec 512 Ko a été retenu. Ce choix s'explique par la volonté d'atteindre un large éventail de professionnels du bâtiment.

Il est également spécifié que les experts devraient pouvoir accéder aux connaissances sans l'aide d'un informaticien.

En ce qui concerne les sous-problèmes, un exemple de spécification est donné à la figure 10.

**SP8**      **PERTES**

Il faut que :

**1. Compte soit tenu :**

- des modèles :    SP1 pour les références au bâtiment  
                          SP9 pour savoir la politique financière actuelle
- des conclusions de :    SP2 pour connaître les points sensibles  
                                  SP5 pour connaître les points dangereux

**2. Les pertes soient :**

- typées (exemples : type direct, type indirect)
- listées par type
- évaluées (en coût monétaire si possible)

**3. Il existe un modèle de propagation du sinistre**

- dans l'espace physique
- dans celui des activités
- dans celui des flux

Ce modèle doit pouvoir être utilisé en simulation.

... / ...

*fig. I/10. Exemple de spécification du système de sécurité incendie*



---

## *Partie B : PRINCIPES DE SOLUTION*

Les principes de solution sont des exigences liées à la compétence de l'outil. Ils doivent être en accord avec les spécifications pures d'une part et les possibilités techniques d'autre part.

A ce niveau, on trouve pour chaque fonction du logiciel :

- les données à utiliser,
- les résultats voulus,
- les types d'opérateurs acceptables pour la transformation des données en résultats,
- les types d'opérateurs à éviter pour la transformation des données en résultats.

Le mode de collecte et le document utilisé pour la collecte des principes de solution sont précisés dans les annexes B et C.

### **I.3.5 Intérêts d'une concrétisation par système expert**

#### **I.3.5.1 Intérêts généraux**

---

##### *Les conditions pour un système expert*

A l'analyse, la plupart des conditions généralement requises [32-BONNET, 29-HAYES-ROTH, 33-FEIGENBAUM] pour tenter la réalisation d'un système expert sont remplies :

- le problème n'est pas résolu de manière satisfaisante par les méthodes algorithmiques par manque de formalisation,
- il comporte de nombreux paramètres de nature symbolique,
- la connaissance est en cours de synthèse,
- il y a un désir d'intégrer la connaissance de plusieurs experts,
- il existe des experts humains prêts à délivrer leurs connaissances,
- il y a beaucoup de combinaisons à explorer, mais les solutions raisonnables sont peu nombreuses,
- les commanditaires de la méthode informatisée ont affirmé que même avec un système qui ne fait qu'attirer l'attention de l'utilisateur sur certains problèmes, le service rendu serait déjà appréciable.

---

##### *Les avantages généraux*

Les premiers avantages découlent directement de la technique même des systèmes experts :

- la séparation des connaissances du mécanisme de contrôle permet non seulement une mise à jour plus facile des connaissances [13-FARRENY], mais en facilite l'accès pour l'utilisateur.

– l'accès aux connaissances confère un caractère pédagogique au système, même s'il ne s'agit pas d'enseignement assisté par ordinateur proprement dit.

– la possibilité des systèmes experts d'expliquer les buts immédiats et la stratégie générale assure une utilisation plus raisonnable des connaissances. Le système n'est plus une boîte noire dont les résultats doivent faire l'objet de problématiques interprétations [34-BENCHIMOL]. Cela permet d'avoir un profil d'utilisateur assez large.

### **I.3.5.2 Intérêts spécifiques à la méthode globale**

#### Massivité de la connaissance existante

Lorsqu'on a le souci de ne pas tomber dans des simplifications excessives la somme des connaissances élémentaires nécessaire à une analyse couvre les champs d'expérience de plusieurs experts (architecte, ingénieur civil, assureur, risk-manager...). Les systèmes multi-experts permettent de diminuer la complexité par la mise en coopération de multiples modules [12-LAASRI].

#### Connaissances en cours d'élaboration

Les connaissances n'évoluent pas rapidement en matière de sécurité incendie. Mais le manque de formalisme engendre le besoin d'élaborer et de tester de nouvelles techniques. De sorte qu'il n'est pas toujours judicieux de les figer dans des approches algorithmiques. Dans une approche par système multi-expert, on peut toujours remplacer une base de connaissances par une autre.

Par ailleurs, il est indispensable d'exercer une extrême prudence à l'égard de cette situation de connaissances en cours d'élaboration. C'est l'une des principales sources de déconvenues en matière de systèmes experts [32-BONNET, 35-BOBROW].

#### Diversité des sources de connaissances

Du fait de la multiplicité des intervenants, les connaissances n'ont pas un caractère uniforme. Il faut pouvoir mélanger des appréciations subjectives avec des méthodes mathématiques. Là encore, la technique des systèmes experts apporte des éléments de solution appréciables [11-GLEIZES, 12-LAASRI].

## **I.3.6 Conclusion**

L'approche globale de la sécurité incendie repose sur le souci d'intégrer des connaissances de divers intervenants afin d'obtenir une meilleure sécurité du bâtiment face à l'incendie.

Pour y parvenir, il a fallu dresser le bilan des connaissances disponibles en termes de leur localisation et de leurs formes. Il a fallu également considérer des connaissances non disponibles qui sont beaucoup plus des souhaits que des manières de faire explicites.

Une fois ces éléments établis, il fallait définir les notions de risque et de seuils de risque, les méthodes d'évaluation et de réduction souhaitées. Ce cahier des charges est ensuite complété par un ensemble de spécifications pour la réalisation d'un outil informatique démonstrateur.

Cette présentation en forme de souhait est due au fait que l'approche globale est innovante. En conséquence, nous ne pouvions pas établir avec certitude la praticabilité des exigences du cahier des charges.

## **I.4 Conclusion de la première partie**

Un bref survol des caractéristiques du domaine de la sécurité incendie nous a permis de mettre en évidence le caractère fragmentaire du domaine et les difficultés qui en découlent dans la pratique. Sur la base de ces éléments, nous avons proposé quelques principes pour une méthode globale d'étude de la sécurité incendie dès la conception du bâtiment. Ces principes sont la coordination des intervenants, l'intégration de diverses sources de connaissances, la simplification des modèles physiques, l'utilisation de niveaux de détails dans la description du bâtiment, le choix d'un nombre limité de champs d'action et l'établissement de contraintes qualitatives sur les connaissances.

Nous avons ensuite décrit en détail la méthode globale d'étude de la sécurité incendie de bâtiments. Cette méthode se distingue par la séparation des connaissances liées à la recherche des facteurs de risque de celles qui sont liées la réduction de ces facteurs.

Pour prendre en compte le côté novateur de la méthode globale, le besoin de faire coopérer plusieurs sources de connaissances, nous avons dû établir des méthodes permettant d'identifier, d'extraire ou de créer, d'exploiter ces connaissances. Les méthodes sont regroupées dans la partie II, le résultat de leur application dans la partie III, les outils dans la partie IV.

# **PARTIE II**

## **SEMOGRAPHIE**

**ou un modèle sémantique pour la construction des systèmes experts**

La méthode globale d'étude de la sécurité incendie de bâtiments repose sur la possibilité de mettre en coordination de multiples sources de connaissances. Dès lors se pose le problème de l'existence même de ces sources de connaissances ainsi que de leur qualité. Le réalisateur d'une telle méthode a besoin d'un arsenal théorique qui lui permette de statuer rapidement et efficacement sur ces problèmes. Cela signifie que pour aboutir à des résultats exploitables dans le temps qui lui est imparti, il doit éviter à la fois les tâtonnements et les simplifications abusives.

Dans cette partie, nous proposons un outil théorique dont la prétention est au moins d'éviter que ce réalisateur soit surpris. Nous décrivons une méthodologie que nous désignons par sémographie et dont la clé de voûte peut se résumer par le mot anticipation : anticipation de la forme des connaissances, anticipation de la structure des objets manipulés.

## II.0 Introduction à la sémographie

### II.0.1 Qu'est-ce qu'un sème ?

En linguistique, le sème est une unité de sens plus petite que le mot [36-SABAH]. Suivant les auteurs, il peut se renommer : trait sémantique, primitive sémantique, atome de sens...

Il est évident que le sème vraiment élémentaire est inaccessible. Car il faudrait lui trouver un mot renvoyant à une image mentale non décomposable. Il y a donc un arbitraire consensuel dans la définition des sèmes, le consensus étant entre celui qui les définit et celui qui admet de leur accorder le sens proposé.

Par exemple dans SABAH [36], on trouve la correspondance suivante :

*CUBE* : nom concret, objet physique, équidimensionnel...

Les éléments situés à droite des deux points sont les atomes de sens pour le mot cube. Cela suppose que le lecteur sache déjà le sens de *nom*, de *concret*, etc.

### II.0.2 Qu'est-ce que la sémographie ?

La sémographie est censée donner d'un domaine d'expertise un modèle sémique (collection de sèmes) des connaissances, des raisonnements et de la structuration des objets du discours. Elle procure un ensemble de points de repère à partir desquels l'ingénieur de la connaissance va essayer de bâtir un système homomorphe aux représentations mentales (statiques et dynamiques) de l'expert. La sémographie indique les techniques couramment utilisées pour capter les sèmes du domaine ainsi que les problèmes pour lesquels on ne connaît pas de solution satisfaisante ou pas de solution du tout.

La sémographie couvre tout le champ de l'acquisition des connaissances. Nous distinguons l'acquisition des connaissances de l'extraction des connaissances. La seconde consiste à analyser le discours de l'expert pour y prélever les éléments modélisables. La première est plus vaste et englobe aussi bien l'extraction que les processus incitatifs destinés à

provoquer le discours. Cet aspect relève pour une grande part de l'ergonomie cognitive [37-PIAGET], une discipline qui se préoccupe davantage de l'intelligence de la tâche que de son environnement.

Il ne faut pas confondre le profil sémographique (collection des sèmes) d'un domaine avec un modèle conceptuel particulier de ce domaine. Le second n'est qu'une instance partielle de la première parce qu'on n'y trouve pas le processus qui a permis d'obtenir le modèle conceptuel. En revanche, un modèle conceptuel est plus spécifique et plus structuré qu'une collection de sèmes.

### II.0.3 Pourquoi la sémographie ?

Un sème est alimenté principalement par l'expérience [37-PIAGET]. Et celle-ci est vécue à travers les canaux des cinq sens de l'homme. L'organisation des sèmes par le cerveau peut conduire à des configurations capables d'en faire apparaître d'autres. Ce sont là des processus non élucidés. Le point essentiel est de trouver quelques-unes de ces configurations [38-MORIN].

Les ordinateurs actuels, ayant des canaux d'entrées très différents et assez rudimentaires par rapport à ceux de l'homme, sont incapables de saisir tous les sèmes liés à une situation et encore moins toutes leurs configurations. Goûter une boisson fait intervenir la saveur, la densité, le moelleux, la chaleur, le récipient, l'état mental avant, pendant et après cette action. Toutes choses qui ne sont pas le lot des ordinateurs actuels.

Face à la complexité de la sémantique, les modèles en restent souvent à l'analyse syntaxique du discours. Et souvent, par souci de généralité, on s'interdit d'introduire de la sémantique dans les formalismes de représentation des connaissances.

Il y a certes des travaux axés sur l'introduction de la sémantique dans des modèles de structuration d'un univers de discours et des modèles du discours lui-même.

En ce qui concerne la structuration des objets du discours, nous pouvons citer :

- les réseaux sémantiques ;
- STEP : standard of the exchange of Product Data ;
- GARM : General AEC Reference Model (où AEC = Architecture, Engineering, Construction) ;
- PDES : Product Data Exchange Specification.

Ce sont des modèles destinés à faciliter l'échange de données entre applications.

Pour la modélisation du discours lui-même, il y a les modèles basés sur les représentations mentales [39-SABAH] :

- Sémantique du discours de KAMP (Discours Representation Structures),
- Espaces mentaux de FAUCONNIER,
- Univers de croyance de MARTIN.

Il y a les méthodes d'extraction de la connaissance :

- KOD de VOGEL [40] (Knowledge Oriented Design),
- KADS [41-SCHREIBER].

L'utilisation de ces techniques et méthodes ne tend pas à se généraliser soit par manque de standardisation, soit à cause de leur trop grande complexité par rapport au problème à traiter. Il s'ensuit que les outils informatiques destinés à leur mise en oeuvre ne tendent pas à se banaliser. En terme de matériel, leur emploi nécessite au moins une station de travail. De plus, mis à part les modèles linguistiques, il leur manque un niveau d'abstraction fondamental. Ils essayent de répondre à la question « *Quel est le moyen le plus adapté pour acquérir les connaissances ?* », laissant de côté la question préalable « *Quelles connaissances faut-il acquérir ?* »

La sémographie cherche à répondre à ces questions pour un domaine d'expertise donné. Elle observe la distinction entre l'univers du discours et le discours lui-même. C'est important. Par exemple : en conception, si le produit conçu peut toujours être représenté par un plan hiérarchique, ce n'est pas toujours le cas pour l'activité déployée pour sa conception [42-BISSERET].

La modélisation du discours que nous proposons comporte deux parties :

- une partie statique, reposant sur une définition de classes et de catégories de problèmes ayant des caractéristiques précises. Elle indique aussi les techniques permettant de tenir compte de ces caractéristiques dans la représentation des connaissances.
- une partie dynamique, méthode d'acquisition des connaissances prenant en compte les interactions avec l'expert, les comportements de l'ingénieur de la connaissance susceptibles de provoquer chez l'expert la délivrance naturelle de sa connaissance.

Notons que le fait d'avoir des problèmes classés ne doit pas être vu comme un cadre dont il est interdit de sortir. Il s'agit uniquement d'un ensemble d'indicateurs. Une fois que l'ingénieur de la connaissance pense avoir identifié la catégorie d'un problème, les caractéristiques de la catégorie lui permettent d'orienter son comportement et ses questions à l'expert sur des aspects précis. Suivant les réponses de l'expert, il pourra constater qu'il faut changer de catégorie ou que le profil sémographique qu'il avait du domaine est incomplet.

*Par exemple, si un expert en sécurité incendie nous dit qu'il va **concevoir** un système de protection, grâce au profil sémographique de l'activité de conception (cf. II.3), nous nous attendons à ce qu'il procède par sélection et évaluation de buts. Nos questions viseront prioritairement à découvrir ces buts, ces méthodes de sélection et d'évaluation.*

*Par contre, si un expert de la sécurité incendie nous dit qu'il va **estimer** la possibilité de déclenchement d'un incendie, la sémographie de la prédiction oriente prioritairement nos attentes vers des raisonnements contingents. Nos questions seront formulées de manière à identifier les données nécessaires, le degré de confiance que l'expert leur accorde de même que le crédit qu'il accorde à ses propres conclusions.*

Bien entendu, ces anticipations sur les informations à chercher n'empêchent pas l'expert de procéder de manière inattendue. Il peut toujours se présenter des situations d'innovation. C'est ainsi que le profil sémographique du domaine s'enrichit ou se renouvelle.

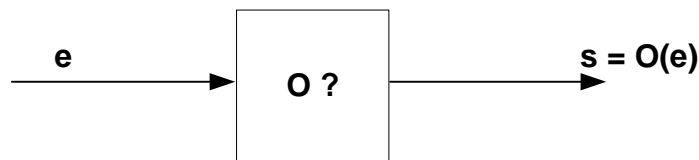
Dans cette partie nous présentons :

- La sémographie structurelle qui apporte les modèles d'organisation des objets d'un univers de discours. Elle traite aussi de l'auto-organisation grâce à laquelle une exploitation plus souple des modèles d'organisation peut être obtenue.
- La sémographie computationnelle qui apporte les modèles des traitements réalisés sur l'univers du discours. Il s'agit donc des modèles du discours lui-même grâce auxquels l'ingénieur de la connaissance peut préparer ses interviews avant d'aller à la rencontre de l'expert.

## II.1 Sémographie computationnelle

### II.1.0 Introduction

La sémographie computationnelle est celle de la résolution des problèmes. Avant tout, il nous faut établir les critères de caractérisation des problèmes. On peut toujours supposer que dans une situation problématique il existe ou on cherche un opérateur (O) qui lorsqu'on lui fournit des entrées (e) rend des sorties (s).



*fig. II/1. Modèle cognitif*

Dans ce cas, le problème peut se caractériser à partir d'un ensemble d'attributs relatifs :

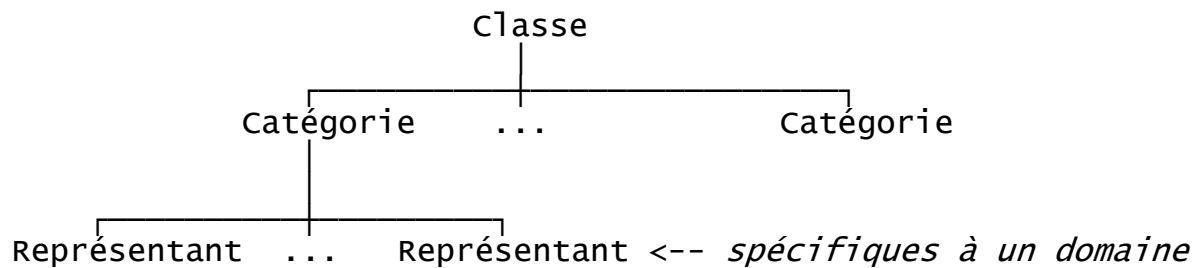
- **Aux données manipulées** (e) qui sont propres à un cas particulier. C'est le cas des données fournies par un utilisateur et des déductions intermédiaires qui en résultent.
- **Aux connaissances** (O) mises en jeu au cours de cette manipulation. Il s'agit du savoir d'un expert.
- **Au raisonnement** (O) qui est la manière d'appliquer les connaissances (invocation, mise en attente...). Raisonnement et connaissance sont interdépendants. Le savoir-faire d'un expert fait partie des raisonnements possibles.
- **Aux solutions** (s), déductions terminales à exploiter ailleurs que dans la situation problématique courante.



A côté de ces éléments, il en existe d'autres qui sont d'un niveau plus abstrait et sont relatifs à la fois à **e**, **O** et **s**. Il s'agit de la **classe** du problème et de sa **catégorie** dans la classe en question.

### II.1.1 Classes et catégories de problèmes

Les problèmes peuvent être regroupés hiérarchiquement en classes, catégories, représentants. Chaque échelon correspond à un niveau conceptuel plus élevé que son successeur, le plus bas étant souvent spécifique à un domaine.



On en distingue, en général, trois classes de problèmes :

- Les problèmes d'analyse [7-NEWELL & SIMON, 30-LE MOIGNE, 10-WALLISER] dont l'approche est à dominante cognitive. L'analyste part, en général, d'un système pour aboutir à un modèle. Pour cela, il observe son fonctionnement et ses évolutions dans un environnement donné, met en évidence d'éventuelles finalités, puis infère la structure susceptible de rendre compte de ses observations : c'est le modèle. Le plus souvent, il essaiera de décomposer le système en sous-systèmes pour se faciliter la tâche, mais au prix de l'introduction d'une erreur de diviso.
- Les problèmes de synthèse [7-NEWELL & SIMON, 30-LE MOIGNE, 10-WALLISER] dont l'approche est à dominante normative. Le « synthétiste » part, en général, d'un modèle pour aboutir à un système. Il considère des finalités souhaitées pour le système à construire ou à modifier, tient compte des contraintes d'environnement, esquisse une structure grossière, la fait fonctionner, puis évolue dans l'environnement afin de vérifier ses fonctionnalités et sa stabilité. Le plus souvent il, essaiera d'agréger divers sous-modèles, mais au prix de l'introduction d'une erreur de composito.
- Les problèmes mixtes dont l'approche consiste à mélanger analyse et synthèse. Celle-ci se chargeant d'une partie du problème, celle-là du reste.

Le tableau suivant montre quelques exemples de catégories.

<b>CLASSES</b>	<b>CATEGORIES</b>	<b>EXPLICATIONS</b>
	<i>Diagnostic</i>	Détermination des causes du dysfonctionnement d'un système. Plus généralement, choisir parmi des objets faiblement liés. C'est la prise en compte des interactions entre sous-systèmes qui permet de localiser les défaillances.
<b>ANALYSE</b>		
	<i>Interprétation</i>	Analyser un ensemble de données (on dit signaux) et en déduire leur signification.
	<i>Surveillance</i>	Interpréter continuellement une série de signaux en vue d'opérer, de déclencher une intervention (corrective) si nécessaire.
	<i>Planification</i>	Construire des agencements spatiaux ou temporels d'objets. Très souvent, il faut faire des prédictions pour tenir compte de conflits pouvant résulter des conséquences de certaines actions.
<b>SYNTHESE</b>		
	<i>Conception</i>	Recherche, sous contraintes, d'un système finalisé pour un environnement donné.
	<i>Prédiction</i>	Anticiper l'état futur d'un système à partir d'une modélisation du passé et du présent.
	<i>Thérapie</i>	Prescrire des remèdes à un dysfonctionnement d'un système. Il faut disposer d'un diagnostic dont on déduira les remèdes et leur ordonnancement.
<b>MIXTE</b>		
= <b>ANALYSE</b>	<i>Formation</i>	Transmission de connaissances à un système. Il faut disposer d'un modèle d'aptitude de ce dernier afin d'étudier ses réactions et changer de stratégie le cas échéant.
+ <b>SYNTHESE</b>	<i>Configuration</i>	Traiter un système (même en devenir) de manière à l'amener dans un état décrit par des spécifications (ou plans).
	<i>Maintenance</i>	Exécuter un plan pour étendre la structure d'un système ou remédier à ses défaillances.

	<b>Simulation</b>	Utilisation d'un modèle prévisionnel de manière décisionnelle. On essaie de prévoir le comportement d'un système sur une certaine période sous l'influence des variables d'entrées et de paramètres quelconques.
--	-------------------	--

Tab. II/1 Classes et catégories de problèmes

Si l'on admet qu'une décision repose essentiellement sur la possibilité de choix entre des éléments préalablement élaborés en tenant compte des finalités du décideur, l'aide à la décision appartient à la classe des problèmes mixtes.

Le tableau suivant présente quelques exemples de représentants.

<b>CATEGORIES</b>	<b>REPRESENTANTS</b>
<b>Diagnostic</b>	Diagnostic de pannes, Diagnostic médical, Verdict juridique.
<b>Conception</b>	Conception de textes, Conception de logiciels, Conception architecturale, Conception de scénarios interactifs, Conception de machines outils.
<b>Planification</b>	Planification des tâches de conception, Planification des travaux d'un bâtiment.
<b>Prédiction</b>	Prévision météorologique, Prévision d'un risque, Etablissement d'un budget prévisionnel.
<b>Simulation</b>	Simulation du développement d'un incendie dans un local, Simulation du comportement d'une structure à un séisme.
<b>Thérapie</b>	Trouver les solutions pour éliminer sainement un bug dans un logiciel une fois qu'il a été identifié (après diagnostic).

Tab. II/2 Représentants de catégories de problèmes

Notons que dans les cas réels, il y a presque toujours mélange de catégories. C'est le cas de la conception qui comporte nécessairement une phase de planification des tâches de conception [43-44-MOSTOW, 45-KALAY]. L'intérêt de la catégorisation réside dans la mise en évidence des attributs de chaque catégorie prise de manière isolée. Ce sont ces attributs qui serviront de guides à l'ingénieur de la connaissance lors de ses interactions avec l'expert.

On peut organiser ces attributs en un ensemble de fiches signalétiques comportant des descriptions plus formelles que les brèves explications que nous avons fournies

précédemment. Donnons quelques exemples de ces fiches pour les catégories suivantes : diagnostic, interprétation, planification, conception prédiction, thérapie.

<b>DIAGNOSTIC</b>
<b><i>Données</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Il faut un modèle de la structure du système étudié,</li> <li>– Parfois inaccessibles. Ce qui est une source d'incomplétude.</li> </ul>
<b><i>Raisonnement</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Par tentatives.</li> </ul>
<b><i>Espace des solutions</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Discret,</li> <li>– Fini, même s'il peut être très large.</li> </ul>

*Tab. II/3 Extrait signalétique d'un problème de diagnostic*

<b>INTERPRETATION</b>
<b><i>Données</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Incomplétude,</li> <li>– Inconsistance,</li> <li>– Incertitude.</li> </ul>
<b><i>Raisonnement</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nécessite d'être expliqué, car les chaînes de raisonnement sont souvent très longues ;</li> <li>– Par tentatives ;</li> <li>– Non monotone ;</li> <li>– Doit être aussi complet que possible, n'écartant des solutions que lorsque cela est pleinement justifié ;</li> <li>– Souvent plausible, d'où la nécessité de conserver la trace des croyances hypothétiques.</li> </ul>
<b><i>Espace des solutions</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Continu,</li> <li>– Large.</li> </ul>

*Tab. II/4 Extrait signalétique d'un problème d'interprétation*

<b>PLANIFICATION</b>
<b><i>Données</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Concernent en partie le futur,</li> <li>– Incertitude induite par la prise en compte du futur,</li> <li>– Incomplétude.</li> </ul>
<b><i>Raisonnement</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Par tentatives,</li> <li>– Contingent,</li> <li>– Non monotone à cause de son aspect contingent.</li> </ul>
<b><i>Espace des solutions</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Large, mais le nombre de solutions raisonnables est restreint ;</li> <li>– On peut l'abstraire à cause de l'effet d'échelle.</li> </ul>

*Tab. II/5 Extrait signalétique d'un problème de planification*

<b>CONCEPTION</b>
<b><i>Données</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Contraintes de sources diverses ;</li> <li>– Souvent, il faut tenir compte de relations spatiales (distance, forme...) ;</li> <li>– Souvent certaines, à cause du caractère normatif de l'activité de conception.</li> </ul>
<b><i>Raisonnement</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Par tentatives. Parce qu'on ne peut pas évaluer <i>a priori</i> toutes les conséquences d'une décision ;</li> <li>– Mélange le strict et le plausible.</li> </ul>
<b><i>Espace des solutions</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Large, mais le nombre de solutions raisonnables est restreint ;</li> <li>– Continu ;</li> <li>– On peut l'abstraire à cause de l'effet d'échelle.</li> </ul>

*Tab. II/6 Extrait signalétique d'un problème de conception*

<b>PREDICTION</b>
<b><i>Données</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Concernent le présent, le passé et le futur (multiples futurs),</li> <li>– Incertitude,</li> <li>– Imprécision,</li> <li>– Incomplétude,</li> <li>– De sources (donc de types) multiples.</li> </ul>
<b><i>Raisonnement</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Contingent, car le futur lointain peut dépendre d'événements proches mais imprévisibles. Mais cette contingence ne débouche pas nécessairement sur la non-monotonie.</li> </ul>
<b><i>Espace des solutions</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Souvent restreint et discret lorsqu'il s'agit de prédiction d'un événement à caractère logique (ie. il aura lieu ou n'aura pas lieu).</li> <li>– Par contre, il peut être continu si la prédiction porte sur l'état le plus probable d'un système à états (ex. : système météorologique).</li> </ul>

*Tab. II/7 Extrait signalétique d'un problème de prédiction*

<b>THERAPIE</b>
<b><i>Données</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Certitude et précision</li> </ul>
<b><i>Raisonnement</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Séquentiel, sauf s'il faut tenir compte des réactions du système à la thérapie. Dans ce dernier cas, il convient de veiller à ce que les remèdes prescrits ne fassent pas apparaître d'autres dysfonctionnements (effets secondaires).</li> </ul>
<b><i>Espace des solutions</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Discret et fini, car, en général, à chaque diagnostic est associé un ensemble déterminé de thérapies.</li> </ul>

*Tab. II/8 Extrait signalétique d'un problème de thérapie*

## II.1.2 Caractérisation des problèmes

### II.1.2.1 Aspects liés aux données

Les données peuvent avoir diverses propriétés :

<b>PROPRIETE/ PROPRIETE INVERSE</b>	<b>EXPLICATIONS</b>	<b>EXEMPLES ET REFERENCES</b>
<i>Certaines/ Incertaines</i>	Incertitude sur des valeurs venant de capteurs ou de l'utilisateur	VM [29] Surveillance d'une tente à oxygène.
<i>Précises/ Imprécises</i>	Les valeurs ne sont pas identifiables de manière unique (domaine flou)	PROSPECTOR [29] Prospection minière
<i>Consistantes/ Inconsistantes</i>	Incohérences à surveiller	SAM [46] Diagnostic médical
<i>Complètes/ Incomplètes</i>	A compléter avant raisonnement. Ex. : Données venant de questionnaires	SAM [46] Diagnostic médical
<i>Statiques/ Dynamiques</i>	Situations changeantes	VM [29]
<i>Source unique/ Sources multiples</i>	Coopération de spécialistes	HEARSAY [29] Reconnaissance de la parole
<i>Numériques/ Symboliques</i>	Existence d'échelles nominales, de symboles	(la majorité des systèmes basés sur LISP, PROLOG...)
<i>Quantitatif/ Qualitatif</i>	Raisonnement sur des tendances	(EDF-SNARK) [47] Physique qualitative
<i>Granulaires/ Structurées (ou descriptives)</i>	Existence d'objets complexes, de Morphologies, de Situations à décrire	CRITTER [48] Conception de circuits VLSI
<i>Nivelées/ Dénivelées</i>	Cas de relations entre des entités, de propriétés sur des entités élémentaires faisant intervenir le temps ou l'espace	IDABES [49] Conception (APS) du système de chauffage. Autres refs : [50, 51, 52, 53]
<i>Faible quantité/ Quantité massive</i>	Données venant de capteurs sans échantillonnage ou en échantillonnage serré	SIAP [29] Surveillance côtière

Tab. II/9 Propriétés possibles des données d'un problème

### II.1.2.2 Aspects liés aux connaissances

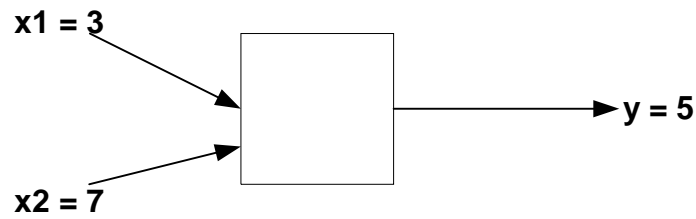
<b>PROPRIETE/ PROPRIETE INVERSE</b>	<b>EXPLICATIONS</b>	<b>EXEMPLES ET REFERENCES</b>
<i>Certaines/ Incertaines</i>	La vérité de la connaissance n'est pas totalement assurée.	MYCIN [13, 29] Diagnostic médical
<i>Précises/ Impécises</i>	Connaissance à portée diffuse, simplifiée. Diverses connaissances pour un même problème, sans qu'il y ait des éléments permettant d'en choisir une plutôt qu'une autre à un instant donné.	[55, 56] (Systèmes situés au niveau de la recherche : Comportement cognitif autonome, opportunisme,..)
<i>Procédurales/ Déclaratives</i>	Empirisme et granularité.	(tout système à connaissances incrémentales [13, 28])
<i>Nivelées/ Dénivelées</i>	Connaissance sur la connaissance (méta-connaissance).	MYCIN [13, 29]
<i>Statiques/ Dynamiques</i>	Modification de la connaissance (apprentissage).	(tout système à connaissances évolutives)
<i>Quantité faible/ Quantité massive</i>	Nécessité de factorisation (par prédicats), compilation.	XCON [35, 54] Configuration d'ordinateurs
<i>Strictes/ Qualitatives</i>	Les connaissances portent sur les domaines et les tendances des variables et non sur leurs valeurs exactes. Premiers principes.	EDF-SNARK [47] Physique qualitative : SOPHIE [35] Diagnostic et simulation qualitative de circuits intégrés.

Tab. II/10 Propriétés possibles des connaissances

#### A propos de Strictes/Qualitatives

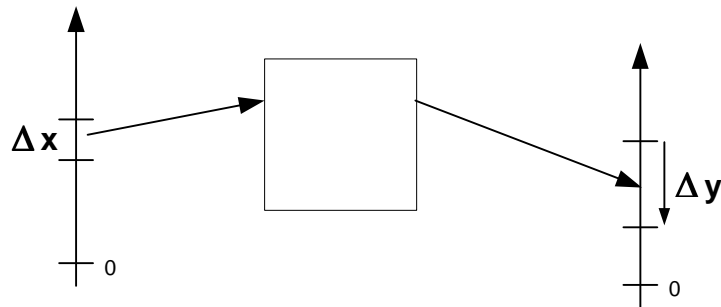
Les connaissances strictes admettent en entrée uniquement les valeurs précises des entités (ex. :  $x = 3$ , couleur = bleu). En sortie, les entités sont fournies sur une échelle à structure amorphe (nominale) ou cardinale (mesurable) dans laquelle on leur attribue une modalité (valeur) précise (numérique ou symbolique).





*fig. II/2. Connaissances strictes*

Pour les connaissances qualitatives, bien que les entités aient des modalités (valeurs) précises (numériques ou symboliques), on ne tient compte que leurs tendances (ex. :  $x$  augmente, couleur s'assombrit) et des sous-ensembles de leurs modalités. Les entités modifiées (constituant le résultat qualitatif) le sont dans une échelle ordinale sur laquelle on donne des sens de variation (ce qui fournit une classe de réponses).



*fig. II/3. Connaissances qualitatives*

Cette situation (Connaissances Strictes vs Connaissances Qualitatives) est tangente entre connaissance et raisonnement. En physique qualitative, par exemple, le mécanisme de raisonnement est partiellement connu puisque les tendances s'expriment par des dérivées des lois (Principes premiers) de la physique des phénomènes.

#### *A propos de Nivelées/Dénivelées*

La méta-connaissance (connaissances dénivelées) permet de guider le raisonnement :

- sélection des connaissances,
- recherche des buts prometteurs,
- sélection de spécialistes dans un modèle blackboard (à coopération de spécialistes).

Elle permet également d'augmenter la souplesse du processus d'inférence en offrant la possibilité d'exprimer la spécificité des stratégies de recherche propres au domaine d'application.

Remarquer que la méta-connaissance est liée au domaine d'expertise contrairement au méta-raisonnement.

### II.1.2.3 Aspects liés au raisonnement

<b>PROPRIETE/ PROPRIETE INVERSE</b>	<b>EXPLICATION DE LA PROPRIETE INVERSE</b>	<b>EXEMPLES ET [REFERENCES ]</b>
<i>Déductif/ Inductif</i>	Agrégation de cas particuliers pour généraliser.	[57, 58] (acquisition de connaissances)
<i>Objectif/ Subjectif</i>	Conclusions hypothétiques. Valeurs par défaut.	(la majorité des systèmes anticipants font des raisonnements subjectifs [10])
<i>Monotone/ Non monotone</i>	Révision de croyances.	[59]
<i>Strict/ Plausible</i>	Transposition, Extension de connaissances.	(systèmes basés sur la logique des possibilités, la logique floue [60, 61])
<i>Nivelé/ Dénivelé</i>	Méta-raisonnement.	[12, 55, 56]
<i>Monoligne/ Multiligne</i>	Plusieurs lignes à confronter.	SAM [46] Diagnostic médical
<i>Irrévocable/ Par tentatives</i>	Remise en question de l'application de certaines parties de la connaissance.	[13]

Tab. II/11 Propriétés possibles du raisonnement

#### A propos de Déductif/Inductif

Le raisonnement déductif suppose l'existence d'un modèle théorique préalable (règles, réseaux sémantiques, frames génériques) à partir duquel on dérive un modèle « empirique » (faits déduits, réseaux, frames instanciés) homomorphe à un système réel. Autrement dit, on spécialise des morceaux de connaissances préétablis afin de produire des entités nouvelles (du général au particulier).

Par contre, le raisonnement inductif effectue la synthèse de différents modèles « empiriques » afin d'obtenir un modèle théorique plus général. Certaines propriétés des modèles empiriques doivent être négligées et réintroduites par le biais d'hypothèses sur ces propriétés conduisant à plus de généralité. Autrement dit, on procède à la généralisation de cas particuliers. Le raisonnement inductif est lié à la notion d'apprentissage (du particulier au général).

### A propos de Objectif/Subjectif

Un raisonnement objectif s'en tient aux faits avérés uniquement. Il est non anticipant.

Le raisonnement subjectif fait intervenir des hypothèses arbitraires ou conventionnelles. Par exemple, on affecte des valeurs par défaut, on adopte des modes de résolution qui « semblent » convenir. Il s'agit d'un raisonnement anticipant. C'est-à-dire que l'état actuel de la ligne de raisonnement dépend de ses états futurs. Le « Raisonneur » prend des décisions du type : « *Si je veux appliquer le modèle de raisonnement M1 plus tard, je dois appliquer le modèle M2 maintenant.* »

### A propos de Monotone/Non monotone

Dans un raisonnement monotone, une fois que des croyances ou des faits sont établis, ils le restent jusqu'à la fin. Le raisonnement est non adaptatif.

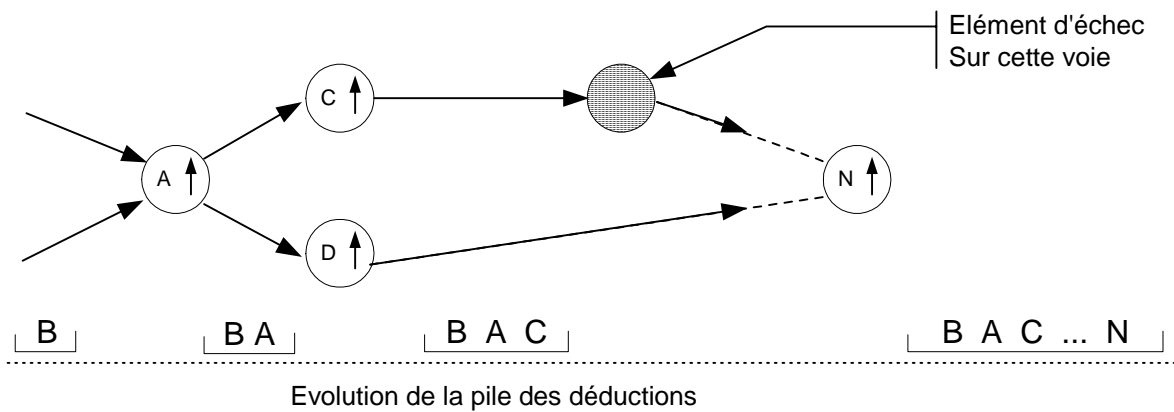


fig. II/4. Raisonnement monotone

Dans un raisonnement non monotone, les croyances peuvent être révisées. Le raisonnement est adaptatif.

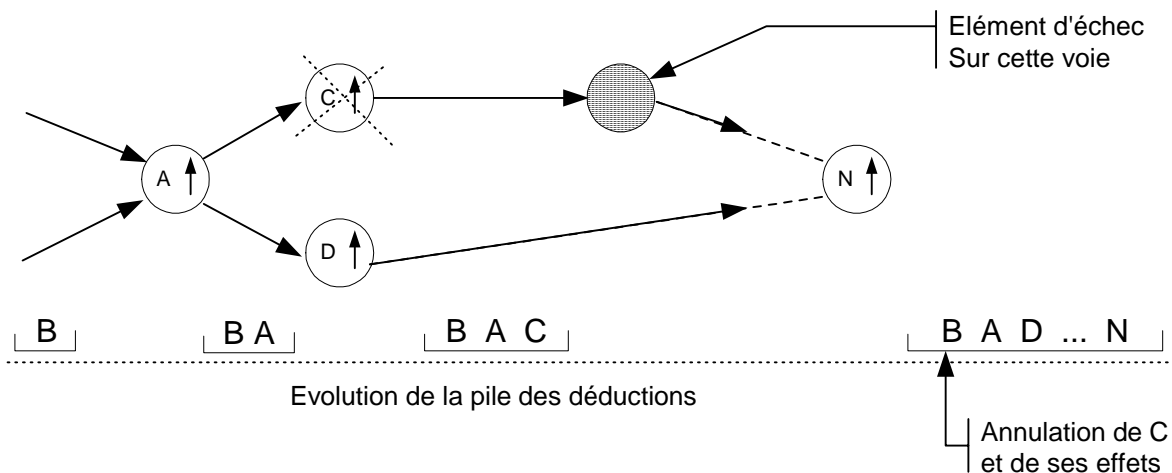


fig. II/5. Raisonnement non monotone

A propos de Strict/Plausible

Dans un raisonnement strict, les connaissances sont appliquées strictement dans leur domaine de validité.

Dès que l'on quitte ce cadre strict, le raisonnement n'est que plausible. On peut procéder par continuité, analogie [62-CARBONELL], pour citer les méthodes les plus courantes.

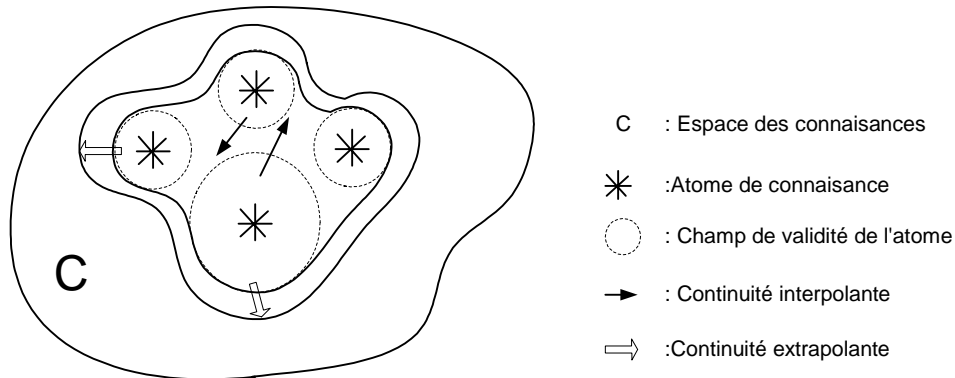


fig. II/6. Raisonnement par continuité

Le raisonnement par continuité est de la généralisation de modèle. On procède par extension de la validité des sous-modèles à des situations où ils n'ont pas été expérimentés.

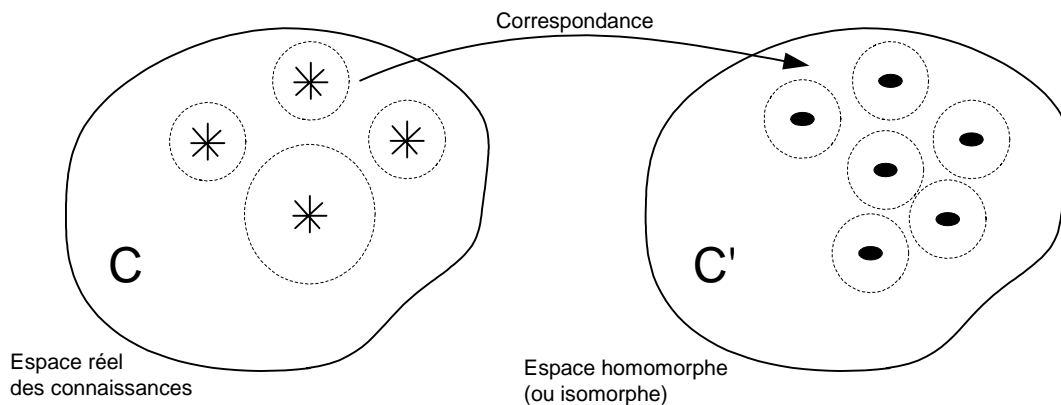


fig. II/7. Raisonnement par analogie

Le raisonnement par analogie est de la transposition de connaissances.

Plus l'espace des connaissances est **dense** et **étendu** (complétude), moins ces types de raisonnement sont nécessaires. Cependant, ils peuvent parfois être utiles pour faire économiser du temps de raisonnement.

Par exemple, en gestion d'algorithmes, il peut être intéressant de procéder par continuité pour minimiser le nombre de déroulements d'un algorithme en faisant des hypothèses sur les résultats à partir de l'amplitude des écarts sur les entrées.

De même, le raisonnement analogique peut être d'un grand secours si les connaissances dans C' (cf. fig.7) sont plus simples ou plus fiables (plus formalisées) que celles de C (malgré l'homomorphisme). Ainsi, en mécanique des sols, on fait appel à des principes de l'électricité pour étudier l'infiltration de l'eau au pied d'un barrage. L'analogie est possible parce qu'on peut considérer que dans les deux cas il s'agit de l'écoulement d'un fluide à travers un réseau de résistances.

### A propos de Nivelé/Dénivelé

Si le raisonnement ne « manipule » que les connaissances et éventuellement des faits, il est dit nivelé ou encore il reste à un seul niveau.

Le raisonnement est dit dénivelé s'il « manipule » à la fois les connaissances et le raisonnement. Le deuxième type de manipulation est le métaraisonnement. Ce dernier est nécessaire, au moins, pour permettre au « Raisonneur » d'expliquer son comportement ou les résultats obtenus.

### A propos de Monoligne/Multiligne

En monoligne, on ne procède que d'une seule façon pour aboutir à des résultats.

En multiligne, plusieurs types de raisonnement sont menés en parallèle. Par exemple pour détecter des incohérences dans les données, le système SAM [46-GASCUEL] conduit deux raisonnements en parallèle : un en logique ternaire, un en logique binaire.

Les systèmes à recherche incomplète (ex. : HEARSAY-III [13-FARRENY]) utilisent également parfois cette combinaison pour éviter la perte de solutions.

### A propos de Irréversible/Par tentatives

Le raisonnement irréversible est direct, séquentiel. Le système, une fois engagé dans une voie, ne peut plus faire marche arrière quoi qu'il arrive. Donc avant de changer d'étape, il est indispensable que toutes les données nécessaires à l'étape suivante existent. Sinon il y a blocage.

Lorsque le « Raisonneur » raisonne par tentatives, il se réserve la possibilité de remettre en cause certaines « décisions ». Ces retours arrière n'ont pas lieu uniquement en cas de blocage. Ils peuvent être utilisés systématiquement pour produire toutes les solutions possibles.

Si le raisonnement est par tentatives, il vaut mieux qu'il soit aussi non monotone. Sinon il peut en résulter des états momentanément incohérents de la base de faits. C'est-à-dire que

des faits peuvent continuer à exister alors que les connaissances qui les avaient générés sont remises en cause (remises à l'état de non-utilisation).

### II.1.2.4 L'espace des solutions

Trois facteurs doivent être considérés :

— **L'étendue** : restreinte ou large

La taille de l'espace des solutions est estimée à partir du temps nécessaire à l'obtention d'une solution. Le nombre « magique » à retenir est  $10!$ . Si une solution nécessite  $25 \times 10^{-3}$ s, alors  $10!$  solutions demanderont 25 heures.

Remarquons que le nombre  $10!$  n'est pas exagéré. Pour un système caractérisé par 10 variables pouvant prendre 10 valeurs, le nombre de configurations possibles est de  $10^{10}$ . Avec  $25 \times 10^{-3}$ s pour établir une configuration, le temps d'établissement de toutes les configurations serait de 8 ans.

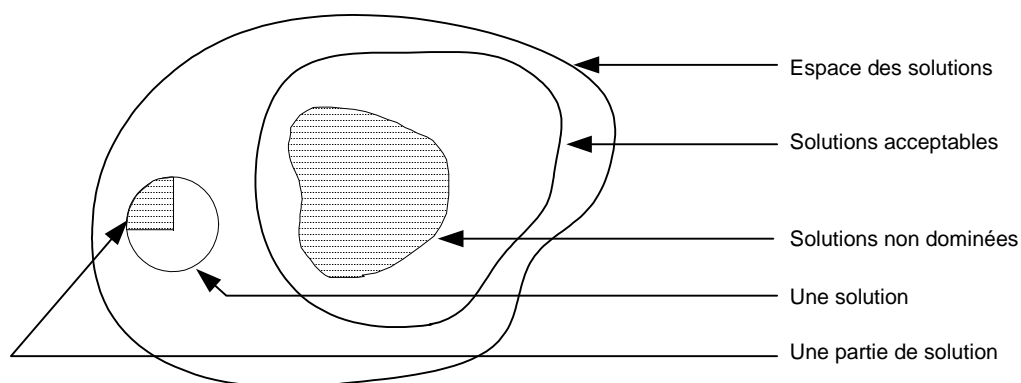
— **La structure** : discrète ou continue

La structure est discrète si le passage d'une solution à une autre s'effectue toujours par modification d'une variable discrète (ou considérée comme telle). Les structures discrètes sont favorables à l'obtention d'espaces des solutions dénombrables.

— **Les propriétés** :

. Espace **trieable** par classes hiérarchiques

Ce cas se présente lorsqu'on dispose de critères de tri permettant de savoir si une classe comporte des solutions acceptables sans être obligé d'analyser tous ses éléments.



*fig. II/8. Espace de solutions triable*

. Solutions partielles **concurrentes** ou **non concurrentes**. Deux solutions sont concurrentes si les effets de l'une atténuent ceux de l'autre. Elles résultent de sous-problèmes en interaction.

. Solutions partielles distribuables sur un **nombre fixe** ou sur un **nombre variable** de classes. Les premières sont issues d'une hiérarchie d'étapes de résolution et les secondes d'une hiérarchie de concepts.

## II.1.3 Résolution des problèmes

La résolution des problèmes est largement étudiée dans [9-SIMON, 7-NEWELL & SIMON, 62-CARBONELL]. Ce qui nous intéresse ici, c'est la mise en correspondance des techniques existantes avec notre classification.

### II.1.3.1 Types de remèdes par rapport aux données

CARACTERISTIQUES	REMEDES
<i>Incertitude</i>	Utilisation de coefficients de vraisemblance
<i>Imprécision</i>	Utilisation des ensembles flous
<i>Inconsistance</i>	On cherche à la mettre en évidence au cours du raisonnement : – soit par la recherche de sous-ensembles de croyances partiellement contradictoires, – soit par la confrontation de plusieurs lignes de raisonnements.
<i>Incomplétude</i>	On cherche à compléter les données : – soit par des hypothèses (assignation de valeurs par défaut) en cours de raisonnement, – soit en tirant partie des redondances avant l'utilisation.
<i>Dynamisme</i>	Utilisation de la méthode des situations. En gestion de situations, on considère chaque action comme une fonction de l'ensemble des situations (S) dans lui-même : $a : S \longrightarrow S$ $s_i \bullet \longrightarrow s_j = a(s_i)$ Pour chaque action, il doit exister un ensemble d'axiomes indiquant les assertions qui ne changent pas quand elle est exécutée.
<i>Sources multiples</i>	Utilisation du blackboard pour faire transiter les informations d'un spécialiste à un autre.
<i>Symbolique</i>	Les langages tels que LISP, PROLOG, SMALLTALK utilisent directement les symboles sans problème.

<i>Structurée</i>	Utilisation de réseaux sémantiques, frames, objets, scripts lorsqu'il faut décrire des entités structurées par des relations définitionnelles ou associatives. Lorsque les données sont granulaires une représentation du type <ENTITE> <ATTRIBUT> <VALEUR> suffit.
<i>Dénivelée</i>	Utilisation de structures relationnelles lorsqu'il faut manipuler à la fois les entités (niveau 0) et les relations entre entités qualifiées existentiellement ou universellement (niveau 1).
<i>Quantité massive</i>	Les bases de données constituent la meilleure technique pour représenter et accéder à des quantités considérables d'informations. Néanmoins, même les SGBD (Systèmes de Gestion de Bases de Données) relationnels les plus sophistiqués n'ont pas la flexibilité de langages orientés objets ou à bases de frames. Alors que ces derniers langages ne prévoient pas le stockage efficient de grandes quantités d'informations sur support externe.

Tab. II/12 Remèdes par rapport aux données

Remarques :

Lorsque les données sont certaines, précises, complètes, statiques :

- Le raisonnement monotone est possible. Car aucune contradiction n'est à craindre.
- Une seule ligne de raisonnement suffit. Il n'y a pas besoin de multiples arguments pour supporter une conclusion.
- Il n'y a pas besoin de métaconnaissance discriminatoire. Si plus d'une règle est applicable à un instant donné, l'ordre d'application ne joue pas. Il y a commutativité des règles.

Si de plus l'espace des solutions est restreint :

- l'utilisation du calcul des prédicats est possible,
- le retour arrière chronologique est possible.

### II.1.3.2 Types de remèdes par rapport aux connaissances

CARACTERISTIQUES	REMEDES
<i>Incertitude</i>	Utilisation de méthodes d'inférence non conventionnelles. Mais on peut utiliser des méthodes d'inférence exactes. Dans ce cas, on exploite la redondance des données pour détecter les erreurs éventuelles.
<i>Imprécision</i>	Utilisation de logique des possibilités (ou floue). Mais on peut utiliser des méthodes exactes. Ex. : modèle de



	révision des croyances ; les imprécisions sont prises en compte par la non-monotonie du modèle. Il faut avoir la possibilité de distribuer la conclusion d'une règle entre plusieurs actions. <i>Remarque :</i> En général, à données incertaines (resp. imprécises), correspondent des connaissances incertaines (resp. imprécises). Donc il n'est pas indispensable de distinguer les deux cas.
<i>Déclarative</i>	Utilisation d'une syntaxe modulaire (règles, propositions, construction incrémentielle de réseaux sémantiques, frames...).
<i>Quantité massive</i>	On utilise des techniques de compilation, de recherche de concepts sous-jacents pour factoriser la connaissance.
<i>Dynamique</i>	On utilise des techniques de maturation du programme par l'expérience. Généralement l'induction est la méthode utilisée [13, 28].
<i>Incomplétude</i>	Utilisation de processus d'apprentissage (ID <sub>3</sub> , AQ <sub>4</sub> , PRG) [58]

Tab. II/13 Remèdes par rapport aux connaissances

### II.1.3.3 Types de remèdes par rapport à l'espace des solutions

Plusieurs méthodes de recherche sont basées sur une appréciation préalable de la taille de l'espace des solutions [9-SIMON, 7-NEWELL & SIMON, 29-HAYES-ROTH, 28-WINSTON].

<i>Espace restreint</i>	L'explosion combinatoire n'étant pas à craindre, une <b>recherche exhaustive</b> des solutions peut être envisagée.
<i>Espace large</i>	On procède : – soit par une <b>recherche incomplète</b> basée sur l'élimination précoce de classes entières de solutions inacceptables, – soit par <b>abstraction</b> de l'espace de recherche.
<i>Espace discret</i>	On emploie un raisonnement strict.
<i>Espace continu</i>	On peut appliquer un raisonnement par continuité.
<i>Espace triable en classes hiérarchisées</i>	On peut employer la méthode : <b>GENERER ET TESTER</b> (voir détails ci-après)
<i>Solutions partielles</i>	On peut appliquer la méthode : <b>MATCH</b> .

<i>distribuables sur un nombre fixe de classes</i>	(voir détails ci-après)
<i>Solutions partielles distribuables sur un nombre variable de classes</i>	On peut utiliser la méthode : TOP-DOWN REFINEMENT. (détails ci-après)
<i>Solutions partielles concurrentes</i>	On peut appliquer la méthode : LEAST COMMITMENT (détails ci-après)

*Tab. II/14 Remèdes par rapport à l'espace des solutions*

*A propos de la méthode « Générer et tester »*

Pour mettre en oeuvre cette méthode, il faut :

- un générateur de solutions complet et non redondant,
- des critères de partition de l'espace des solutions afin d'élaguer rapidement les solutions inacceptables.

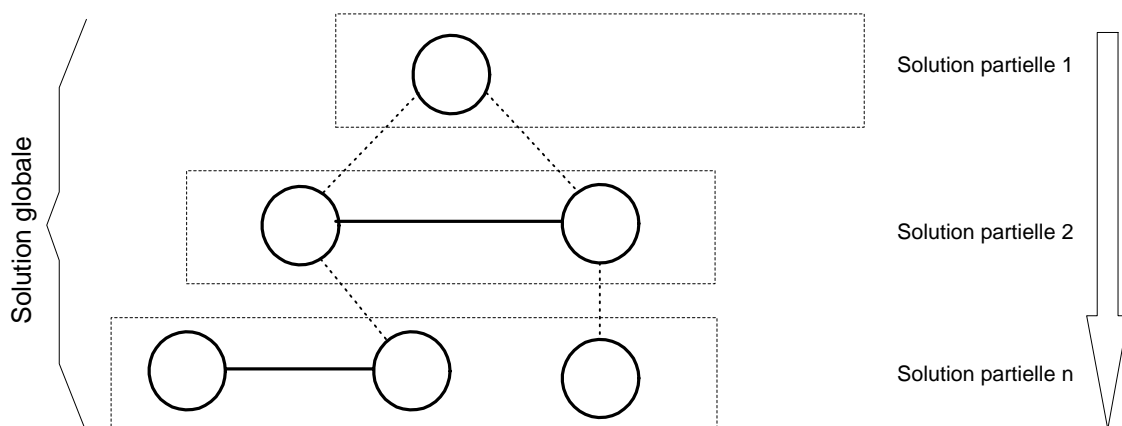
On comprend aisément que le générateur génère toutes les solutions possibles en rejetant le plus tôt possible celles qui sont inacceptables.

C'est une méthode de dernier ressort, applicable surtout en interprétation et en diagnostic.

*A propos de la méthode Match*

Il faut que le problème :

- permette de ne pas faire de retours en arrière,
- admette un ordre partiel sur les décisions de sorte que les conséquences d'un opérateur ne portent que sur le reste du problème.



*fig. II/9. Méthode Match*

A chaque étape, les actions possibles sont très variables.

A propos de la méthode Top-down.

Le principe de cette méthode est le suivant :

- 1°. Pour chaque problème, on dispose d'un ensemble d'entités abstraites (termes relatifs au problème)
- 2°. Durant la résolution, ces concepts représentent des solutions partielles qui sont évaluées et combinées
- 3°. Les concepts sont affectés de niveaux d'abstraction fixes et prédéterminés
- 4°. La résolution va du plus abstrait au plus spécifique
- 5°. On ne change pas de niveau avant d'avoir trouvé des solutions pour le niveau courant.
- 6°. A chaque niveau, les sous-problèmes sont traités de manière indépendante. (Ce qui crée un ordre fictif sur les sous-problèmes. Mais cet ordre n'est que partiel du fait qu'il n'intervient qu'à des niveaux intermédiaires).

Tab. II/14bis. Principe de la méthode Top-Down

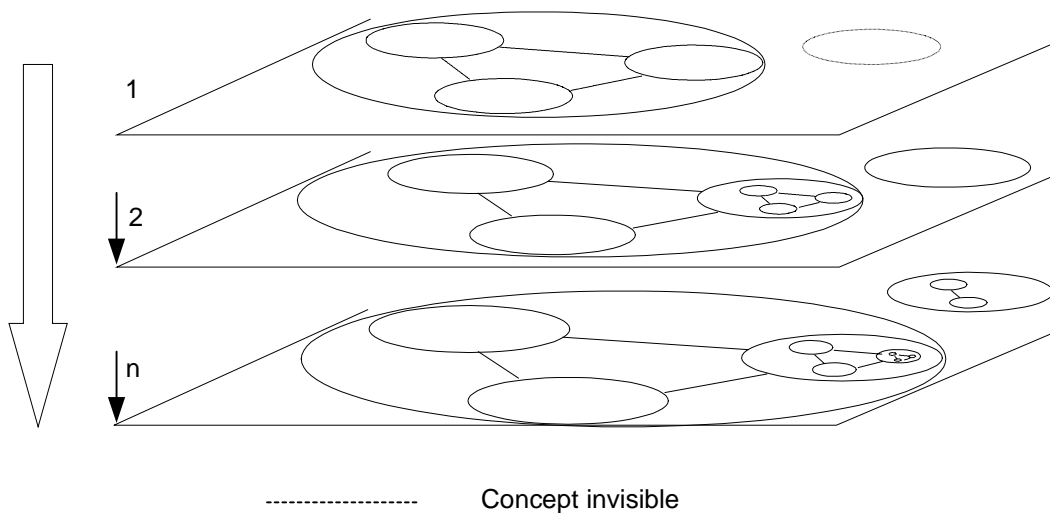


fig. II/10. Méthode Top-Down

A chaque étape, il n'y a que le niveau de détail qui change.

Signalons que cette méthode suppose le respect de quelques contraintes :

- Il faut trouver le nombre de niveaux adéquat pour un problème donné,

- Il doit exister un ordre partiel sur les concepts du domaine.

#### *A propos de la méthode « Least commitment »*

Contrairement à la méthode TOP-DOWN, on considère qu'il ne sera pas toujours possible de prendre les mêmes types de décision au même endroit (le niveau). Il faut donc pouvoir mettre certaines décisions en veilleuse jusqu'à ce qu'on dispose de la quantité d'informations suffisante. La méthode est basée sur :

- la capacité de savoir quand on a assez d'informations pour décider,
- celle de suspendre la résolution d'un sous-problème quand on n'a pas assez d'informations,
- celle de reprendre la résolution d'un sous-problème quand de nouvelles informations sont obtenues,
- celle de combiner des informations à propos de différents sous-problèmes

Cette méthode peut se bloquer à mi-chemin s'il y a plusieurs options à discriminer et qu'il n'existe aucune raison valable de choisir l'une d'elles. Toutes sont donc remises à plus tard.

### **II.1.3.4 Autres remèdes**

#### *Le raisonnement plausible*

Ce type de raisonnement est utilisé pour :

- amorcer un raisonnement hypothétique,
- éliminer de potentiels blocages d'un mécanisme d'interprétation,
- accélérer la convergence du raisonnement global vers les bonnes solutions même quand les solutions sont rares.

Il est cependant difficile d'identifier les mauvaises hypothèses afin de recommencer le processus à partir d'elles.

#### *Combinaison de modes de représentation des connaissances*

Pour augmenter l'efficacité des interpréteurs, diverses techniques ont été expérimentées [63-RAULT] :

- L'utilisation de **structures de données spécialisées** est une technique courante. L'idée majeure est de faire en sorte que les informations soient arrangées suivant la façon dont elles vont être utilisées pour en faciliter l'accès. On peut :

- . regrouper les informations utilisées ensemble,
- . adopter des structures analogiques (isomorphes au monde représenté).

Mais les systèmes utilisant des combinaisons de représentations des connaissances ne sont pas très bien compris.

- La **compilation des connaissances** est aussi une technique courante.
- L'**économie cognitive** consiste à faire en sorte que ce soit le système qui change de mode de représentation de manière automatique, en déterminant la meilleure représentation possible pour un problème donné. Mais là, c'est le domaine de la recherche.

## II.1.4 Conclusion

Les éléments de ce chapitre constituent le memento de l'ingénieur de la connaissance. C'est un ensemble de clés qui lui permettent de détecter rapidement les situations problématiques difficiles.

Nous avons décrit la sémographie computationnelle qui donne une collection de sèmes utilisés en résolution des problèmes. D'abord, quelques aspects des données, des connaissances, de l'espace des solutions et du raisonnement sont présentés. Ensuite, nous avons indiqué des techniques, concernant les-dits aspects et qui servent à faciliter l'obtention d'une bonne solution en un temps acceptable.

Ce memento ne nous dit pas cependant comment procède l'ingénieur de la connaissance. De toute évidence, les notions présentées ici ne sont pas forcément familières aux experts qu'il va interviewer. Il ne s'agit pas de leur demander s'ils procèdent par « Top-Down », par « Générer et Tester », etc. Il faut leur permettre, les inciter à le dire dans leur langage particulier. C'est le rôle des méthodes d'acquisition, surtout celles basées sur l'ergonomie cognitive, de donner l'encadrement des sèmes listés. Cela est considéré en II.4.

Pour l'instant, nous allons aborder un autre chapitre qui concerne plus précisément les objets du discours de l'expert dans le cas où ce dernier raisonne sur des objets complexes structurés : la sémographie structurale.

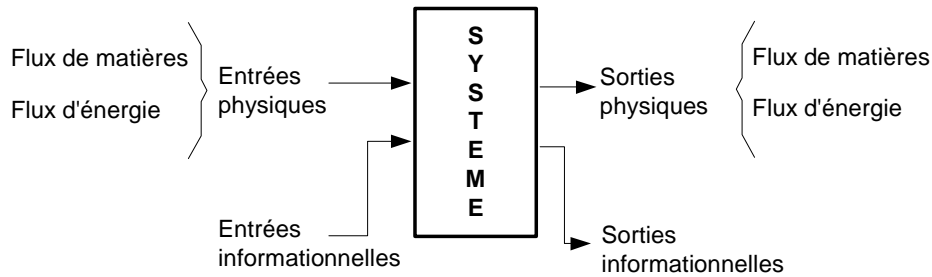
## II.2 Sémographie de la structuration

### II.2.0 Introduction

Au point II.1, nous avons décrit un ensemble d'anticipations qu'il est possible de réaliser sur les connaissances. Nous allons en faire de même sur la structure des objets du discours, c'est-à-dire des systèmes qui expliquent l'existence de ces connaissances.

L'analyse systémique, support de notre démarche, est souvent menée de deux manières :

- Dans la première approche, l'objet du discours (le système) est considéré dans sa globalité. Il est alors décrit par un ensemble de variables d'entrées-sorties et d'état s'il s'agit d'un système à états. A ce niveau, le système est considéré comme une boîte noire, un transformateur dont il n'est pas nécessaire de connaître les mécanismes internes pour l'étudier (système quasi-isolé [10-WALLISER]).



*fig. II/11. Système quasi-isolé*

– Dans une autre vision, l'objet du discours apparaît comme organisation de sous-systèmes, eux-mêmes pouvant être considérés comme quasi-isolés et étudiés suivant la première approche. Les sous-systèmes sont alors décrits de la même manière par des variables. On établit alors des correspondances entre variables de sous-systèmes et variables de systèmes afin d'exprimer le comportement global en fonction des comportements individuels.

Pour les études de comportement d'un système, l'utilisation de variables est tout à fait adaptée [30-LE MOIGNE]. Dans ce contexte, les concepts d'actions, d'interactions et d'effets des interactions entre sous-systèmes sont pris en compte à travers les correspondances entre variables.

En général, avant d'aborder les études de comportement, il est nécessaire d'étudier l'organisation spatio-temporelle des sous-systèmes [64-TARDIEU]. Ce sont des études qui dépendent beaucoup de l'observateur. C'est à ce niveau que les notions de relations, inter-relations interviennent. Ces relations sont souvent les canaux des interactions.

Pour la clarté de ce texte, nous distinguons le mot interaction qui renvoie à une idée de comportement du mot relation qui renvoie à l'idée d'organisation. Notre but est de construire deux modèles d'organisation de systèmes :

– un modèle logico-mathématique de la structuration, sorte de méta-modèle conceptuel qui offre une caractérisation globale des entités et relations à prendre en compte dans un modèle conceptuel. Des points de vue généraux sont proposés ainsi que les propriétés associées. Utilisé en extraction des connaissances, ce modèle devrait faciliter la compréhension et la représentation de l'univers du discours de l'expert.

– un modèle iconique de la structuration. Basé sur le modèle logico-mathématique, il doit en permettre une exploitation commode. Sa caractéristique principale est l'auto-organisation, tant du point de vue de la génération d'entités que de celui de leur agencement. Ce qui devrait permettre la description à moindre frais de la structure d'un système lors de l'exploitation des connaissances.

## **POURQUOI CES MODELES ?**

Dans la description d'un sous-système à l'aide de variables, on peut toujours ajouter des variables spéciales qui sont des pointeurs vers d'autres sous-systèmes, établissant ainsi des

liens organisationnels [64-65-TARDIEU, 53-ADIBA]. Le premier inconvénient de ce procédé est que seul le modélisateur connaît la sémantique de ces pointeurs. La plupart des langages ou environnements informatiques utilisés ne fournissent aucun support de gestion de tels liens. Le modélisateur est alors obligé d'écrire un ensemble de méthodes pour assurer cette gestion. Le deuxième inconvénient est l'absence de standardisation des liens et des méthodes les gérant. Il s'ensuit des problèmes de communicabilité, entre modèles de modélisateurs différents, surtout à cause des différences de sémantique [52-ABITEBOUL].

De plus, dans beaucoup d'applications actuelles, l'utilisateur est obligé de tout décrire. Il n'y a pas la possibilité de faire des descriptions « flash » d'un système. Alors que nous savons que lorsqu'un humain est familiarisé avec un type de système, il lui suffit d'un coup d'œil pour l'appréhender et souvent de quelques mots pour le décrire à un autre humain déjà familiarisé avec le même type de système.

Le modèle iconique devrait permettre ces descriptions « flash » grâce à l'intégration de connaissances sur la structuration du système. A titre d'exemples, à propos du système bâtiment, les éléments suivants sont immédiats.

- . *Si un bâtiment a plus d'un niveau, alors il doit y avoir un escalier.*
- . *S'il y a plus de quatre locaux à un niveau, alors il peut y avoir un couloir.*
- . *S'il y a plus de quatre niveaux, alors il peut y avoir un ascenseur.*
- . *Lorsqu'il y a des escaliers et des couloirs, ces derniers sont reliés aux premiers.*
- . *Un local a au moins une porte.*
- . *Si le local est au rez-de-chaussée, la porte peut donner sur l'extérieur.*
- . *Si le local n'est pas au rez-de-chaussée, la porte peut donner sur un couloir.*
- . *Un local a au moins une fenêtre.*
- . *Deux locaux appartenant au même niveau et contigus sont séparés par une cloison.*
- . *Deux locaux appartenant à deux niveaux successifs et positionnés l'un au-dessus de l'autre sont séparés par un plancher.*
- .

D'autres éléments peuvent servir à enrichir le modèle iconique :

– des valeurs initiales pour les attributs de certains types d'objet :

- . *Un étage a 2.5 m de haut.*
- . *Une porte fait en général 0.90 m de large, 1.85 m de haut.*
- .

– la possibilité de faire certaines opérations telles que :

- . la création (ou l'élimination) de sous-systèmes, avec les conséquences que ces opérations impliquent,
- . le regroupement (ou la partition) de sous-systèmes,
- . la substitution de sous-systèmes,
- . la modification des attributs des sous-systèmes.

## II.2.1 Le modèle logico-mathématique de la structuration

### II.2.1.1 Principe général

Le modèle logico-mathématique regroupe un ensemble d'abstractions supposées élémentaires à partir desquelles des abstractions plus complexes peuvent être formées dans le cadre d'un modèle conceptuel. Par abstraction, nous entendons point de vue d'un observateur du système.

Nous nous plaçons dans le cadre des systèmes quasi-décomposables. Il y a donc un univers du discours  $U_D$  constitué d'entités  $E_i$  et un ensemble  $\mathbf{R}$  de relations structurelles entre les  $E_i$ . Ce cadre est complété par les axiomes suivants :

#### a) *Finitude*

$U_D$  et  $\mathbf{R}$  sont considérés comme finis dénombrables.

#### b) *Complétude*

La structure de toute vue admissible pour  $U_D$  peut être décrite à partir de  $U_D$  et  $\mathbf{R}$ . L'admissibilité d'une vue relève de la conformité à l'état de l'art (habitudes des experts et utilisateurs de  $U_D$ ). La notion de vue est une extension des notions d'infra-système et d'hypo-système [10-WALLISER].

En général, tant que les experts arrivent à s'exprimer dans le cadre fixé par  $U_D$  et  $\mathbf{R}$ , on peut admettre que la complétude est atteinte. Ce qui n'exclut pas la possibilité d'incomplétude pour d'autres observateurs.

#### c) *Non-réductibilité*

Tout élément de  $\mathbf{R}$  est utile. C'est-à-dire que :

$$\forall r \in \mathbf{R} \quad \exists E_i, E_j \in U_D \quad \text{tq} \quad E_j = r(E_i)$$

et  $r$  est unique sémantiquement pour  $E_i, E_j$ .

#### d) *Redondance*

Toute relation est inversible :

$$\begin{aligned} \forall r \in \mathbf{R} \quad \exists E_i, E_j \in U_D \quad \text{tq} \quad E_j = r(E_i) \\ \Rightarrow \exists r^{-1} \in \mathbf{R} \quad \text{tq} \quad E_i = r^{-1}(E_j) \end{aligned}$$



En d'autres termes, chaque entité est informée des relations qu'elle entretient avec les autres.

### II.2.1.2 Rôles

Suivant les points de vue considérés, nous allons définir un certain nombre de rôles pour les systèmes et sous-systèmes. Le modèle comportera les sept points de vue suivants avec les rôles associés.

Points de vue	Rôles
MP Morphologie	Système, sous-système, organe, monolithe
TX Taxonomie	Classeur, sous-classeur, instanceur
HC Hiérarchie causale	Géniteur, descendant
HA Hiérarchie acausale	Implicateur, contracteur
SM Symétrie	Eco-système
AS Association	Co-système
MD Médiation	Vecteur

*Tab. II/15 Points de vue et rôles structurels*

L'exploitation des rôles dans un modèle conceptuel conduit directement à des fonctions réalisant des opérations d'extraction et de composition de vues.

### II.2.1.3 Description des points de vue

#### II.2.1.3.1 Le point de vue « Morphologie »

A partir de ce point de vue, l'observateur cherche une hiérarchie d'emboîtement de systèmes et sous-systèmes. Cela permet de considérer le système à des niveaux de détails différents selon les besoins.

##### II.2.1.3.1.1 Définition de la relation morphologique

On considère une relation  $M$  de  $U_D$  dans  $\mathcal{P}(U_D)$ .

$$M : U_D \longrightarrow \mathcal{P}(U_D)$$

$$E_i \bullet \longrightarrow F = M(E_i)$$

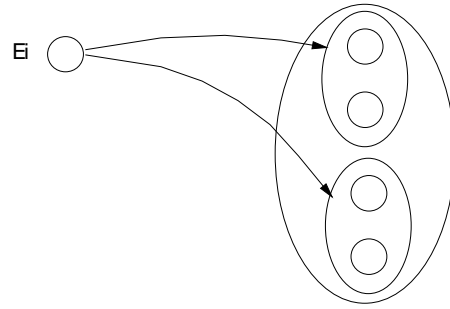


fig. II/12. Relation morphologique

Cette relation est dite morphologique si elle vérifie les propriétés suivantes.

a)  $M$  est multivoque et  $M^{-1}$  est localement univoque.

L'application de  $M$  à  $E_i$  renvoie toujours une partie  $F$  de  $U_D$  et l'application de  $M^{-1}$  à  $F$  ou une partie de  $F$  donne toujours  $E_i$ .

- .  $\forall F_j \in F \quad F_j \neq E_i$
- .  $F$  comporte au moins deux éléments ( $F = \{F_j\} \quad j \geq 2$ )

Cela conduit à la non-réflexivité.

Si  $P_f$  est une partie de  $F$ , alors  $M^{-1}(P_f) = E_k \Rightarrow E_k = E_i$

$F$  est appelée décomposition ou vue morphologique de  $E_i$ .

b) *Transitivité*

Soient  $F = M(E_i)$  et  $F_j \in F$ .

Si  $G = \cup_j M(F_j)$ ,

alors  $M(E_i) = F \cup G$  est aussi une décomposition morphologique de  $E_i$ .

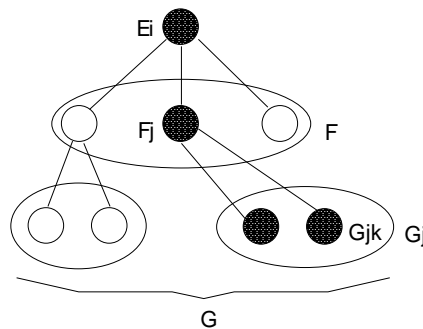


fig. II/13. Transitivité de la relation morphologique

Sur les singletons, on a :

$$\begin{array}{lcl} F_j \in M(E_i) & & M^{-1}(G_{jk}) = F_j \\ G_{jk} \in M(F_j) & \Rightarrow & M^{-1}(F_j) = E_i \\ & & M^{-1}(G_{jk}) = \{F_j, E_i\} \end{array}$$

La transitivité traduit le saut de vue morphologique. Suivant le niveau de détail choisi, le même  $E_i$  peut montrer des entités différentes. Les éléments de  $F$  sont dans la vue directement inférieure à celle où se situe  $E_i$  ; c'est pourquoi ils sont tous différents de  $E_i$ . L'univocité de  $M^{-1}$  ne concerne que deux niveaux de détails successifs ; c'est pourquoi elle est locale.

c) *Antisymétrie*

$$\begin{array}{l} \text{Soient} \quad F = M(E_i) \text{ et } F_j \in F \\ \quad \quad G = \cup_j M(F_j) \\ \\ \quad \quad E_i \notin G \end{array}$$

### II.2.1.3.1.2 Comportements et rôles morphologiques

La disparition de  $E_i$  implique celle de  $F$ .

Un élément de  $F$  ne peut pas exister si  $E_i$  n'existe pas.

Par contre, la disparition de tous les éléments de  $F$  n'implique pas celle de  $E_i$ , contrairement à ce qui se passe pour un système réel. Cela est dû au fait que le modèle tient compte de la possibilité de raisonner au niveau global ou au niveau des sous-systèmes.

Les éléments  $E_i$  de  $U_D$  tels que :

$$\begin{array}{l} M(E_i) \neq \{\} \\ M^{-1}(E_i) = \{\} \\ \text{sont appelés } \textit{systemes} \text{ par } M, \end{array}$$

– les éléments  $E_i$  de  $U_D$  tels que :

$$\begin{array}{l} M(E_i) \neq \{\} \\ M^{-1}(E_i) \neq \{\} \\ \text{sont appelés } \textit{sous-systemes} \text{ par } M, \end{array}$$

– les éléments  $E_i$  de  $U_D$  tels que :

$$\begin{array}{l} M(E_i) = \{\} \\ M^{-1}(E_i) \neq \{\} \\ \text{sont appelés } \textit{organes} \text{ par } M, \end{array}$$

– les éléments  $E_i$  de  $U_D$  tels que :

$$M(E_i) = \{\}$$

$M^{-1}(E_i) = \{ \}$   
sont appelés *monolithes* par M.

### II.2.1.3.1.3 Relations généralement concernées, fonctions

Dans un modèle conceptuel, la morphologie est parfois représentée par les relations :

- ... comprend .../... appartient à ...
- ... est composé de .../... est une partie de ...

et bien d'autres expressions évocatrices d'ensembles et d'éléments (de tout et de partie). Mais, comme nous l'avons signalé dans l'introduction, le plus souvent, des noms d'entités génériques sont utilisés comme pointeurs. Par exemple, dans la description d'un bâtiment, on peut trouver :

**BATIMENT** ; l'entité bâtiment  
 . Niveaux ; champ conservant la liste des niveaux du bâtiment  
 . Escaliers ; champ conservant la liste des escaliers du bâtiment  
 .  
 .

A l'élaboration d'un modèle conceptuel, la relation M peut être paramétrée de manière à obtenir une famille de relations morphologiques univoques. Il suffit de prendre pour paramètre les entités génériques  $g_k \in U_D$ . On aura donc des fonctions de la forme :

$$F = M(g_k, E_i)$$

Considérons, par exemple, les déclarations suivantes :

- *Un bâtiment est composé de niveaux.*
- *Un bâtiment est composé d'escaliers, d'ascenseurs.*
- *Un niveau est composé de locaux, couloirs.*

Définissons les fonctions *sous-systèmes* et *super-système* :

- *sous-systèmes( $C_1, C_2$ )* : renvoie les entités de type  $C_1$  comme décomposition de  $C_2$
- *super-système( $C_1, C_2$ )* : renvoie l'entité de type  $C_1$  ayant  $C_2$  dans l'une de ses décompositions

Exemples :

L1 = sous-systèmes(locaux, bâtiment) ; liste de tous les locaux, quel que soit leur niveau  
 LN = sous-systèmes(niveaux, bâtiment) ; liste des niveaux  
 L2 = sous-systèmes(locaux, niveau) ; liste des locaux d'un niveau  
 B = super-système(bâtiment, local) ; donne le bâtiment du local  
 N = super-système(niveau, local) ; donne le niveau du local.

### II.2.1.3.2 Le point de vue « Taxonomie »

A partir de ce point de vue, l'observateur recherche une hiérarchie de classes entre sous-systèmes. Pour cela, il effectue une analyse comparative de systèmes, consistant à mettre en évidence aussi bien des attributs communs que des comportements.

En classification, on cherche souvent à obtenir des classes :

- exclusives : tout système appartient à une seule classe.
- homogènes : tout système est en moyenne plus « proche » des systèmes de sa classe que d'autres systèmes. L'indice de distance se calcule à partir des attributs communs.
- exhaustives : tout système appartient à au moins une classe.

Dans notre taxonomie, seule cette dernière propriété est retenue parce que nous traitons des points de vue. Les classes résultent beaucoup plus des finalités du modélisateur que de constatations objectives. Lorsqu'on cherche à regrouper des entités à comportements communs, il suffit d'un comportement pour faire entrer une entité dans une classe ayant ce comportement. Il s'ensuit aussi qu'une entité peut appartenir à plusieurs classes.

#### II.2.1.3.2.1 Définition de la relation taxinomique

Une relation  $T$  de  $\mathcal{P}(U_D)$  dans  $\mathcal{P}(U_D)$  est dite taxinomique si elle vérifie les propriétés suivantes :

$$T : \mathcal{P}(U_D) \longrightarrow \mathcal{P}(U_D)$$

$$E \quad \bullet \longrightarrow F = T(E)$$

a)  $T$  et  $T^{-1}$  sont multivoques

L'application de  $T$  à  $E$  ou à un élément de  $E$  renvoie une partie  $F$  de  $U_D$  ayant une intersection nulle avec  $E$ .

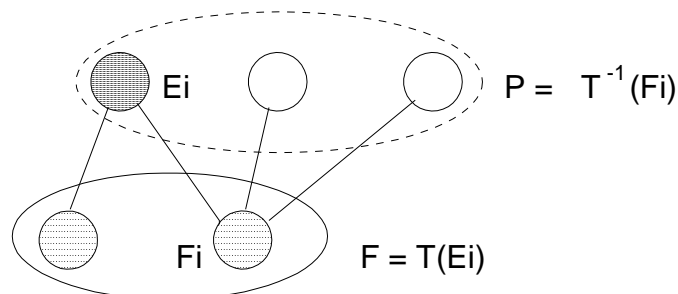


fig. II/14. Relation taxinomique

F est appelée vue taxinomique de E.

b) *Non-réflexivité*

$$F = T(E) \quad \Rightarrow \quad E \cap F = \{\}$$

L'application de T à une entité ne peut redonner cette entité.

Certaines relations taxinomiques pourraient être définies comme réflexives. Mais cela n'enrichit pas le modèle et amènerait des complications au niveau des modèles conceptuels basés sur un tel principe.

c) *Antisymétrie*

$$F = T(E) \quad \Rightarrow \quad E \cap T(F) = \{\}$$

d) *Transitivité*

$\forall E, F, G \in \mathcal{P}(U_D)$  tq  $F = T(E)$  et  $G = T(F)$  on a :

$$T(E) = F \cup T(F) = F \cup G$$

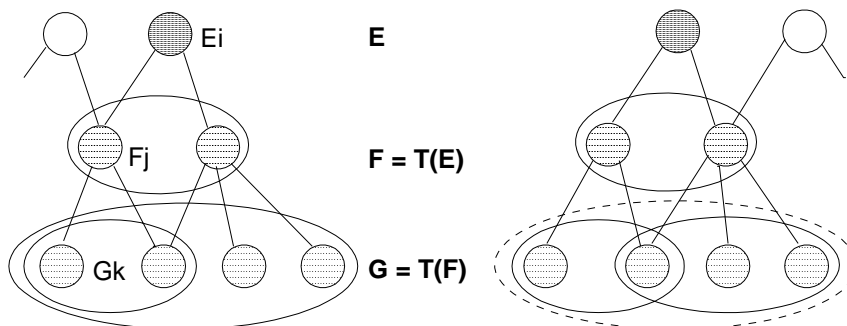


fig. II/15. *Transitivité de la relation taxinomique*

e) *Elément racine*

$$\begin{aligned} \exists O \in U_D \text{ tq} \quad & T(O) = U_D \\ & T^{-1}(O) = \{\} \\ \forall E \in \mathcal{P}(U_D) \quad & \text{on a } O \in T^{-1}(E) \\ & E \neq O \neq \{\} \end{aligned}$$

f) *Héritages*

Soit  $F = T(E)$ .

Héritage statique :

$\forall E_i \in E \text{ et } F_j \in F \quad \forall x \text{ attribut de } E_i \Rightarrow x \text{ est aussi attribut de } F_j$ .

Héritage dynamique :

$\forall E_i \in E \text{ et } F_j \in F$  ;

$\forall c$ , comportement de  $E_i$ ,  $\exists c'$ , comportement de  $F_j$  associé à  $c$ .

Si  $c' = c$ , alors il y a héritage fonctionnel.

Si  $c' \neq c$ , alors  $c'$  est la redéfinition du comportement  $c$  pour  $F_j$ .

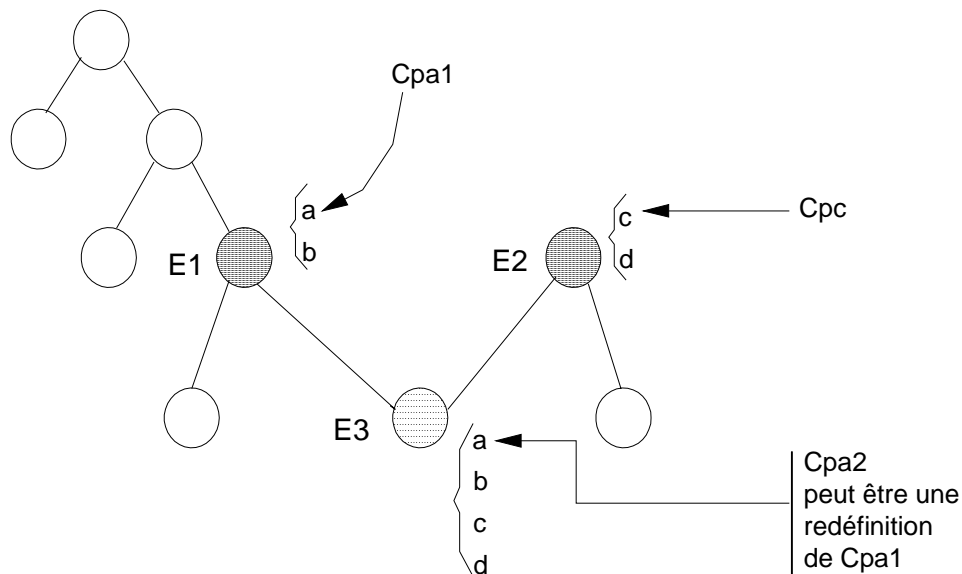


fig. II/16. Héritages statique et dynamique

$E_3$  hérite statiquement des attributs  $\{a, b\}$  de  $E_1$ ,  $\{c, d\}$  de  $E_2$ .

$E_3$  peut hériter dynamiquement du comportement  $C_{pa1}$  s'il n'est pas redéfini à son propre niveau (c'est le cas pour  $C_{pc}$ ).

#### II.2.1.3.2.2 Rôles taxonomiques

Soient  $E_i \in U_D$  et  $F = T(E_i)$ .

La disparition de  $E_i$  implique celle de  $F$ .

La disparition de tous les éléments de  $F$  n'implique pas celle de  $E_i$ .

Les éléments  $E_i$  de  $U_D$  tels que :

$$T^{-1}(E_i) = \{O\}$$

sont appelés *classeurs* (ou *classes*) par T.

Les éléments de F sont appelés *instanceurs* (ou *instances*) de  $E_i$  par T.

Les éléments  $E_i$  de  $U_D$  tels que :

$$T^{-1}(E_i) = \{O\}$$

sont appelés *sous-classeurs* (ou *sous-classes*).

### II.2.1.3.2.3 Relations généralement concernées

Dans un modèle conceptuel, les taxonomies sont souvent représentées par les relations :

- ... a pour sous-classes .../... est sous classe de...,
- ... a pour instances .../... est un ...,
- ... a pour prototypes .../... sorte de...

et bien d'autres expressions traduisant une idée de classes (d'équivalences), sous-classes plus spécialisées ou plus contraintes, de représentants.

Notre définition de la relation T conduit à un treillis sur les  $E_i$  de  $U_D$  du fait de la multivocité. L'exploitation de T s'effectuant essentiellement au niveau des héritages, il n'est pas indispensable de chercher l'univocité. Une règle de cohérence doit cependant être respectée au niveau des applications informatiques :

- Les entités supportant un héritage multiple ne doivent pas avoir des attributs du même nom. Dans un environnement informatique où les comportements sont exclusivement attachés aux attributs, cette condition suffit à assurer la cohérence des héritages statiques et dynamiques. Dans un environnement à méthodes il faudrait également que les noms de méthodes soient différents.

### II.2.1.3.3 Points de vue « Hiérarchies causales et acausales »

L'idée de hiérarchie causale renferme celle de recherche de dépendances existentielles autres que morphologiques entre sous-systèmes. C'est un type d'influence où un sous-système existe parce qu'un autre existe. Cela peut être considéré comme une influence de genèse.

Remarquer qu'une influence de ce type est unidirectionnelle. Les influences bidirectionnelles seraient un cas particulier de la causalité circulaire qui nous semble peu réaliste du point de vue de la structuration d'un système.

La hiérarchie acausale concerne les influences non existentielles. Des exemples sont *le contrôle* d'un sous-système par un autre, la circulation d'un *flux* entre deux sous-systèmes ou leur *position* respective dans un planning etc.



### II.2.1.3.3.1 Définition de la relation hiérarchique

Soit une relation  $H$  de  $U_D$  dans  $\mathcal{P}(U_D)$ .

$$\begin{aligned} H : U_D &\longrightarrow \mathcal{P}(U_D) \\ E_i &\bullet \longrightarrow F = H(E_i) \end{aligned}$$

Elle est dite hiérarchique si elle vérifie les propriétés suivantes :

a)  $H$  est univoque et  $H^{-1}$  est localement univoque

L'application de  $H$  à  $E_i$  renvoie toujours la même partie  $F$  de  $U_D$ . L'application de  $H^{-1}$  à  $F$  ou à une partie de  $F$  donne toujours  $E_i$ .

.  $F = \{F_j\}$  avec  $j \geq 1$

. si  $P_F$  est une partie de  $F$ ,  $H^{-1}(P_F) = E_K \Rightarrow E_K = E_i$

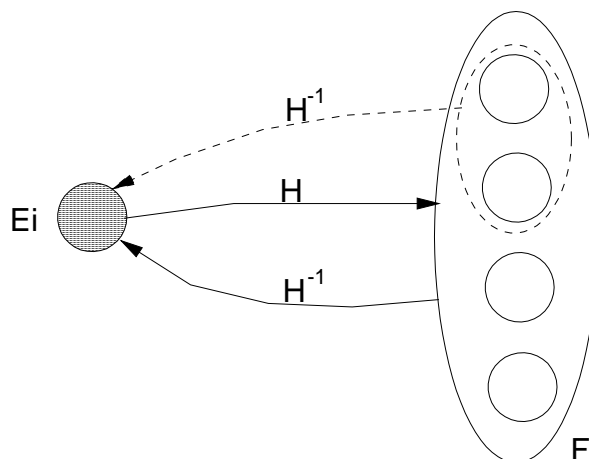


fig. II/17. Relation hiérarchique

$F$  est appelé vue hiérarchique sur  $U_D$  induite par  $E_i$ .

b) *Non-Réflexivité*

$$F = H(E_i) \Rightarrow \forall F_j \in F \quad \text{on a } F_j \neq E_i$$

c) *Antisymétrie*

$$F = H(E_i) \Rightarrow \forall F_j \in F \quad H(F_j) \neq E_i$$

#### d) Transitivité

Soient  $F = H(E_i)$  et  $F_j \in F$ .

Si  $G = \cup_j H(F_j)$ , alors  $H(E_i) = F \cup G$  est aussi une vue hiérarchique induite par  $E_i$ .

Comme pour la morphologie, la transitivité traduit le saut de vue hiérarchique. Et l'univocité de  $H^{-1}$  n'est valable qu'entre deux vues consécutives. Dans la pratique, on ne procède pas par vues successives. A partir d'un  $E_i$  on cherche directement les éléments du plus bas niveau possible que  $E_i$  influence.

#### II.2.1.3.3.2 Rôles et comportements hiérarchiques

Soit  $F = H(E_i)$ .

Si la disparition de  $E_i$  implique celle de tous les  $F_j \in F$ , alors :

- $H$  est dite hiérarchique causale,
- $E_i$  est appelé un *géniteur* de  $F_j$  et  $F_j$  un *descendant* de  $E_i$  par  $H$ ,
- un  $F_j$  ne peut exister si  $E_i$  n'existe pas.

Si la disparition de  $E_i$  n'affecte pas les  $F_j$ , alors :

- $H$  est dite hiérarchique acausale,
- $E_i$  est appelé *implicateur* de  $F_j$  et  $F_j$  un *contracteur* de  $E_i$  par  $H$ .

La disparition de tous les  $F_j$  de  $F$  n'a aucun effet sur  $E_i$ .

Mais dans une relation hiérarchique acausale, impicateurs et contracteurs sont indestructibles tant que la relation existe.

#### II.2.1.3.3.3 Relations généralement concernées

Dans un modèle conceptuel, la hiérarchie est souvent représentée par les relations suivantes.

Pour la hiérarchie causale :

- ... a pour solution technologique .../... est la solution technologique de ...,
- ... génère .../... est issue de ...,
- ... est au-dessous de .../... est au-dessus de ...,
- ... est la frontière de .../... a pour frontière...,

et bien d'autres relations traduisant une idée d'entités dont l'existence est conditionnée par l'existence d'autres entités.

Pour la hiérarchie acausale :

- ... contient .../... est dans ...,

- ... alimente .../... est alimenté par ...,
- ... informe .../... est informé par ...,
- ... émet vers .../... reçoit de ...,
- ... contrôle .../... est contrôlé par ...,

et toute relation traduisant une idée d'orientation d'une entité par rapport à une autre. Cette directivité étant propriété intrinsèque du système étudié.

#### II.2.1.3.4 Le point de vue « Symétrie »

C'est le point de vue où deux sous-systèmes obtiennent l'un vis-à-vis de l'autre la même considération de la part de l'observateur. Autrement dit, de ce point de vue, les deux sous-systèmes sont interchangeables.

##### II.2.1.3.4.1 Définition de la symétrie

Soit  $S$  une relation de  $U_D \times U_D$  dans  $V = \{\text{VRAI, FAUX}\}$  :

$$S : U_D \times U_D \longrightarrow V$$

$$(E_i, E_j) \bullet \longrightarrow x = S(E_i, E_j)$$

Elle est dite symétrique si :

$$S(E_i, E_j) = S(E_j, E_i)$$

##### II.2.1.3.4.2 Rôles et comportements symétriques

La disparition de  $E_i$  n'affecte pas  $E_j$  et inversement.

$E_i$  est un appelé *éco-système* de  $E_j$  par  $S$  et vice versa.

##### II.2.1.3.4.3 Relations généralement concernées

Dans un modèle conceptuel, la symétrie peut apparaître dans divers types de relations. Citons comme exemples :

- ... est associé à .../... est associé à ...,
- ... est contigu à .../... est contigu à ...,
- ... est voisin de .../... est voisin de ...,
- ... est lié à .../... est lié à ...,
- ... communique avec .../... communique avec ...

et plus généralement toute relation traduisant une idée de coopération, de mutualité entre entités.

L'exploitation de  $S$  dans un modèle conceptuel peut se faire grâce à une fonction paramétrée par le nom des relations. Pour cela, nous écrivons d'abord l'expression :

$$S(E_i, E_j) = S(E_j, E_i) \text{ , sous la forme :}$$

$$E_j = S(E_i) \text{ et } E_i = S(E_j)$$

et introduisons les noms de relations  $r_k$  de sorte que :

$$E_j = S(r_k, E_i) \text{ et } E_i = S(r_k, E_j)$$

Par exemple, considérons les déclarations :

- *Un local est contigu à un autre local,*
- *Un local communique avec un autre local,*
- *Un local communique avec un couloir.*

Définissons la fonction **éco-systèmes** :

- *éco-systèmes( $r, e$ )* : renvoie les entités ayant la relation symétrique  $r$  avec  $e$ .

Exemples :

$L_1 = \text{éco-systèmes}(\text{contiguïté, local})$   
; donne les entités contiguës au local désigné.

$L_2 = \text{éco-systèmes}(\text{communication, local})$   
; donne les entités communiquant avec le local.

Il est possible d'introduire un deuxième paramétrage de la fonction par des noms d'entités  $g_p \in U_D$ . Ce qui donnerait :

$$E_j = S(r_k, g_p, E_i)$$

### II.2.1.3.5 Le point de vue « Association »

C'est le point de vue où l'observateur regroupe arbitrairement des entités. Cet arbitraire peut être sous-tendu par une idée d'évocation mentale de certaines entités à la vue d'une entité particulière, même s'il n'y a pas entre eux de lien morphologique, taxonomique, hiérarchique, ni de symétrie spatio-temporelle.

#### II.2.1.3.5.1 Définition de la relation associative

Soit  $A$  une relation de  $U_D$  dans  $\mathcal{P}(U_D)$  :

$$A : U_D \longrightarrow \mathcal{P}(U_D)$$

$$E_i \bullet \longrightarrow F = A(E_i)$$

Elle est dite associative si elle n'est ni morphologique, ni taxonomique, ni hiérarchique, ni symétrique.

F est appelée vue évocatrice induite par  $E_i$ .

Les vues évocatrices ont la propriété de transitivité telle que définie par les vues morphologiques. C'est en outre le seul type de relation à bénéficier de la réflexivité. On leur ajoute la propriété d'antisymétrie par définition afin de faciliter la gestion des modèles conceptuels intégrant ce type de relation.

### II.2.1.3.5.2 Rôles et comportements associatifs

Dans la relation  $F = A(E_i)$ ,

- La disparition de  $E_i$  n'affecte aucun  $F_j$  de F et vice versa ;
- Tout élément  $F_j$  de F est appelé *co-système* de  $E_i$  par A.

### II.2.1.3.5.3 Relations généralement concernées

Dans un modèle conceptuel, l'association est représentée par les relations :

- ... renvoie à .../... est évoqué par ...
- ... a pour attachements .../... est attaché à ...

et plus généralement, toute relation ne pouvant pas respecter la définition des cinq premières.

La relation A peut être exploitée grâce à la fonction *co-systèmes*. Comme la fonction *éco-systèmes*, elle peut être paramétrée par le nom des relations ( $r_k$ ) que l'on a introduites dans le modèle conceptuel. D'où :

$$F = A(r_k, E_i)$$

Considérons les déclarations suivantes :

- *Un bâtiment renvoie à un propriétaire,*
- *Un bâtiment est attaché à un site,*
- *Un bâtiment renvoie à des plans.*

Définissons la fonction *co-systèmes* :

- *co-systèmes( $r, E$ )* : renvoie les entités associées à E par r

Exemples :

PRP = co-systèmes(renvoie à, bâtiment)  
; donne une liste de propriétaires, de plans, etc.

On peut effectuer un deuxième paramétrage de la relation par des noms d'entités génériques  $g_p \in U_D$  de manière à n'obtenir que ce type d'entités :

$$F = A(r_k, g_p, E_i)$$

La fonction *co-systèmes* se définirait alors :

– *co-systèmes*( $r, E_1, E_2$ ) : renvoie les entités de type  $E_1$  associées à  $E_2$  par  $r$ .

Exemples :

PP = *co-systèmes*(renvoie à, propriétaire, bâtiment)  
; donne une liste de propriétaires.

PL = *co-systèmes*(renvoie à, plan, bâtiment)  
; donne une liste de plans

### II.2.1.3.6 Le point de vue « Médiation »

Certains sous-systèmes jouent un rôle particulier dans l'organisation d'un système : ils sont les supports de certaines relations entre sous-systèmes. On les appelle des vecteurs de relations.

Un vecteur de relation est souvent le canal de plusieurs interactions (flux matériels, énergétiques ou informationnels) entre sous-systèmes. Sa disparition peut avoir pour conséquence, du point de vue organisationnel :

- la disparition de la relation,
- la disparition des sous-systèmes impliqués dans la relation initiale (en plus de la disparition de la relation).

#### II.2.1.3.6.1 Définition de la médiation

Soit  $r$  une relation de symétrie, de hiérarchie ou d'association.  $r$  est dite *relation médiate* si :

*il existe un élément  $A_g$  de  $U_D$  tel que  $r$  ne puisse s'exercer entre des éléments de  $U_D$  en l'absence de  $A_g$ .*

Soient  $E \in U_D$  et  $F \in U_D$ , la relation  $r$  entre  $F$  et  $E$  s'écrit :

$$\begin{aligned} F &= r(A_g, E) \text{ et} \\ E &= r^{-1}(A_g, F) \end{aligned}$$

D'une manière générale,  $A_g$  est appelé *vecteur* de la relation  $r$ .

Mais  $A_g$  est appelé *partiteur* pour la relation  $r$  si la disparition de  $A_g$  implique :

- la disparition de E et celle de F
- la création d'un élément de la classe de E ou de F récupérant les attributs de E et de F, récupérant les relations de E et de F qui ne font pas intervenir  $A_g$ ,
- la correction des aberrations éventuelles issues des opérations précédentes.

Le choix entre la classe de E ou celle de F pour l'entité émergente, la nature exacte des corrections d'aberrations dépendent du modèle conceptuel.

### II.2.1.3.6.2 Usage de la médiation dans un modèle conceptuel

Dans les modèles conceptuels actuels, la médiation n'est pas prise en compte. Nous allons montrer quelques-unes de ses potentialités.

Considérons les déclarations suivantes :

- *Un local est contigu à un autre local via un partiteur mur (symétrique),*
- *Un local est au-dessus d'un autre local via un partiteur dalle (hiérarchique causale),*
- *Un local communique avec un couloir via un vecteur porte (symétrique).*

Dans les relations avec partiteur (mur, dalle), la destruction de ce dernier implique immédiatement la destruction des deux locaux concernés, puis la création d'un troisième réalisant les autres types de relations avec le reste de l'organisation (ie. qui ne font pas intervenir le partiteur détruit). Dans le cas du partiteur « dalle », des relations de contiguïté horizontale dénivelée peuvent apparaître entre le local émergent et les locaux ou couloirs existants.

Dans la relation avec vecteur (porte), la destruction de ce dernier met tout simplement fin à la relation, laissant les sous-systèmes (couloir, local) concernés en place.

Pour des exemples plus détaillés, le lecteur peut se reporter au point III.2.2.1.

## II.2.2 Le modèle iconique de la structuration

La représentation externe du modèle iconique peut être réalisée à l'aide de graphiques 2D, 3D. Elle peut être même semi-graphique, auquel cas les formes et les dimensions des pictogrammes utilisés n'approchent que de loin celles des objets représentés. Mais l'intérêt du modèle iconique que nous proposons réside dans un ensemble de règles d'organisation dotant la scène que l'utilisateur a sous les yeux de capacités d'auto-organisation.

Les règles d'auto-organisation sont rédigées par le modélisateur lorsqu'il établit le modèle conceptuel du système à représenter. Elles visent à maintenir l'organisation des sous-systèmes dans un état non aberrant autant que possible. Les états transitoirement aberrants sont provoqués par l'utilisateur et peuvent survenir dans quatre cas :

- Ajout d'un sous-système ;
- Destruction d'un sous-système ;
- Destruction d'une relation entre sous-systèmes. Cette rupture relationnelle correspond souvent à une destruction de sous-système ;
- Subdivision d'un sous-système, c'est-à-dire modification de sa frontière. La subdivision résulte souvent d'un ajout de sous-système.

Comme les relations sont basées sur le modèle logico-mathématique, les actions créent une onde de destruction/création dans le réseau de sous-systèmes, laissant sur son passage des relations pendantes. Pour corriger ces perturbations, le modélisateur indique dans le modèle iconique :

- la manière dont les relations subissent des mutations ;
- les résultats inadmissibles. Ce qui n'est pas interdit ni par le modèle logico-mathématique, ni par le modèle iconique, ni par l'utilisateur, devient admissible. Les résultats possibles ne sont donc fournis qu'à titre d'exemples.

Cela permet d'éliminer des états cohérents pour le modèle logico-mathématique et incohérents vis-à-vis du bon sens ou de l'état de l'art. En fait, à chaque modèle conceptuel (qui dépend de la nature du système réel représenté) correspond un modèle iconique approprié. Quelques principes généraux peuvent cependant être indiqués :

- La nécessité de vues multiples d'un système et la coordination de ces vues,
- La nécessité d'avoir des repères globaux et des repères locaux,
- Distinguer au moins deux variétés directrices orthogonales pour les vues,
- Ecrire des règles d'organisation qui effacent les éventuelles contraintes amenées par le fait de découper un système en sous-systèmes.
- Une frontière est un partiteur entre système et environnement. Son élimination entraîne une fusion au profit de l'environnement.

Les opérations ont lieu en quatre étapes :

- désorganisation ; acte de l'utilisateur
- réaction du modèle ; disparition de certains systèmes au profit d'autres
- épuration ; élimination de liens incompatibles avec le schéma
- correction d'aberrations ; création de sous-systèmes de cohérence

---

#### *Les actes de l'utilisateur*

- création
- destruction
- déplacement
- changement de dimensions

---

#### *Les réactions possibles du modèle iconique*

Plusieurs événements peuvent succéder à l'intervention de l'utilisateur afin de maintenir ou ramener l'organisation dans un état acceptable :



- mutation  $S_1 \Rightarrow S_2$
- annihilation  $S \Rightarrow \text{nil}$
- fusion  $S_1 + S_2 \Rightarrow S_3$
- multiplication  $S_1 \Rightarrow S_2 + S_3$
- immersion  $S + \text{Env} \Rightarrow \text{Env}$

---

### *Finalité*

Lorsqu'un objet est créé, on tient compte de la raison pour laquelle il l'a été. S'il a été créé par l'utilisateur, sa destruction automatique n'est soumise qu'aux contraintes du modèle logico-mathématique.

Par contre, un objet qui a été créé automatiquement pour raison de cohérence avec le modèle iconique est détruit dès qu'il devient inutile pour le modèle iconique.

Par exemple si l'utilisateur crée un local isolé, la relation de causalité (frontière  $\Rightarrow$  système) provoque l'apparition d'un mur mettant le local en relation avec l'environnement.

Si par la suite l'utilisateur détruit le local, le mur sera aussi détruit. Ce qui n'est pas une propriété de la relation causale.

Par contre, si le mur a été créé par l'utilisateur, il existera jusqu'à ce que l'utilisateur le détruise ou bien, s'il appartient à la morphologie d'une ossature, que cette ossature soit détruite.

---

### *Recherche d'aberrations*

La recherche d'aberrations consiste à se poser des questions sur toutes les relations impliquant un objet émergeant dans le système. Les relations illicites sont détruites. Cette destruction porte souvent sur un vecteur de relation.

*Quelques exemples de questions :*

- (couloir au niveau  $X$ , porte, local au niveau  $Y$ ), avec  $X = Y$

*S'il y a une règle d'organisation interdisant ce type de relation, la porte en question est détruite ainsi que les liens qui l'unissaient au couloir et au local.*

- (local au niveau  $X$ , mur, local au niveau  $Y$ ), avec  $X = Y$

Une règle d'organisation peut indiquer que lorsque les niveaux sont différents la contiguïté nivelée mute en contiguïté dénivelée. D'où conservation du mur et transformation de la relation de sorte qu'elle acquiert les propriétés de la contiguïté dénivelée.

## II.2.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la sémographie structurale. C'est une technique dont le but est de créer des méta-modèles d'un univers structuré. La structure de cet univers est rendue explicite grâce à un modèle logico-mathématique de la structuration. Dans un tel modèle, les liens entre objets ont des propriétés prédéfinies : réflexivité, transitivité, symétrie. Une autre originalité de ce modèle est l'introduction du concept de médiation. Ce concept représente le fait qu'un objet constitue le support sans lequel une relation ne peut exister. En conséquence, un ensemble de comportements peuvent être attachés à cet objet et prendront effet à sa disparition. Les médiateurs sont eux-mêmes classés en partiteurs ou vecteurs selon que leur destruction ait des implications destructives ou non sur la structure.

Nous avons également présenté un modèle iconique de la structuration. Il utilise les propriétés du modèle logico-mathématique dans un contexte de description graphique des relations entre objets. Le but est d'obtenir un graphe auto-adaptatif des relations. Pour cela le modèle iconique d'un univers structuré se présente sous la forme d'un ensemble de règles de mutation qui indiquent les états acceptables (vers lesquels il faut tendre) de la structure en cas de perturbation apportée par l'utilisateur (création, déplacement ou destruction d'objets ou de liens).

## II.3 Un exemple : Sémographie de l'activité de conception

### II.3.0 Introduction

Nous étudions plus en détail le processus de conception parce que le problème de sécurité incendie peut se résumer en deux objectifs :

- intégrer la sécurité incendie dans le processus de conception du bâtiment ;
- le résultat de cette intégration est un objet conçu : le système physique et logique de sécurité du bâtiment face à l'incendie.

De plus, cette démarche est applicable à d'autres composantes techniques du bâtiment que la sécurité incendie, notamment toutes celles qui nécessitent la conception de sous-systèmes physiques et/ou logiques et leur intégration au processus global de conception du bâtiment.

Il s'agit de repérer les éléments essentiels qui interviennent. Ces éléments sont puisés chez les théoriciens, les praticiens, les concepteurs d'outils. Ils indiquent diverses perceptions de cette activité par les hommes concernés.

Comme pour toute recherche sémographique, nous chercherons les sèmes dans la définition de l'activité, les données, le déroulement et les résultats du processus.

## II.3.1 Sèmes dans les théories et outils de la conception

### II.3.1.1 La théorie du système général

La Théorie du Système Général (TSG) est applicable partout où il faut étudier une organisation dans sa totalité, sa complexité et sa dynamique propre (biologie, linguistique, physique, conception d'objets complexes...).

Essentiellement, elle repose sur la définition du tout symbolique qu'est le système général : une entité *structurée*, susceptible de *fonctionner* et d'*évoluer* dans un *environnement*, pour une raison quelconque (*finalité*) [30-LE MOIGNE].

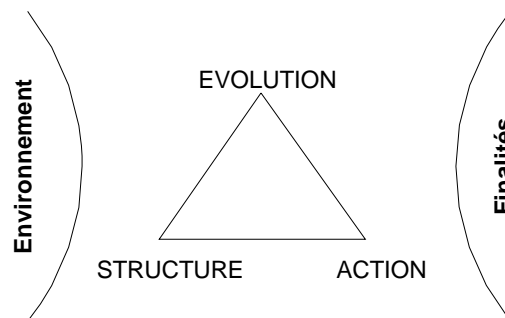


fig. II/18. Le système général

A cela, il convient d'ajouter un ensemble d'axiomes, dont :

- la non-séparabilité : toute approche systémique commence par la conjonction de l'observateur et du phénomène observé ;
- la stabilité : le système est un moment stable ;
- la récursivité : les concepts systémiques sont récursifs.

Modéliser un univers quelconque à l'aide de la TSG consiste à trouver un système qui soit à la fois isomorphe au système général et homomorphe à l'univers en question [10-WALLISER]. Dans le cas d'un système expert, la structure modélisant le savoir et le savoir-faire de l'expert est un opérateur (O) reliant des entrées (e) venant de l'environnement à des sorties (s) vers le même environnement. Dans le cas d'un bâtiment, il y a superposition de deux structures, l'une physique et l'autre organisationnelle, plongées dans un environnement avec lequel ont lieu des échanges (entrées, sorties).

Le but d'un concepteur de système expert est de trouver un opérateur (O) dans lequel la composante objective (modèle cognitif) a la plus forte prééminence possible sur la composante subjective (modèle normatif) quasi inévitable du fait même qu'il y ait modélisation, donc simplification.

Le but d'un concepteur de bâtiment est de trouver un opérateur structurel compatible avec l'opérateur fonctionnel, l'environnement et les ressources dont il dispose.

Du point de vue de la systémique, concevoir est un processus itératif consistant à proposer des structures, les faire fonctionner, corriger les causes de dérive du fonctionnement par rapport aux finalités et aux contraintes apportées par l'environnement.

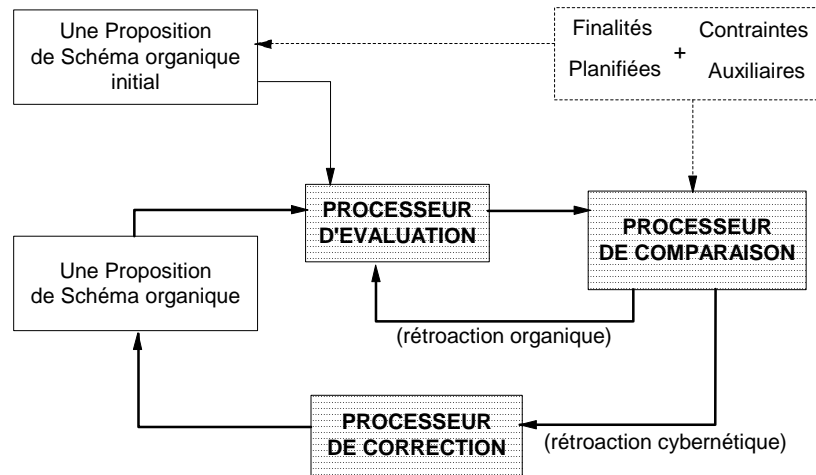


fig. II/19. Processus de conception systémique

Les manuels de systémique ne donnent pas plus de détails sur la façon exacte de procéder. Ils n'indiquent pas comment procéder pour faire une bonne proposition, ni comment mesurer les dérives.

C'est pour cela que d'autres modèles sont venus enrichir ou seconder cette théorie.

RESUME DES SEMES DE LA SYSTEMIQUE (extrait)	
- Finalité	- Récursivité des concepts
- Environnement	- Non-séparabilité
- Structure	- Itération
- Fonctionnement	- Correction
- Evolution	- Régulation
- Stabilité structurelle	
	... /...

Tab. II/16. Sèmes de la systémique

### II.3.1.2 Modèle de conception par niveaux

Le modèle de conception par niveaux se propose de résoudre le problème constitué par :

- le concepteur,
- l'objet conçu,
- les interactions de toutes sortes (entre concepteurs, entre sous-systèmes de l'objet conçu).

Pour plus de détails, le lecteur peut se reporter à la thèse de MIRAMOND [25]. Dans cette thèse, un ensemble d'outils informatiques sont proposés pour permettre *aux concepteurs* de procéder sans trop de remises en question (respect de la promesse de résultat à chaque niveau de résolution).

Les hypothèses du modèle sont les suivantes. On suppose :

- qu'il existe des *états* dans lesquels une solution peut-être obtenue pour chaque *sous-problème* (SPB) sans l'obligation de les expliciter. Ces états sont appelés niveaux de conception.
- que les interactions entre concepteurs peuvent être graduellement amoindries par explicitation progressive de leur nature.

Principes de la conception par niveaux :

- 1° Soit  $PB = \{ \cup_i SPBi \text{ et } \forall i \exists j \text{ tq } SPBi \leftrightarrow SPBj \}$
- 2°  $\forall SPBi \text{ et } \forall \leftrightarrow$ , le traitement est tel que les éléments de solution adoptés au niveau  $n$  ne soient pas radicalement remis en cause à un niveau  $p > n$ .
- 3° Les traitements des  $SPBi$  sont menés en parallèle. Et on se refuse à approfondir un  $SPB$  tant, que toutes les  $SPBs$  du niveau  $n$  aient pas obtenu une solution.
- 4° Les interactions entre concepteurs sont traitées dans la façon de redistribuer le contrôle du problème global à chaque niveau.
- 5° Le processus de conception est l'ensemble des niveaux.

Tab. II/17bis Principes de la conception par niveaux

RESUME DES SEMES DE LA CONCEPTION PAR NIVEAUX (extrait)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etats de la résolution</li> <li>- Existence de sous-problèmes</li> <li>- Traitement parallèle</li> <li>- Redistribution du contrôle</li> <li>- Promesse de résultat</li> <li>- Interaction entre concepteurs</li> <li>- Progression en largeur d'abord</li> </ul>	... /...

*Tab. II/17 Résumé des sèmes de conception par niveaux*

### II.3.1.3 La théorie du système de traitement d'informations

RESUME DES SEMES DE LA THEORIE DU SYSTEME DE TRAITEMENT D'INFORMATIONS (extrait)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Progression par tentatives</li> <li>- Heuristiques</li> <li>- Reformulation du problème</li> <li>- Modification de la stratégie de résolution</li> </ul>	... /...

*Tab. II/18 Résumé des sèmes du Système de Traitement d'Informations*

### II.3.1.4 Autres aspects du processus de conception

A côté des théories, il existe un ensemble d'éléments non organisés qui peuvent servir à éclairer l'activité de conception. Les éléments que nous présentons ci-après sont trouvés dans la conception des artefacts les plus variés : Circuits intégrés [43-44-MOSTOW], bâtiment [45-66-KALAY]...

#### *Sèmes dans la définition de l'activité*

L'activité de conception est souvent définie comme un processus visant à trouver une structure sous contraintes. Ces dernières sont de plusieurs ordres :

– **fonctionnel** : comportement désiré,

- **pragmatique** : prise en compte de l'état de l'art et de la technologie,
- **économie de l'artifact** : il doit avoir un fonctionnement économique dans le temps,
- **organique** : esthétique, fiabilité, évolutivité,
- **économie de conception** : le processus de conception lui-même doit économiser les ressources de conception (temps, coûts, outils).

Sèmes dans le processus

- S1 : *Etats* de l'artifact en devenir ;
- S2 : La conception est *centrée sur des buts* (à se donner, à organiser) ;
- S3 : La conception implique des *points de décision* ;
- S4 : Les décisions peuvent être guidées et expliquées par une *analyse raisonnable (non systématiquement reproductible)* ;
- S5, S6 : Le contrôle progresse par *sélection* et *évaluation* de buts ;
- S7 : L'*apprentissage* sur le cas en traitement peut servir au processus.

*Tab. II/19 Sèmes dans le processus de conception*

Ces sèmes ont été traités de plusieurs façons dans divers systèmes de conception :

- Pour S1,  
L'approche la plus utilisée est la conservation de l'*historique* du processus.
- Pour S2,  
Les buts peuvent être *organisés en arbre* ;  
Une structure explicite des buts facilite les *reprises du processus* ;  
Il n'est pas possible pour un être humain de documenter la *structure complète des buts*.
- Pour S3,  
Les décisions peuvent être modélisées comme des *ensembles de choix*.
- Pour S4,  
Les analyses raisonnables (heuristiques, essais-erreurs, etc.) sont d'une grande utilité dans la résolution des problèmes nouveaux par *analogie* [62-CARBONELL] ;  
Ce qui est bon pour l'*explication* l'est aussi pour la conception.
- Pour S5, S6,  
Une méthode de conception consiste à *concevoir les sous-systèmes* quasi isolés,  
puis à *concevoir les interfaces* entre eux ;  
La conception opère simultanément dans de *multiples espaces de problèmes*.
- Pour S7,  
La *recherche* dans un espace de solutions peut être considérée comme une forme d'*apprentissage*.

*Tab. II/20 Traitements des sèmes du processus de conception*

Des recherches plus approfondies sont encore nécessaires pour une meilleure prise en compte de ces sèmes dans les systèmes informatiques de conception. Les remarques suivantes nous informent de causes éventuelles de difficultés dans la réalisation de systèmes d'aide à la conception :

- Pour S2,  
Les représentations de la structure des buts doivent être améliorées pour tenir compte des *interactions entre buts*.  
La *typologie des buts* doit être considérée : but fonctionnel, performanciel, but sur les connaissances, sur le raisonnement.
- Pour S3,  
Les *compromis* doivent être rendus plus explicites.  
La *prise de décision* pourrait être représentée comme un but explicite.
- Pour S5, S6  
Besoin d'*explication des stratégies* de traitement des buts en interaction.  
Besoin d'*intégration d'heuristiques et de méthodes algorithmiques* pour réaliser des tâches impliquant beaucoup de recherches (espaces larges).  
Besoin de modélisation des *buts et des choix compilés* (non explicites).  
Les *modèles cognitifs* méritent d'être approfondis.
- Pour S7,  
L'apprentissage des connaissances spécifiques n'est pas bien compris.  
Des techniques d'acquisition des connaissances informelles doivent être développées.  
Besoin de méthode d'acquisition des connaissances générales à partir de l'expérience.

*Tab. II/21 Perspectives des traitements des sèmes du processus de conception*

## II.3.2 Un modèle de conception Processeur-Problème

### II.3.2.1 Modèle de conception

L'activité de conception peut-être considérée comme l'évolution d'une entité bipolaire comportant :

- un pôle concepteur ou processeur,
- un pôle conçu ou objet traité.

Une caractéristique importante est qu'au début du processus, l'objet traité n'est que partiellement connu. Pour étayer notre propos nous empruntons le formalisme de la théorie du système générale (TSG) dans laquelle un objet est décrit comme un tripôle plongé dans un environnement et ayant des finalités [30-LE MOIGNE] :



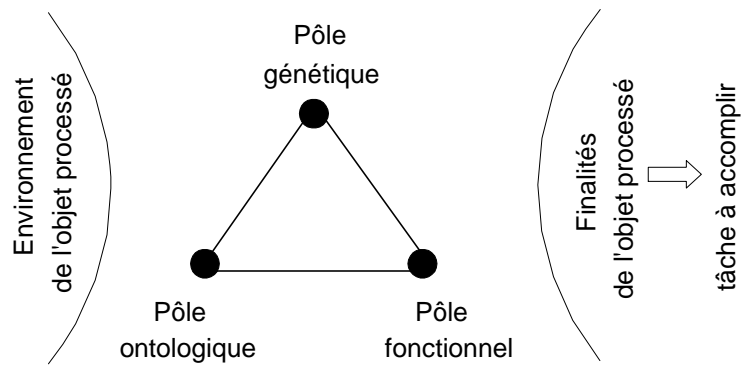


fig. II/20. Le système général (tripôle)

Ontologique = ce qu'est l'objet (nature organique)

Fonctionnel = ce qu'il fait (bien que tout objet ne soit pas actif)

Génétique = ce qu'il devient

C'est le fonctionnement de l'objet qui permet de voir s'il remplit sa tâche. Le processeur ne connaît que la tâche et l'environnement auxquels il destine l'objet. Son rôle est de choisir un des barycentres du triangle, i.e. de traduire cette connaissance en la prévision d'un élément (matériel, action, plan) susceptible de remplir la tâche. Cette prévision, c'est l'objet conçu. Ce dernier est alors organiquement décrit par un ensemble de caractéristiques.

Lors de la « traduction », le processeur utilise un mécanisme inconnu [43-MOSTOW] mais qui fait intervenir les éléments diversifiés que nous appellerons *guides*. Par exemple :

- son expérience du sujet,
- sa connaissance d'objets accomplissant une tâche jugée similaire,
- sa connaissance en générale,
- sa créativité.

Le concepteur (processeur) peut lui aussi être représenté comme un bipôle. Les guides font partie de l'environnement dans lequel le concepteur est plongé.

L'activité de conception rentre dans la catégorie de résolution de problèmes. Poser le problème devrait se situer en amont. Mais, comme nous venons de le voir, il est parfois nécessaire de reformuler un problème avant de pouvoir le résoudre.

### II.3.2.2 Modèle de résolution de problème

La résolution d'un problème peut également être considérée comme l'évolution d'un bipôle : processeur - problème.

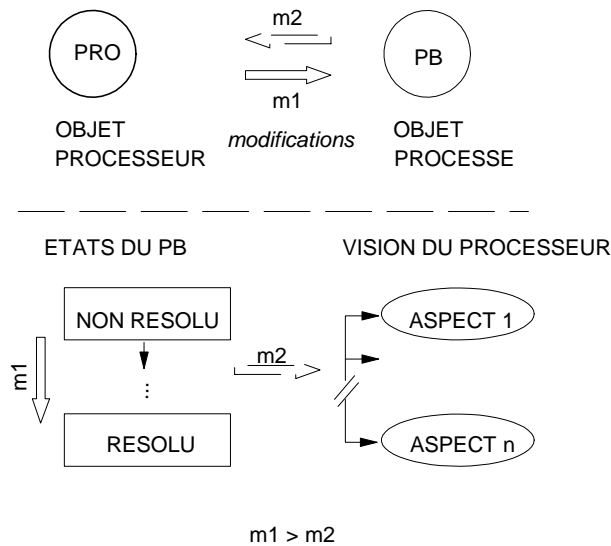


fig. II/21. Modèle de conception Processeur-Problème

Ce bipôle forme un système (que l'on peut considérer comme fermé) dont l'état est caractérisé par le degré de résolution du problème. Ce dernier peut comporter plusieurs aspects (ou interprétations).

*Exemple : dans un problème de sécurité, il y a :*

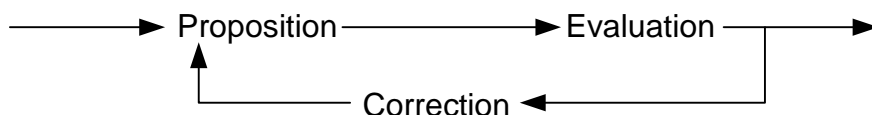
- \* l'aspect sécurité des personnes,
- \* l'aspect sécurité des biens.

Ces aspects ne sont pas nécessairement des entités indépendantes.

Un ensemble d'états du système correspond à un de ces aspects. Le processeur tente par un ensemble de modifications (m1) d'amener le problème de l'état non résolu à l'état résolu (où le problème disparaît).

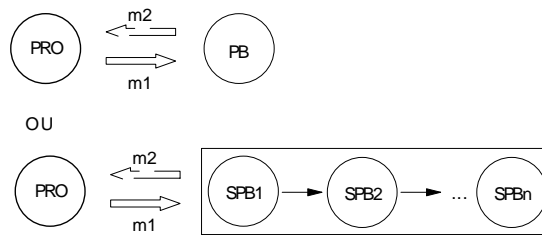
Au cours de ces modifications, le problème renvoie un ensemble de réponses (m2) permettant au processeur de s'assurer qu'il est toujours en train de traiter le problème sous la même interprétation et éventuellement de mesurer la distance qui reste à parcourir pour arriver au but [9-SIMON]. Tout écart détecté conduit à une modification du comportement du processeur.

Pour cela, on peut dire que le problème processe aussi le processeur. Dans l'activité de conception, cet état de fait explique la non-linéarité du processus qui est souvent schématisé de la manière suivante :



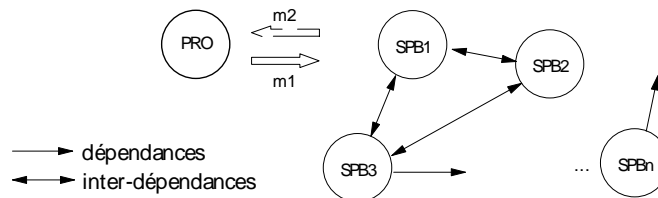
Plusieurs cas peuvent se présenter, du plus simple au plus complexe.

*Degré 1 : Processeur unique - Problème non séparable ou à sous-problèmes hiérarchisables*



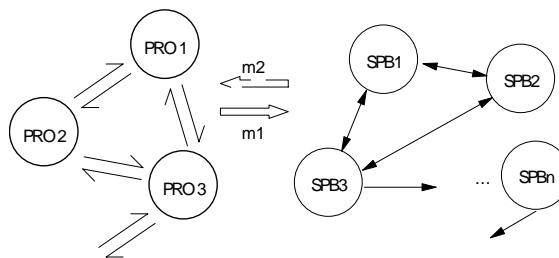
*fig. II/22. Processeur unique et sous-problèmes séquentiels*

*Degré 2 : Processeur unique - Problème séparable sans hiérarchie*



*fig. II/23. Processeur unique et sous-problèmes en interaction*

*Degré 3 : Multiprocesseur - Problème séparable*



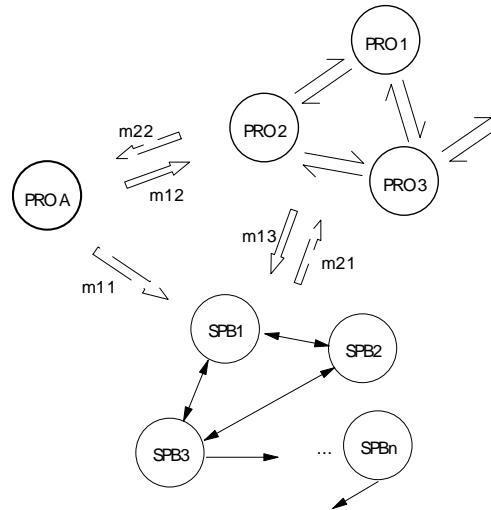
*fig. II/24. Processeur multiple et sous-problèmes en interaction*

Dans ce cas, on assiste à l'apparition d'interactions d'un type nouveau entre processeurs. Certains peuvent empiéter sur le terrain des autres ou encore chacun peut vouloir imposer son rythme. Un avantage est que ce cas favorise le traitement en parallèle des sous-problèmes.

Un cas fréquent est celui où le nombre de processeurs est égal au nombre de sous-problèmes. Car c'est souvent le sous-problème lui-même qui, peu à peu, engendre un

processeur spécialisé dans son traitement (ex. : dans le cas du bâtiment, il y a architecte, technicien, acousticien, géotechnicien...).

*Degré 4* : C'est le degré 3 auquel on ajoute un processeur de coordination (ou arbitre)



*fig. II/25. Multiprocesseur avec un coordonnateur*

La situation ne devient pas plus simple. Mais le processeur de coordination absorbe une partie des interactions (m22) entre processeurs et arrange (m11) le problème pour les processeurs et leur distribue leur tâche respective (m12).

Cette manière de faire n'a de l'intérêt que si les relations suivantes sont vérifiées (m1 et m2 sont les modifications correspondant au cas 3 où il n'y avait pas de processeur de coordination) :

$$m_{11} + m_{12} + m_{13} \leq m_1$$

*En d'autres termes, la reformulation des sous-problèmes, la planification et la redistribution des tâches dans le cas 4 ne doivent pas être moins efficaces que dans le cas 3. L'efficacité se mesure par le rapport qualité de résolution/temps.*

$$m_{21} + m_{22} \leq m_2 \text{ avec } m_1 > m_2$$

*Il faut que l'introduction du coordonnateur réduise le niveau de désordre au sein du processus. Et en tout cas, les remises en question au sein du processeur plus celles du coordonnateur doivent être moindres qu'en l'absence de ce dernier.*

Dans le cas de la conception assistée par ordinateur, le PROA devrait être un logiciel qui est à la disposition des concepteurs et leur permettant de travailler tous en même temps sur le projet. Malheureusement l'intelligence des logiciels de CAO actuels est trop limitée

(voire inexistante) pour maîtriser les interactions m21+m22. En revanche, ils s'en sortent bien avec m11+m12+m13 si on leur ajoute des couches expertes.

### II.3.2.3 Illustration : fabrication du système expert incendie

Dans le système expert en sécurité, nous pouvons identifier les éléments suivants :

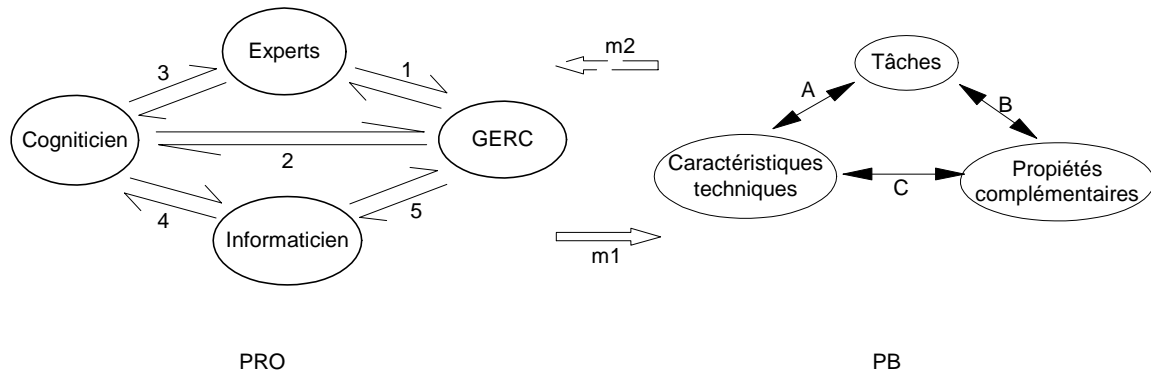


fig. II/26. Exemple de la conception du système expert incendie

Dans ce schéma, les nœuds ne représentent pas des personnes mais des types de personnes différenciés suivant les actions qu'ils auront à entreprendre à certains moments.

#### *Experts :*

Ils décident ; c'est un ajout spécifique au problème de sécurité incendie. Ils sont responsables des problèmes administratifs et financiers. Ils doivent décrire l'objet exigé en tant que membres du GERC (Groupe d'Études et de Recherches + Commanditaires).

#### *Cogniticien :*

Il exécute. Il guide, conseille les membres du GERC sur les possibilités techniques. Il les aide à délivrer leurs connaissances.

#### *Informaticiens :*

Ils exécutent, guident, conseillent le cogniticien sur la mise en oeuvre technique.

#### *Tâches :*

C'est ce qui décrit symboliquement et globalement le système.

#### *Caractéristiques techniques :*

C'est la manière particulière dont on s'y est pris pour rendre le système capable de remplir la tâche. Deux systèmes accomplissant la même tâche peuvent avoir des caractéristiques techniques différentes.

#### *Propriétés complémentaires :*

C'est un ensemble d'effets de bord découlant de l'existence de l'objet.

Tab. II/22 L'exemple de la conception du système expert incendie

Le PRO ici constitue un système autofinalisé dont le sous-système de décision est constitué par les Experts et les GERC, le sous-système opérant par les informaticiens, le système d'information organisationnel par le cogniticien.

L'existence de multiples et divers processeurs dans le sous-système de décision exige la mise en place de processus de coordination. La complexité de ce sous-système est augmentée par le fait que les rôles de commanditaires et d'experts sont joués par les mêmes personnes. Il faut donc les amener à formuler des exigences compatibles avec les ressources disponibles ensuite fournir les solutions en tant qu'experts. Ce qui n'est pas pour eux un exercice mental aisé.

Dans ce groupe, nous avons joué les rôles de coordinateur, cogniticien, informaticien.

### **II.3.3 Conclusion**

Nous avons présenté, en guise d'exemple, une tentative de sémographie de l'activité de conception. La sémographie consiste à rechercher des sèmes liés au domaine choisi depuis la définition jusqu'aux processus impliqués en passant par les objets de ce processus.

Le résultat est une collection de mots ou expressions (les sèmes) qui traduisent des idées acquises ou proposées, des méthodes, des difficultés auxquelles on peut s'attendre à l'élaboration d'un système d'aide à la conception.

Le tableau des sèmes peut servir de guide à un ingénieur de la connaissance qui entend expliciter les connaissances d'un expert. Mais il ne s'agit nullement d'un outil destiné à contraindre l'expert à procéder suivant les méthodes que l'on peut anticiper grâce à la sémographie.

## **II.4 Méthode sémographique d'acquisition des connaissances**

### **II.4.0 Introduction**

La nécessité de disposer de modes de représentation des connaissances de plus en plus riches et de paradigmes de contrôle puissants pour l'élaboration des systèmes experts est généralement reconnue. Le problème consistant à trouver des moyens efficaces pour provoquer l'expression de ces connaissances et leur extraction a été négligé. Il est cependant indéniable [33-FEIGENBAUM, 13-FARRENY] que la qualité d'un système expert résulte de la qualité des connaissances qui y sont intégrées.

Le cahier des charges du système expert pour l'approche globale de la sécurité incendie du bâtiment peut se résumer ainsi :

- multi-expertise,
- de multiples points d'entrée pour l'utilisateur final,

- connaissances manipulant l'univers du discours à des niveaux de détail variables afin d'assurer une grande souplesse à l'utilisateur dans l'expression de ses buts,
- convivialité accrue déchargeant au maximum l'utilisateur final,
- caractère pédagogique prononcé,
- maintenabilité aisée du système par les experts eux-mêmes,
- énorme masse de connaissances,
- fonctionnement sur un micro-ordinateur du type IBM-PC.

Ce cahier des charges exigeant nécessitait une approche méthodique à la fois au niveau de la conduite du projet, de la structuration du système et de l'acquisition des connaissances. Il est à l'origine des méthodes que nous allons décrire dans cette partie. Toutefois, cela n'a pas été un processus direct. Il y a eu beaucoup d'allers-retours entre le processus de développement du système expert et les méthodes de développement. Notamment au début du projet, il n'était pas possible d'exprimer aussi clairement le besoin des commanditaires du système. Le cahier des charges est donc en même temps initiateur et résultat des méthodes.

Dans les chapitres précédents, nous avons décrit la technique de sémographie dont le but est l'établissement d'éléments sémantiques propres à un univers de discours (sémographie structurale) et au discours lui-même (sémographie computationnelle). Maintenant, nous allons utiliser les principes de cette technique à côté d'acquis paradigmatiques pour ériger une méthode de développement d'un système multi-expert. Ce développement comporte deux parties principales : la conduite du projet et l'acquisition des connaissances. Dans chacune de ces parties nous décrirons les principes, le contenu et l'évaluation de la méthode.

## II.4.1 La méthode NASSE pour le développement de systèmes multi-experts

### II.4.1.1 Les principes de la méthode NASSE

Dès que l'on veut appliquer une nouvelle technique, un ensemble d'interrogations apparaissent (ou le devraient). Il en est de même de la technique des systèmes experts.

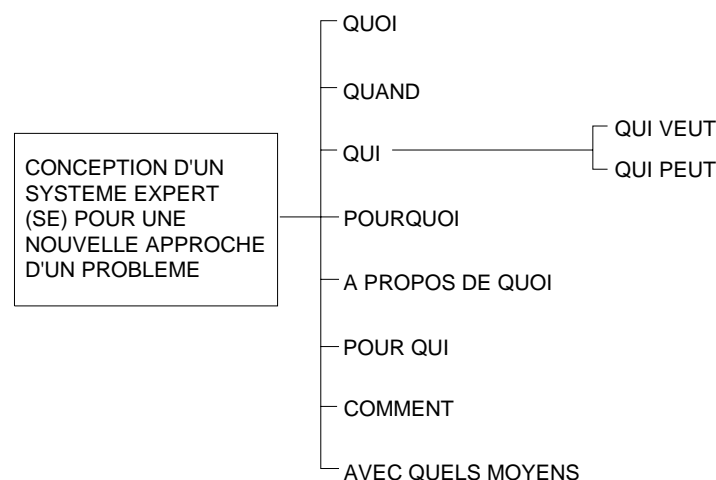


fig. II/27. Questions liées à l'intention d'appliquer une technique nouvelle

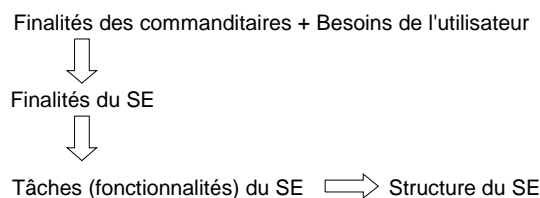
Explicitons ces questions afin d'en dégager quelques implications générales :

- QUI :  
Personnes et organismes impliqués.
- QUI VEUT :  
Commanditaires.
- QUI PEUT :  
*Ingénieurs de la connaissance*, informaticiens.
- POURQUOI :  
*Finalités* des commanditaires.
- POUR QUI :  
*Utilisateur visé*.

*Tab. II/23 Questions relatives à la création d'un système expert*

On peut déjà retenir que ces éléments expriment l'existence d'un ensemble finalisé. Ensemble qu'il faudra transformer en organisation afin que les finalités soient atteintes dans les délais, car il s'agit d'une situation éphémère (le temps de créer le système expert).

On peut aussi, sans trop se tromper, écrire les affirmations suivantes :



*fig. II/28. Finalités de l'utilisateur et structure du système*

- A PROPOS DE QUOI :  
*C'est l'objet thématique* principal du SE. Il faudra peut-être représenter la *structure de cet objet* thématique.
- AVEC QUELS MOYENS :  
Financiers, Techniques (procédés), Technologiques (outils des procédés).
- COMMENT :  
Méthode de travail en groupe ;  
Méthode de *conception en général* ;  
Méthode d'*acquisition des connaissances*.
- QUOI :  
*Base de connaissances* plus mécanisme d'interprétation. Une réponse à cette question permettrait aux commanditaires de comprendre les limites de la technique et de formuler leurs exigences en conséquence.



– QUAND :

Une réponse à cette question permet de savoir si c'est vraiment la solution pour le problème qui a conduit à l'idée de système expert.

*Tab. II/24 Questions relatives à la création d'un système expert (suite)*

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons les sèmes principaux qui entrent dans la conception d'un système expert. Remarquons que si nous enlevons les éléments « bases de connaissances » et « ingénieur de la connaissance », le reste est valable pour n'importe quel projet appliquant une nouvelle technique. La notion de nouveauté explique l'existence des sèmes « quoi » et « quand ». Leur absence nous ramènerait au cas d'un projet routinier (ex. : construction d'un pont).

Il faut remarquer également que :

- en trois points au moins apparaît le besoin d'organisation d'un ensemble d'éléments ou d'analyse d'une entité structurée ;
- nous sommes dans les prémisses d'une activité de conception (du SE).

Afin d'étudier les entités organisées dans leur globalité, d'avoir un langage cohérent et partageable par des personnes de formations différentes, nous utiliserons la théorie du système général (TSG) [30-LE MOIGNE]. Cette théorie nous apporte en plus une systématique qui réduit nos chances de passer à côté d'un aspect essentiel d'une entité organisée.

### *Le paradigme systémique*

Au point II.3.1.1 nous avons donné un résumé de la théorie du système général (TSG). Nous avons également fourni une liste de sèmes liés à la TSG. Ici nous utiliserons les sèmes : Environnement, Finalité, Structure, Evolution, Fonctionnement.

### *Le processus de conception*

Pour le processus de conception, nous tirons profit des éléments sémographiques présentés aux points II.3.1 et II.3.2 : évolution du bipôle processeur-problème, conception par niveaux, planification des tâches de conception.

Maintenant, nous pouvons décrire les principes de la méthode NASSE, celle que nous avons pu dégager à la réalisation du système expert en sécurité incendie.

La méthode NASSE vise à rendre évidentes pour l'expert et l'ingénieur de la connaissance les tâches à accomplir pour élaborer un système multi-expert. Il s'agit d'une méthode de conception de système expert par niveaux. Elle fait une recherche systématique des entités pouvant être modélisées par le système général, le concepteur étant lui-même pris en compte. Elle se situe à mi-chemin entre les méthodes de prototypage rapide et les méthodes analytiques. Elle est, par conception, utilisable même lorsque l'expert dont on veut reproduire la compétence (et la performance) n'existe pas en tant que personne directement accessible. La compétence qui en résulte dans ce cas est un produit de synthèse.

Organiquement, la méthode NASSE est composée de huit niveaux :

NIVEAUX	LES RETOURS ARRIERE LES PLUS PROBABLES
N1. Identification	
N2. Formulation	Modifie les commanditaires et les compétences
N3. Caractéristiques	Les enquêtes peuvent mener à une reformulation
N4. Objet Thématique	Changement d'objet implique reformulation
N5. Principes de solution	Jouent sur les caractéristiques
N6. Contrôle	Faisabilité des principes de solution
N7. Traitement de fonctions	Les difficultés à ce niveau entraînent la modification des caractéristiques
N8. Qualification	Insatisfaction à ce niveau exige amélioration des fonctions

Tab. II/25 Les niveaux dans la méthode NASSE

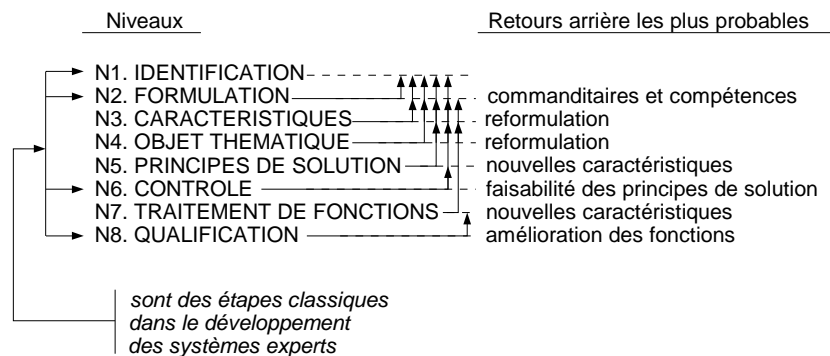


fig. II/29. Les retours arrière dans la méthode NASSE

Pendant un an, le groupement a fait des travaux relatifs aux niveaux N1, N2, N3, N4, N5. Lorsque nous avons fait notre entrée dans le groupement, dans le cadre du DEA, nous avons pendant six mois précisé le contenu de ces niveaux. Ensuite, dans le cadre de la thèse, il nous a fallu six mois pour appliquer le niveau N6. Le reste du temps a été consacré au niveau N7.

Nous allons développer dans le chapitre suivant le contenu des niveaux. Pour chacun d'eux nous présenterons :

- les objectifs,
- les opérations à effectuer,
- un ou deux exemples.

### II.4.1.2 Le contenu de la méthode NASSE

#### NI Niveau identification du processeur : modèle PRO (processeur)

##### Objectifs :

Il s'agit d'identifier les centres actifs suivants afin que le processeur sache sur quoi il va travailler et avec quelle compétence :

- Commanditaires :  
Ils sont responsables du financement du projet.
- Experts :  
A ce niveau, ce sont les personnes qui sont **supposées** détenir les compétences. En général, les experts sont proposés par les commanditaires.
- Coordinateur ou gestionnaire de projet.
- Ingénieur de la connaissance.
- Groupe d'études et de recherche :  
Cette structure de groupe est d'autant plus indispensable que le savoir n'est pas encore suffisamment appliqué.
- Informaticiens.

*Tab. II/26 Méthode NASSE : Centres actifs à identifier*

##### Opérations :

Identification des véritables experts. Il faut distinguer le spécialiste de l'expert, le normatif du cognitif, les vellétés du savoir-faire.

##### Exemple :

Dans notre cas, le processeur est un groupe de 9 personnes dont 8 experts et un coordonnateur. Les 8 autres sont à la fois commanditaires, experts et constituent le groupe d'études et de recherche. En terme de système général, ce processeur a pour :

- **finalité** : de démontrer qu'il est possible d'obtenir, à coût égal, une bonne sécurité des personnes et des biens face à l'incendie en coordonnant efficacement des compétences techniques diverses ;
- **environnement** : le reste des experts du domaine, les entreprises ayant eu des projets similaires, les organismes de sécurité civile ;
- **évolution** : son agrandissement par intégration successive d'autres acteurs venant de l'environnement, la redistribution des rôles entre experts avant de parvenir à la stabilité.

N2 Niveau formulation

## Objectifs :

La formulation est une activité inhérente à tout système autofinalisé. A ce titre, elle représente un exercice indépendant de toute intention de conception de système expert. Elle consiste à retrouver avec l'aide d'experts la structure d'un domaine et d'identifier les problèmes qui y sont traités en utilisant une sémantique prédéfinie.

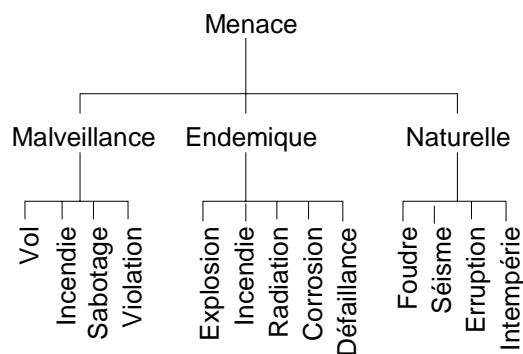
## Opérations :

Des formulaires appropriés sont utilisés pour la formulation du problème. Il s'agit de :

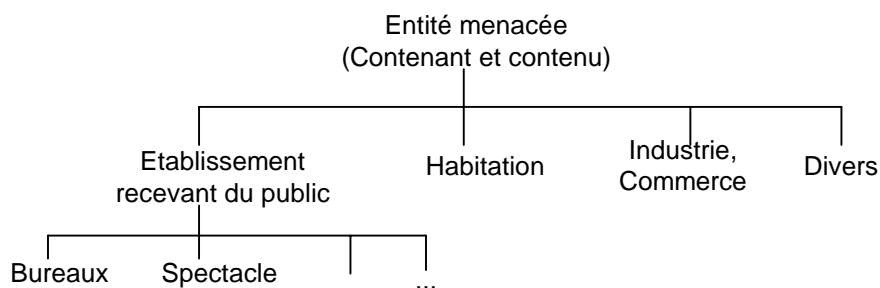
- formulaire de description du problème et des sources d'expertise potentielles,
- formulaire de description du système expert souhaité.

## Exemple :

Notre domaine d'étude fait partie de la structure suivante :

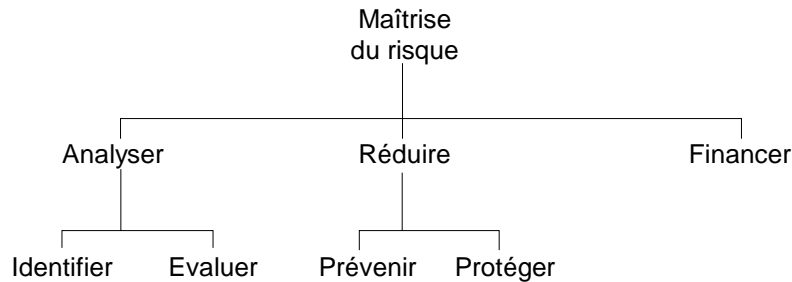


*fig. II/30. Structure du domaine englobant la menace incendie*



*fig. II/31. L'objet thématique*

Les tâches concourant à la résolution du problème d'analyse de la vulnérabilité sont les suivantes :



*fig. II/32. Tâches de sécurité incendie*

C'est par rapport à la sémographie computationnelle que dans notre exemple les tâches « évaluer » et « identifier » sont reconnues comme de la prédiction ; les tâches « prévenir » et « protéger », de la conception ; et la tâche « financer », de la planification.

Nous l'utiliserons ensuite pour guider la recherche des informations nécessaires à confirmer notre première interprétation.

### N3 Niveau Recherche de caractéristiques : modèle PB (problème)

Objectifs :

Une caractéristique est un trait du logiciel à concevoir. Elle englobe tout un ensemble de fonctionnalités. L'absence d'une caractéristique indiquerait que l'outil obtenu est tout autre que celui désiré.

De plus, les caractéristiques sont en général faiblement liées et concernent la performance (architecture, interfaces, promptitude des résultats...) et la compétence (méthodes et bases théoriques des méthodes) du logiciel.

Opérations :

Pour trouver les caractéristiques, nous procédons de la manière suivante :

- 1° Nous prenons comme point de départ les finalités exprimées par les commanditaires (ou que nous les avons aidé à exprimer) ;
- 2° Ensuite, il faut réunir des informations sur l'environnement du processeur, source de contraintes potentielles ;
- 3° Nous enquêtons auprès des experts avec des questions sur la tâche du système expert, la description grossière de sessions d'utilisation (entrées, sorties exprimées, actions intermédiaires). La critique des méthodes : l'enquête est orientée d'après les résultats

*du niveau formulation du problème ;*

*4° Nous enquêtons auprès d'utilisateurs potentiels dont nous recueillons les critiques sur les démarches précédentes ;*

*5° Finalement, nous recherchons un profil d'utilisateur sur l'échelle : expert, enseignant, pratiquant non expert, utilisateur quelconque.*

*Tab. II/27 Méthode NASSE : Recherche des caractéristiques*

Exemple :

Concernant les opérations concrètes dans le cas incendie, voir l'annexe A. Une enquête auprès des utilisateurs potentiels a été réalisée par un organisme spécialisé dans les sondages.

Dans le cas incendie, nous avons pu mettre en évidence les caractéristiques suivantes pour le système expert incendie :

- capacité de permettre à l'utilisateur de décrire le contexte avec plusieurs niveaux de détails,
- « optimisation » du rapport coût/efficacité des mesures de réduction du risque,
- donner son avis sur un problème ponctuel à la conception du bâtiment,
- expliquer,
- mettre en évidence la vulnérabilité,
- permettre à l'utilisateur de fixer des critères de vulnérabilité.

Le profil de l'utilisateur obtenu est un professionnel du bâtiment sensibilisé et formé aux problèmes de la sécurité incendie.

#### *N4 Niveau Identification de l'objet thématique : modèle THEME*

Objectifs :

Le logiciel étant un substitut d'un objet actif (l'expert) il est évident qu'il doit agir sur un substitut de l'objet manipulé par l'expert. Le modèle THEME représente la façon dont le monde extérieur est « perçu » par le logiciel.

Opérations :

En général l'objet thématique [28-WINSTON] est connu une fois que le domaine est fixé.

Exemple :

Pour nous, il s'agit du bâtiment et de son contenu (personnes, activités et biens). Nous le modélisons aussi à l'aide du système général. Sa structure est la configuration physique augmentée de l'organisation humaine en général qui s'y trouve. Son évolution est représentée par la suite des états aux périodes suivantes : programme, esquisse, avant-projet sommaire,

avant-projet détaillé, plan d'exécution d'ouvrage, objet existant. Sa dynamique est représentée comme un ensemble de fonctions subdivisées en activités mettant en jeu des flux et des outils. Son rôle est de permettre la création d'un produit matériel ou intellectuel aussi longtemps et dans les meilleures conditions possibles. Il est plongé dans un environnement de voisins, entreprises concurrentes, législation et réglementation, etc.

Cette représentation est nécessaire parce que l'outil que nous envisageons de créer doit être intégré dans le processus de conception généralement adopté. Elle met en lumière le fait que le système expert devra comporter divers niveaux de connaissance et de raisonnements (un niveau par période d'évolution de l'objet thématique).

Dans un premier temps, nous nous sommes attachés à extraire les connaissances relatives aux phases d'avant-projet. C'est en effet au cours de ces phases que les décisions les plus importantes sont prises. La phase programme a été temporairement écartée parce que nous avons remarqué que les connaissances opérationnelles y sont trop évasives.

#### N5 Niveau principes de solution

Objectifs :

A partir de la formulation du problème, on essaie de trouver des sous-problèmes et des méthodes de résolution générales associées.

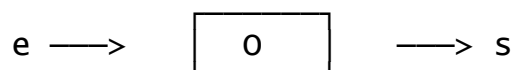
Opérations :

Trois cas sont possibles :

- méthode ascendante : à partir d'un objet spécifique au domaine (ex. : extincteur...) ou d'un facteur de base pour les experts (ex. : erreur humaine...) on essaie de trouver une tâche associée, puis une autre se basant sur la première, et ainsi de suite.
- méthode descendante : si l'étape de formulation a été fructueuse, on essaie d'approfondir l'arbre (ou le graphe) des activités par décomposition.
- les experts peuvent donner spontanément la décomposition du problème. C'est ce qui s'est produit dans notre cas. Il y avait onze sous-problèmes de premier plan signalés par les experts. Les liens entre eux sont apparus à l'occasion de conflits entre experts.

Après que les sous-problèmes ont été nommés, on essaie de trouver ceux qui normalement devraient concourir à l'émergence des caractéristiques préétablies.

Ensuite, il s'agit de s'assurer que les caractéristiques seront obtenues proprement, et pourront donc être considérées comme fiables. On adopte alors une approche dite de boîte semi-transparente (ie. l'opérateur O n'est plus une boîte noire, mais il n'est pas non plus totalement explicite) : l'entité responsable de la résolution d'un sous-problème est symboliquement représentée comme une boîte (O) ayant une entrée(e) et une sortie(s) :



Connaissant toutes les caractéristiques dépendant du sous-problème, on cherche e, s et les traits dominants de O : c'est un principe de solution.

Les principes de solution ont plusieurs intérêts :

- orienter le concepteur : pour un même sous-problème, il peut exister plusieurs méthodes. Un principe de solution réduit les choix du concepteur ;
- vérifier le réalisme des exigences : la difficulté (degré de subjectivité chez l'expert) avec laquelle on arrive à mettre au point un principe de solution est un signe révélateur de celles qui surgiront lorsqu'il faudra rentrer dans le détail.

Nous avons établi un document et un protocole adaptés à la collecte des principes de solutions (Annexes B et C).

#### N6 Niveau de contrôle et de choix de spécification

Objectifs :

Une fois les principes de solutions obtenus, on tente d'apporter une réponse aux questions suivantes :

- Les procédures d'obtention des caractéristiques sont-elles compatibles avec les possibilités actuelles de l'intelligence artificielle (IA) ?
- peut-on les reformuler de sorte que, sans perdre de leur esprit, elles deviennent plus accessibles à l'IA ?
- existe-il sur le marché des produits (outils de développement) dont l'utilisation permettrait de fabriquer le système expert ?

Opérations :

A ce stade, il est possible de rédiger un cahier de charges comportant :

- des spécifications pures (indépendantes du domaine et de l'aspect résolution du problème),
- des principes de solution raisonnables.

On est alors prêt pour la réalisation d'une maquette représentative du système final.

#### N7 Niveau traitement de fonctions

Objectifs :



Le traitement des fonctions est le cas de la boîte totalement transparente. Les principes de solutions vont être explicités de manière à devenir de véritables opérateurs (procédures, fonctions, heuristiques...).

#### Opérations :

A cette fin, nous avons suivi la démarche finale : extraction, implémentation, test avec bouclage. C'est la démarche classique en matière de réalisation de systèmes experts. Cependant, nous l'avons enrichie avec les principes sémographiques.

La catégorie du problème étant connue, le traitement des fonctions est plus finalisé. Nous focalisons notre attention sur un ensemble d'éléments compatibles avec la catégorie. Nous utilisons une autre table où sont consignées les informations à propos des données, connaissances solutions et raisonnement de l'expert. Exemples de caractéristiques des catégories de problèmes (pour rappel) :

##### *a) Diagnostic*

###### *\* Données :*

- un modèle de la structure du système étudié ;
- parfois inaccessible  $\Rightarrow$  incomplétude.

###### *\* Raisonnement :*

- par tentatives.

###### *\* Espaces des solutions :*

- discret ;
- fini (même s'il peut être très large).

##### *b) Conception*

###### *\* Données :*

- contraintes de sources diverses ;
- souvent, il faut tenir compte de relations spatiales (distance, forme...);
- souvent certaines à cause du caractère normatif du problème.

###### *\* Raisonnement :*

- par tentatives, parce qu'on ne peut pas évaluer a priori toutes les conséquences d'une décision ;
- mélange le qualitatif et le quantitatif.

###### *\* Espace des solutions :*

- large, mais le nombre de solutions raisonnables est restreint ;
- continu ;
- on peut l'abstraire à cause de l'effet d'échelle.

#### Exemples :

Dans le cas du système expert incendie, nous avons identifié des connaissances de prédiction qui ont nécessité l'extraction d'arbres de probabilités, des connaissances de

conception qui ont conduit à l'extraction de méthodes de planification de tâches et à l'extraction de règles de production.

Pour l'extraction, nous avons procédé par des interviews de deux types : *l'interview libre* et *l'interview structurée*.

Dans l'interview libre, l'expert est considéré alors comme un débit d'informations sur une fonction choisie, sans exemple précis. Pour ne pas perdre le contrôle des événements, nous avons utilisé la méthode dite de « caractéristiques et décisions » [67-HART] :

*1° L'expert est invité à donner spontanément un ensemble de faits, en les classant comme indice, décision, ou les deux. En général, plus de 50 % de ces faits ont déjà été cités à l'établissement des principes de solutions. A ce niveau, nous interrogeons l'expert sur leur origine (demandable, fourni par un autre expert...).*

*2° Ensuite l'expert est invité à établir un lien entre chaque indice et chaque décision. S'il y a des indices qui doivent être regroupés pour aboutir à une décision, il est probable que l'expert le mentionne.*

*Tab. II/28 L'interview libre*

L'interview structurée consiste à analyser des cas précis et déjà traités.

*1° Nous choisissons de concert avec l'expert un cas qu'il a déjà traité.*

*2° Invitons l'expert à identifier les seules données dont il disposait. Nous réservons la question de leur complétude pour la fin si, en cours d'interview, l'expert n'en parle pas de lui-même.*

*3° L'invitons à identifier les solutions terminales qu'il a apportées.*

*4° L'invitons à identifier les solutions intermédiaires. A partir de là, nous essayons de découvrir les étapes qu'il a effectuées et lui demandons de nous corriger.*

*Tab. II/29 L'interview structurée*

Quel que soit le type d'interview, au cours de l'entretien, nous veillons à :

- relever tout sous-entendu suspecté,
- surveiller les paramètres qui semblent surgir du néant,
- détecter les données apparemment inutilisées,
- marquer les points où l'expert semble hésiter ainsi que le type d'hésitation : donnée imprécise, connaissance incertaine...

Faisons remarquer que les interviews en général, et surtout l'interview libre, ont l'inconvénient de permettre à l'expert d'être hors sujet. Si l'on veut respecter le principe de non-interruption du discours de l'expert [67-HART, 29-HAYES-ROTH], cela peut augmenter considérablement le coût (en temps) de l'acquisition des connaissances. Nous avons vu des experts faire des récits de dix minutes à propos d'incendies catastrophiques sans que cela soit

nécessaire aux buts de l'interview. Ces questions sont plus amplement débattues au point II.4.2.

#### N8 Niveau qualification

Nous n'avons pas expérimenté ce niveau. Mais nous pensons qu'il est important. Grâce aux principes de solution, la méthode devrait produire un logiciel de qualité du point de vue compétence, puisque les experts ont porté des jugements critiques sur les méthodes sélectionnées. Néanmoins, il est bon [13-FARRENY, 68-MANGIN] de soumettre le système au jugement d'experts n'ayant pas participé au projet.

### **II.4.1.3 L'évaluation de la méthode NASSE**

#### a) Impact sur la qualité du système expert produit

L'approche par principes de solution devrait permettre d'obtenir un système expert de qualité en matière de compétence. Et cela, même dans le cadre d'une approche nouvelle d'un problème. En effet, la fabrication de connaissances va à l'encontre de la règle évidente qui veut que l'on ne fabrique pas de système expert sans expert humain ; même si cette règle ne tient pas pour tous les processus intellectuels (ex. : reconnaissance de la parole).

On peut avoir une idée de la compétence, et donc une mesure de cette qualité, avant même de fabriquer le système, puisque l'on a choisi de manière explicite certaines méthodes de résolution tandis que d'autres sont tout aussi explicitement écartées.

#### b) Facilité de mise en oeuvre

La méthode nous semble plus indiquée dans le cadre de grands projets ou de tout projet basé sur une approche nouvelle d'un problème.

La difficulté essentielle de la méthode réside dans la compréhension des commanditaires et des experts de la méthode elle-même. Parfois, il est difficile pour certains experts d'établir des principes de solution sans travailler sur un cas concret. La difficulté augmente si en plus il ne s'agit pas d'une méthode à choisir mais d'une méthode à inventer (approche nouvelle).

#### c) Impact sur l'avancement des travaux

Nous pensons que cette méthode devrait réduire le nombre de remises en question fondamentales. Mais il ne nous a pas été possible de mesurer cet impact sur le temps global de fabrication.

Cette mesure est nécessaire, car l'un des paramètres les moins maîtrisés en matière de construction de systèmes experts est justement le délai de construction [35-BOBROW].

#### d) Niveau de participation des experts

De part cette méthode, les experts ne sont pas considérés comme des débits de connaissances dans leur domaine particulier. Mais ils sont introduits dans le processus de développement comme de véritables acteurs qui fixent des finalités en fonction des informations de leurs collègues.

#### e) Améliorations possibles

Il faudrait disposer de techniques qui permettent, pour chaque niveau, de prévoir une durée (promesse de délai) et de réévaluer cette promesse au fil du projet.

Il faudrait disposer d'outils informatiques d'aide à l'élaboration des principes de solution. Ces outils pourraient fonctionner par simulation d'exécution de spécifications.

## **II.4.2 Méthode utilisée pour l'acquisition des connaissances**

### **II.4.2.1 Principes**

L'acquisition des connaissances a lieu dans la méthode NASSE aux niveaux 5, 6 et 7. Sa plus grande partie se passe au niveau 7 qui concerne le traitement des fonctions. Nous rappelons que le mot fonction englobe pour nous les procédures, les fonctions mathématiques, les heuristiques ou tout opérateur concourant à l'émergence d'une caractéristique.

Deux aspects fondamentaux caractérisent un opérateur fonctionnel :

- sa justesse qui nous indique dans quelle mesure le résultat produit est fiable ;
- sa complétude qui nous indique dans quelle mesure nous pouvons espérer en obtenir un résultat. C'est-à-dire que l'opérateur peut couvrir plus ou moins complètement le domaine des entrées admissibles.

Cela explique pourquoi nous découpons également l'acquisition des connaissances en deux pôles d'intérêts :

- un qui se préoccupe de la justesse. C'est alors que la représentation des connaissances prend toute son importance. L'ingénieur de la connaissance dispose de toute une batterie de méthodes « objectives » destinées à capter au maximum l'essence des connaissances. Ces méthodes se classent en méthodes directes et en méthodes indirectes [69-OLSON, 67-HART].
- un qui s'attaque à la complétude. C'est alors que l'ergonomie cognitive et la sémiographie ont leur plus grand champ d'application. Ces approches servent à détecter les non-dits, les mésinterprétations de l'ingénieur de la connaissance, les limites d'applicabilité de la connaissance. Elles ont en conséquence un caractère plutôt subjectif, car l'ingénieur de la connaissance adopte des comportements qui sont susceptibles de provoquer le discours de l'expert.

Au point suivant, nous expliquons la façon dont nous avons procédé pour recueillir les connaissances.

## II.4.2.2 Le contenu de la méthode

### a) Phase préparatoire

Dans la phase préparatoire, nous expliquons aux experts :

- les principes de l'acquisition des connaissances ;
- les problèmes liés à l'acquisition des connaissances, notamment, en ce qui concerne les biais, la différence qui existe entre celui qui sait ce qu'il faut faire (le spécialiste) et celui qui sait comment faire (l'expert). Comme il fallait également extraire des probabilités subjectives, nous avons également préparé un document expliquant les différents biais liés à ce type particulier de connaissances ;
- les méthodes d'acquisition connues et leurs limites, leurs contraintes pour l'expert et leurs difficultés.

Signalons que ce n'est pas parce que l'on a averti les experts que tout problème de biais, d'incohérence ou d'incomplétude est écarté [70-KAHNEMAN]. C'est pourquoi, tout au long du projet, il a fallu sans cesse faire référence à cette phase préparatoire.

### b) Phase d'extraction

La phase d'extraction comporte trois étapes :

- l'**introduction** du sous-problème à résoudre. Pour cela, un formulaire spécial est rempli afin de fixer le point de départ et les objectifs. A partir de là, une méthode d'extraction est choisie et un rendez-vous est fixé ;
- l'**extraction** proprement dite peut avoir lieu suivant trois méthodes :
  - . interview libre avec enregistrement (cf.II.4.1.2 N7),
  - . interview structurée avec enregistrement,
  - . acquisition *in situ*, sans enregistrement (on peut imaginer d'y ajouter de l'enregistrement afin que l'expert ne soit pas ralenti par la dactylographie, mais en général ce n'est pas nécessaire, car le raisonnement a lieu sur des unités de taille restreinte : les granules de connaissance).
- s'il y a eu interview, l'enregistrement est **retranscrit** et sorti sur papier. Dans le cas de l'acquisition *in situ*, nous disposons du fichier résultat de la session de travail.

### c) Phase de conceptualisation

Par une méthode d'analyse (ex. : Protocol analysis [69-OLSON, 67-HART], KOD [40-VOGEL], KADS [41-SCHREIBER]), nous cherchons les concepts utilisés par l'expert. Ces concepts peuvent être :

- d'objet,
- d'inférence,
- de contrainte.

En cas d'acquisition *in situ*, il s'agit surtout d'un travail de vérification des concepts plutôt que de leur recherche. En effet, la contrainte de temps peut amener l'ingénieur de la connaissance à introduire des concepts intermédiaires destinés à assurer le fonctionnement immédiat du prototype sans que ce soit nécessaire par la suite.

### c) Phase de formalisation

Compte tenu des concepts détectés, un formalisme de représentation est choisi. A ce stade, il faut choisir s'il vaut mieux utiliser des tables ou des règles pour un concept particulier ou s'il faut employer un algorithme.

En cas d'acquisition directe, il s'agit de considérer dans quelle mesure les formalismes choisis sur le terrain peuvent être conservés, compte tenu des objectifs de lisibilité et de maintenance de la base de connaissances.

### d) Phase d'implémentation

L'outil de développement est utilisé pour mettre en oeuvre les formalismes retenus. C'est à ce stade que l'on rédige le texte des règles, des tables, des classes d'objet, des arbres de croyance, des procédures et fonctions algorithmiques.

En cas d'acquisition *in situ*, il s'agit essentiellement de compléter des tables, de relier des modules. En effet, en acquisition *in situ*, si le formalisme des tables a été retenu, il n'est pas nécessaire que leur remplissage soit complet. Il suffit d'expérimenter quelques éléments et d'emporter le reste sous forme de documents écrits. Cela permet d'éviter le gaspillage du temps de l'expert.

### e) Phase de test

Cette phase consiste à faire tourner quelques exemples, afin de déterminer les données pour lesquelles le prototype n'arrive pas à trouver de solution.

Le problème de la validité des solutions partielles ne peut être résolu sérieusement qu'en présence de l'expert. Sinon, l'ingénieur de la connaissance doit penser à demander à l'expert des exemplaires de cas avec leurs solutions.

Dans le cas de l'acquisition *in situ*, beaucoup de tests ont déjà été effectués en présence de l'expert. Il suffit de reprendre ces cas dans la base de données archive pour vérifier que les corrections introduites fournissent au moins les mêmes résultats.

Cette phase n'est pas la validation du système expert globalement. Il s'agit seulement de s'assurer que chaque module produit des résultats qui satisfont l'expert concerné.

### II.4.2.3 L'évaluation de la méthode

#### a) Facilité de mise en oeuvre

Les méthodes d'extraction par interviews enregistrées présentent le gros inconvénient de la retranscription à dépouiller. C'est un travail assommant, même pour un thésard ; à moins que les ressources du projet soient suffisantes pour permettre la sous-traitance de ces retranscriptions.

D'un autre côté, l'acquisition *in situ* augmente la probabilité que l'ingénieur de la connaissance soit pris dans le goulot d'étranglement de la représentation de certaines connaissances. C'est pourquoi il lui faut un outil à large éventail de formalismes de représentation. De plus, il doit anticiper sur les modes de représentation, compte tenu de la catégorie du sous-problème à traiter. On comprend donc la nécessité de l'étape d'introduction du sous-problème dans la phase d'extraction. C'est également à ce niveau que la sémographie joue pleinement son rôle d'anticipation. Elle permet au cognicien de prévoir un maximum d'éventualités avant de se présenter au rendez-vous avec l'expert.

#### b) Impact sur le rendement de l'acquisition des connaissances

Nous avons commencé l'acquisition à l'aide des méthodes classiques d'interviews enregistrées. Avec ces méthodes, nous avons calculé que nous pouvions obtenir 2.5 informations utilisables par heure d'interview. Dans ce contexte, l'information est pour nous l'un des éléments suivants :

- une contrainte non triviale : c'est-à-dire non du type *la hauteur du bâtiment doit être positive*, mais plutôt du type *il faut moins de six portes par palier pour pouvoir techniquement désenfumer un escalier*.
- un granule non trivial du type *UNE CONDITION*  $\Rightarrow$  *UNE ACTION*, par exemple « *temps d'évacuation des personnes > temps de survie*  $\Rightarrow$  *ne pas utiliser le CO2 comme agent extincteur* ».
- un fait par défaut non trivial, par exemple « *par défaut, il y a 70 % de chances pour qu'il y ait erreur humaine* ».

Avec l'acquisition *in situ*, nous avons porté le nombre d'informations utiles par heure passée avec l'expert à 10.

Remarquez que nous n'avons pas comptabilisé le temps qu'il faut en allers-retours dans le cas des interviews enregistrées. Ce qui serait normal, puisque la probabilité pour que les informations recueillies survivent à la confrontation avec l'expert est plus faible que dans le cas de l'acquisition *in situ*.

### c) Niveau de participation des experts

L'extraction *in situ* permet d'obtenir un haut niveau d'interaction avec l'expert.

Les comportements de l'ingénieur de la connaissance basés sur l'ergonomie cognitive (insistance, négation, silence...) peuvent se traduire en actes plus remarquables par l'expert dans l'écriture (ou la non-écriture) des granules.

De plus, cette approche permet indirectement à l'expert de comprendre petit à petit comment il devra faire plus tard s'il veut modifier lui-même la base de connaissances. Il apprend à connaître les mécanismes de l'outil de développement utilisé.

### d) Améliorations possibles

Il est possible d'améliorer le mode de calcul des informations obtenues en tenant compte du temps écoulé entre le début de l'extraction et la date où l'expert admet que ses connaissances ont été effectivement acquises par le système.

Il est possible d'imaginer qu'à défaut d'avoir des ordinateurs qui comprennent directement la parole, on peut former des secrétaires à la rédaction de connaissances dans le formalisme de l'outil d'extraction *in situ* afin d'accélérer le processus de rédaction. Il y aurait trois personnes en présence l'expert, l'ingénieur de la connaissance et la secrétaire de ce dernier.

## **II.4.3 Conclusion**

Nous avons décrit la méthode NASSE, destinée à faciliter la conception de systèmes multi-experts. Son approche par niveaux successifs permet au concepteur d'un système expert de progresser avec moins de remises en question radicales. Le concepteur procède par focalisation d'attention de plus en plus détaillée.

La méthode utilise aussi le paradigme systémique pour modéliser la majorité des entités : le logiciel, le monde traité par le logiciel et le concepteur lui-même. Nous en avons tiré plusieurs avantages :

- apport d'un langage commun (système) à une communauté d'experts de formations différentes,
- introduction de plus de formalisme dans le domaine,
- le contrôle constant sur un projet ambitieux.

Nous avons décrit également dans ce chapitre la méthode que nous avons utilisée pour l'acquisition des connaissances. Cette méthode repose essentiellement sur l'utilisation de la technique d'extraction *in situ* qui s'est révélée quatre fois plus productive en informations utiles que les méthodes classiques d'interviews enregistrées.



L'extraction *in situ* consiste à extraire la connaissance et à la faire fonctionner immédiatement devant l'expert. Pour cela, nous avons utilisé l'outil NASS qui a évolué conjointement afin de prendre une place beaucoup plus participative et précoce dans la méthode NASSE.

La description technique de l'outil NASS est donnée en partie IV. Pour l'instant, nous allons aborder les problèmes qui nous ont conduit à préférer faire évoluer un outil embryonnaire plutôt que de choisir un outil du marché.

## II.5 Choix de l'outil de développement de système expert

### II.5.0 Introduction

Le choix d'un outil de développement adéquat contribue non seulement à l'efficacité d'un système expert mais aussi à l'accélération du processus de son développement.

En ce qui concerne le système expert pour l'approche globale de la sécurité incendie, le choix était contraint non seulement par l'aspect multi-expertise mais aussi par un certain nombre d'exigences du cahier des charges.

Nous allons donc présenter les principes que nous avons adoptés ainsi que notre façon de procéder pour trouver l'outil de développement adéquat.

### II.5.1 Principes du choix de l'outil

Le but du développeur de système expert est, en définitive, de construire un modèle cognitif ou normatif ou un mélange des deux. Nous rappelons brièvement qu'en théorie des systèmes :

- dans un modèle cognitif, on cherche à établir la relation (l'opérateur) qui relie les entrées aux sorties d'un système,
- dans un modèle normatif, on cherche à établir la relation souhaitable entre entrées et sorties.

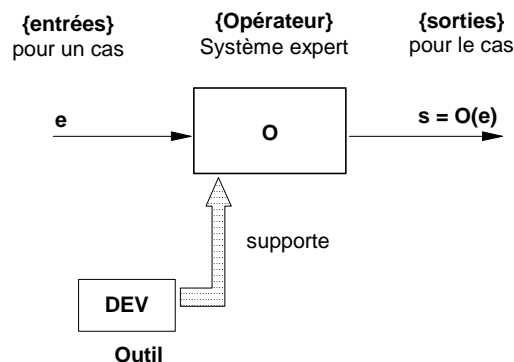
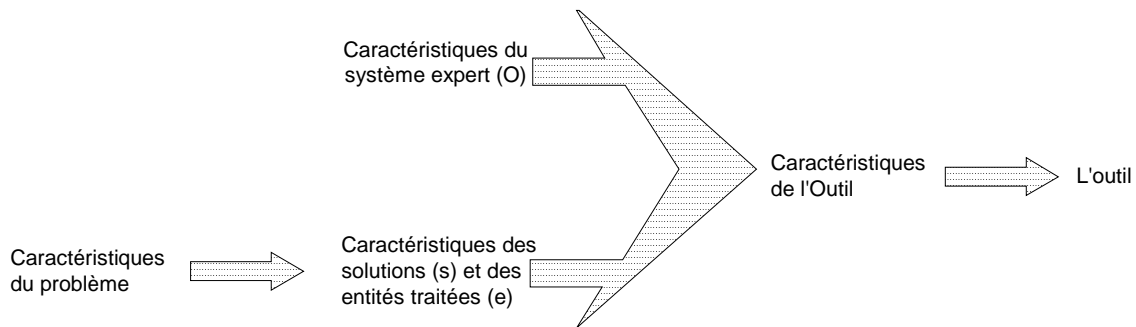


fig. II/33. L'outil de développement est le support du modèle cognitif

Il est peu probable que le premier outil venu permette de représenter toutes les caractéristiques de l'opérateur O. Ou alors, il faudrait que ce soit un outil universel dont l'existence reste à prouver.

La voie logique qui nous reste est d'adopter la nature du problème à traiter comme le meilleur guide. L'idéal serait de disposer d'un outil correspondant exactement au problème. Le schéma suivant représente le processus qui conduirait à ce choix idéal :



*fig. II/34. Principe du choix de l'outil de développement*

De ce point de vue, il n'est peut-être pas nécessaire d'essayer de classer des outils suivant une liste de critères fixes. Un outil très performant pour un certain problème peut se révéler impraticable pour un autre [28-WINSTON]. Choisir un outil plus général que nécessaire est même parfois désavantageux : l'outil fait tout, sauf ce qu'on veut faire et en plus il engendre des contraintes inutiles.

Néanmoins, après le choix de certains outils pour leur capacité à permettre la représentation du problème, on peut essayer de les classer par rapport à d'autres critères non essentiels pour le problème : facilités de développement et d'exploitation des connaissances.

Les deux autres principes sont :

- Tester l'outil sur une partie du problème pour valider le choix ;
- Choisir un outil pourvu de mécanismes d'explication et de trace de l'exécution si la rapidité de développement est une contrainte fondamentale du projet.

## **II.5.2 Contenu de la méthode pour le choix de l'outil**

Nous proposons une méthode en quatre étapes pour choisir un outil de développement de système expert. C'est celle que nous avons adoptée dans notre projet de système expert incendie.

### Etape 1 : Analyse préliminaire du problème.

Pour cette analyse préliminaire on adopte une approche sémographique (cf. II.0 à II.4). Le résultat de cette analyse est une liste de caractéristiques des données, connaissances et raisonnements susceptibles d'être utilisés dans le système expert.

Aux caractéristiques intrinsèques du système expert on peut en ajouter d'autres concernant le processus de conception du système expert (utilitaires), et d'autres liées à l'environnement logiciel et matériel prévu par le cahier des charges.

### Etape 2 : Consultation d'une liste d'outils

Une fois le profil du problème connu, il est possible d'effectuer une présélection d'outils. Pour cela, il suffit de consulter une liste d'outils ou d'utiliser des documents publicitaires pour trouver les candidats.

Exemples de listes :

- monde informatique du 30/05/1988 pages 34-35,
- Rault [63],
- Benchimol [34].

### Etape 3 : Choix effectif

Il ne faut pas oublier que la sémographie ne donne pas la nature exacte des connaissances, mais des formes potentielles. Donc, même le fait de tester l'outil ne garantit pas à cent pour cent qu'on ne rencontrera pas de connaissances difficiles à représenter.

Suivant les finances et le contexte (universitaire ou industriel), la recherche de l'outil peut être plus ou moins détaillée. Dans ce dernier cas, elle peut donner lieu à la réalisation de mini-projets de deux à trois jours avec la société commercialisant l'outil présélectionné.

Un mini-projet efficace consiste en un ensemble de sketches. Par exemple :

- Simuler des appels de tâches (de tâche à tâche),
- Simuler l'interruption et la reprise d'une tâche,
- Simuler l'expression d'un but par l'utilisateur,
- Simuler une consultation de base de données,
- Simuler un appel de programme externe à l'outil,
- Simuler un apprentissage à 4 ou 5 neurones,
- Exprimer un granule de connaissance.

Dans beaucoup de cas, il suffit de disposer d'exemples de problèmes déjà résolus par l'outil présélectionné.

#### Etape 4 : Création éventuelle d'un outil

Si le résultat de l'analyse montre qu'aucun outil ne convient pour traiter le problème courant, il faut songer à en créer un (ou à en améliorer un existant). C'est ce qui s'est produit dans notre cas. Les éléments déterminants ont été les suivants :

1° Le besoin de produire des bases de connaissances ouvertes aux experts, c'est-à-dire qui soient modifiables par eux sans recours à un langage de programmation.

2° Le besoin d'avoir des bases autonomes capables à la fois de rendre un service à l'utilisateur final et de s'intégrer dans des processus globaux nécessitant la coopération de plusieurs sources de connaissances.

3° La nécessité de piloter de multiples bases de connaissances par des plans d'actions statiques et dynamiques.

4° Le besoin de représenter un univers de discours contenant des objets structurés et analysables à des niveaux de détails différents.

5° La contrainte d'utiliser un micro-ordinateur type IBM/PC en configuration de base.

6° Une masse de connaissances imposante par rapport au matériel dont la mémoire est (très) limitée (512 Ko). Le système actuel comporte 50 bases de 100 granules en moyenne. A titre de comparaison, rappelons que l'un des systèmes experts opérationnels, XCON de Digital, comportait 3000 règles en 1987 et qu'il a fallu alors commencer à envisager d'autres modes de représentation, car le système devenait trop lent quoique tournant sur un DEC PDP 10.

A l'époque (1988) où nous avons commencé les travaux d'extraction de connaissances, aucun outil de ce type n'existait sur le marché mondial. Nous en avons recensé une vingtaine tournant sur micro-ordinateur. Nous avons étudié leurs potentialités à partir de documents publiés ou fournis par les sociétés de distribution. Pour quelques-uns d'entre eux, nous avons pu appliquer l'approche par mini-projets.

L'un de ces outils comportant tableur, système de gestion de base de données, moteur d'inférence avec chaînages avant et arrière a retenu notre attention et a été acheté pour le projet. Ce choix conduisait à l'élimination de prétentions (1°), (3°), (7°). Nous avons abandonné trois mois plus tard lorsque nous avons constaté une mauvaise gestion de la mémoire par l'outil ; le point (6°) ne serait plus satisfait. En gros, la mémoire occupée par des variables locales à des procédures ou des bases de connaissances n'était pas totalement récupérée à leur terminaison. D'où un engorgement progressif de la mémoire. Il fallait faire d'incessantes recopies complètes puis rechargements de la base de faits.

### II.5.3 Evaluation de la méthode

---

#### *Facilité de mise en oeuvre*

Cette méthode a toutes les chances de nous conduire à un outil compatible avec le budget et les aspects techniques du projet.

Pour ceux qui veulent rentabiliser des outils qu'ils possèderaient déjà, la méthode peut les conduire soit à éliminer certaines exigences du cahier des charges, soit à réinvestir dans un autre outil.

La difficulté majeure de cette méthode intervient lorsque la décision est prise de créer un outil. Cela peut, en effet, allonger les délais de conception et nécessiter une augmentation substantielle du budget.

---

#### *Améliorations possibles*

Lorsqu'il existera sur le marché des bibliothèques de programmes permettant de créer des mécanismes de raisonnement sur mesure, d'analyser le langage naturel, de créer des structures complexes d'objets, alors le fait de créer un outil ne sera plus un obstacle insurmontable des points de vue à la fois financier et technique.

### II.5.4 Conclusion

Nous venons de présenter notre façon de procéder pour arriver à l'outil de développement qui convenait à notre projet. La méthode décrite nous a conduit à créer un outil plutôt que d'en choisir un du marché.

Ce choix découle de la confrontation des possibilités du marché avec les contraintes du projet. Pour ne pas en arriver à la création d'un outil, il aurait fallu réduire les ambitions du projet, notamment en ce qui concerne la lisibilité des bases de connaissances par les experts.

Dans l'état actuel de la technique des systèmes experts, les projets ambitieux ont toutes les chances de nécessiter la création de nouveaux outils de développement, ou l'adaptation d'outils existants.

## II.6 Conclusion de la deuxième partie

Pour concrétiser la méthode globale d'étude de la sécurité incendie de bâtiment, il nous fallait un outil théorique. Faute d'en avoir trouvé un à notre convenance, nous en avons construit un à partir de matériaux puisés dans la littérature spécialisée. Il en est résulté la sémographie, sorte de méta-modèle sémantique dont la base fondamentale est l'anticipation.

Après la définition de la sémographie ainsi que ses buts, nous avons décrit la sémographie computationnelle qui rassemble les principaux traits sémantiques liés aux connaissances des experts et à leur mise en œuvre. La sémographie structurelle de son côté nous propose un ensemble de traits sémantiques relatifs aux points liés aux objets du discours des experts.

Étant donné que notre système expert doit intervenir en phase de conception du bâtiment et que la réalisation du système expert est aussi une activité de conception, nous avons appliqué les concepts de la sémographie à l'activité de conception. Ce qui nous a permis de disposer, par la suite, de la collection de sèmes (significations élémentaires) à surveiller (anticiper) lors de l'analyse d'une activité ou d'une connaissance de conception.

Nous avons exploité le concept de sémographie pour élaborer une méthode d'acquisition et d'extraction des connaissances : la méthode NASSE.

Une deuxième exploitation du concept de sémographie a abouti à la méthode que nous avons utilisée pour le choix de notre outil de développement du système expert incendie. Notre analyse nous a conduit à créer un outil de développement adapté à l'acquisition des connaissances *in situ*. La productivité en a été nettement améliorée.

Dans la partie suivante, nous décrivons le résultat de l'application des méthodes que nous venons de présenter, c'est-à-dire le contenu du système expert incendie.

# **PARTIE III**

**DESCRIPTION DU SYSTEME EXPERT EN SECURITE INCENDIE**

## III.0 Introduction

Dans cette partie, nous allons faire la description organique du système expert TRIAGE (Traitement du Risque Incendie par Analyse GlobalE).

De même que pour la caractérisation des problèmes (cf. II.2), nous allons adopter l'approche : structure des données, des connaissances, des raisonnements et des solutions. La seule différence est que le contenu est spécifique au système expert en sécurité incendie TRIAGE.

## III.1 Typologie et formalisation des éléments de l'étude

### III.1.1 Typologie et formes des données et des résultats

Les données sont de trois types :

- données descriptives relatives au site et au bâtiment (voir modèles conceptuels et iconiques ci-après).
- données sous forme de contraintes. Elles servent à adapter les solutions aux besoins de l'utilisateur. Par exemple, une contrainte peut indiquer que l'utilisateur tient à rester dans un contexte purement réglementaire. Cela écarte les recherches d'alternatives à la réglementation.
- solutions partielles (en cas de coopération). Pour accélérer le processus de recherche de solution, l'utilisateur peut indiquer la solution (s'il la connaît) à certains sous-problèmes. Par exemple l'utilisateur peut déclarer d'emblée qu'un local est sensible. Il gagne alors le temps qu'il faudrait au spécialiste compétent pour aboutir à une telle conclusion.

Les résultats sont de deux types :

- les résultats organiques sont ceux qui impliquent une modification des organes du bâtiment ou de l'entreprise. Par exemple, une proposition de recours au gardiennage ou de mettre un poteau à l'extérieur du bâtiment est d'ordre organique.
- les résultats prévisionnels concernent des états probables d'un système. Par exemple, le niveau de risque est un résultat qui concerne le système bâtiment, le calcul des pertes directes ou indirectes concerne le système entreprise.



### III.1.2 Modèle conceptuel des objets du discours

#### a) Liste des entités : $U_D$ (l'univers du discours)

Le modèle conceptuel retenu est à niveaux de détails. Il est donc un modèle atomistique qui sera manipulé par des filtres produisant des vues moins détaillées dont le comportement est décrit par le modèle iconique associé au modèle conceptuel. Ici nous listons les entités de bas niveau qui sont prises en compte par les modules de connaissance. L'utilisateur pourra en créer des instances en quantité dépendant de chaque projet particulier.

<i>Environnement lointain</i>	<i>Poutre</i>	<i>Refend</i>
<i>Environnement proche</i>	<i>Poteau</i>	<i>Ossature</i>
<i>Site</i>	<i>Ouverture</i>	<i>Espace libre</i>
<i>Bâtiment</i>	<i>Porte</i>	<i>Ascenseur</i>
<i>Parking</i>	<i>Fenêtre</i>	<i>Mission</i>
<i>Voie de circulation</i>	<i>Gaine</i>	<i>Escalier</i>
<i>Bloc</i>	<i>Travée</i>	<i>Marchandise</i>
<i>Niveau</i>	<i>Console</i>	<i>Plancher</i>
<i>Cellule</i>	<i>Produit</i>	<i>Outil</i>
<i>Local</i>	<i>Activité</i>	<i>Couloir</i>
<i>élément vertical</i>	<i>élément</i>	<i>élément horizontal</i>
<i>.../...</i>	<i>.../...</i>	

Tab. III/1 Entités du modèle conceptuel de TRIAGE

#### b) Taxonomies sur $U_D$

Chacun des noms cités en (a) constitue une classe d'entités pouvant être instanciée dans un projet particulier. De plus, nous avons la taxonomie suivante :

<i>* Un local est une cellule.</i>
<i>* Un couloir est une cellule.</i>
<i>* Un produit est une mission.</i>
<i>* Un élément vertical est un élément.</i>
<i>* Un élément horizontal est un élément.</i>
<i>* Un poteau est un élément vertical.</i>
<i>* Un refend est un élément vertical.</i>
<i>* Une poutre est un élément horizontal.</i>

Tab. III/2 Relations taxinomiques

Ces relations permettent à des entités similaires sur certains aspects de partager des attributs et des comportements. Par exemple, les calculs d'échauffement sont faits sur la classe *élément*. Ils seront donc utilisables sur les poteaux, poutres, refends.

c) Morphologies sur UD

Notre modèle structurel contient des liens morphologiques. Par exemple, un local ne peut exister sans son niveau, ni le niveau sans son bloc, ni le bloc sans son bâtiment.

- \* Un site comprend des bâtiments, des parkings, des voies de circulation.
- \* Un bâtiment est composé de blocs, d'escaliers, d'ascenseurs.
- \* Un bloc est composé de niveaux.
- \* Un niveau est composé de cellules.
- \* Une ossature est composée de poutres, de poteaux, de refends.

Tab. III/3 Relations morphologiques

Ces relations permettent de raisonner sur les objets dans des niveaux de détails différents. Par exemple l'évacuation peut être étudiée dans un local, un niveau, un bloc ou sur le bâtiment tout entier.

d) Hiérarchies causales sur UD

- \* Un mur délimite un local.
- \* Un plancher délimite un local.
- \* Un poteau délimite une travée.
- \* Un poteau délimite une console.
- \* Un mur est percé par des ouvertures.
- \* Une ouverture est aménagée par une porte, une fenêtre.
- \* Un plancher est percé par des trémies.
- \* Une trémie est aménagée par une trappe.
- \* Un bâtiment possède une ossature.

Tab. III/4 Relations hiérarchiques causales

e) Hiérarchies acausales sur UD

- \* Un outil est situé dans un local.
- \* Une marchandise est située dans un local.
- \* Une activité est menée dans un local.
- \* Une cellule est au-dessus d'une autre cellule via un partiteur plancher.
- \* Un local donne sur l'environnement via un mur, un plancher.

Tab. III/5 Relations hiérarchiques acausales

f) Symétries sur UD

- \* Une cellule a une contiguïté nivelée avec une autre cellule via un partiteur mur.
- \* Une cellule a une contiguïté dénivelée avec une autre cellule via un partiteur mur.
- \* Une cellule communique avec une autre cellule via un vecteur porte, un vecteur baie.
- \* Une cellule communique avec l'environnement via un vecteur porte, un vecteur baie.
- \* Un bâtiment est à proximité d'un autre bâtiment via un vecteur espace libre.
- \* Une cellule communique avec une autre cellule via un vecteur gaine.

- \* *Un couloir communique avec un escalier via un vecteur porte.*
- \* *Un couloir communique avec un ascenseur via un vecteur porte.*

*Tab. III/6 Relations symétriques*

### III.1.3 Modèle iconique associé au modèle conceptuel

Nous avons adopté une représentation en deux dimensions, basée sur deux variétés planes : une horizontale et une verticale. Les repères sont un datum général attaché au bâtiment et des datums locaux attachés aux blocs du bâtiment. Dans un bloc, un niveau est repéré par rapport au datum local du bloc. Ces datums locaux ont des finalités de cohérence avec les connaissances du domaine de l'incendie.

*Exemples de paramètres concernés :*

*Nombre de niveaux au-dessus d'un local,  
Local est enterré.*

Le datum global permet d'obtenir des coupes du bâtiment sur plusieurs blocs. Autrement, il faudrait à chaque coupe indiquer un bloc particulier.

#### a) Notation

Les relations seront notées  $(S_1, m, S_2)$  où  $S_1, S_2$  sont des sous-systèmes et  $m$  un médiateur de relation.

Les règles seront écrites avec une syntaxe de règles de réécriture :

*symbole 1  $\longrightarrow$  symbole 2*

Quelques symboles sont fixés :

*Env.* : désigne l'environnement extérieur,  
*nil* : signifie annihilation (néant).

#### b) Règles générales à la destruction du médiateur

<i>RG01: (Local<sub>1</sub>, mur, Local<sub>2</sub>)</i>	<i><math>\longrightarrow</math> Local<sub>3</sub></i>
<i>RG02: (Local<sub>1</sub>, plancher, Local<sub>2</sub>)</i>	<i><math>\longrightarrow</math> Local<sub>3</sub></i>
<i>RG03: (Local, mur, Env.)</i>	<i><math>\longrightarrow</math> Env.</i>
<i>RG04: (Local, plancher, Env.)</i>	<i><math>\longrightarrow</math> Env.</i>
<i>RG05: (Travée, poteau, Env.)</i>	<i><math>\longrightarrow</math> Console</i>
<i>RG06: (Travée<sub>1</sub>, poteau, Travée<sub>2</sub>)</i>	<i><math>\longrightarrow</math> Travée<sub>3</sub></i>

<i>RG07: (Local, mur, couloir)</i>	$\longrightarrow$ <i>Local</i>
<i>RG08: (Local, plancher, couloir)</i>	$\longrightarrow$ <i>Local</i>
<i>RG09: (Env. Poteau, Env.)</i>	$\longrightarrow$ <i>nil</i>
<i>RG10: (Console, Poteau, Env.)</i>	$\longrightarrow$ <i>nil</i>

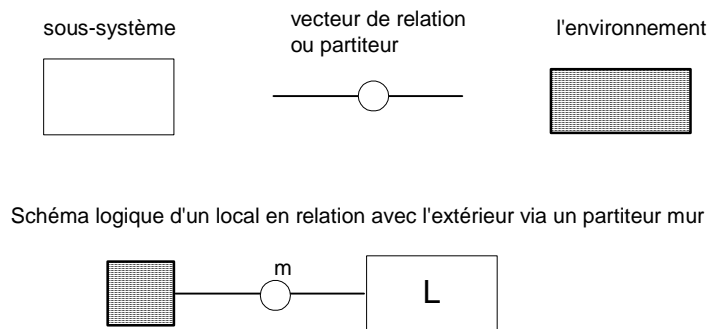
*Tab. III/7 Règles de destruction du médiateur*

### c) Règles d'organisation concernant les locaux et couloirs

Les partiteurs de locaux et couloirs sont : mur, plancher. Les planchers suivent la variété horizontale alors que les murs suivent la variété verticale.

Rappelons que « local » et « couloir » sont des cellules. Donc, sauf cas particulier, les règles seront écrites au niveau cellule.

Les pictogrammes suivants seront utilisés dans les graphiques explicitant les relations.

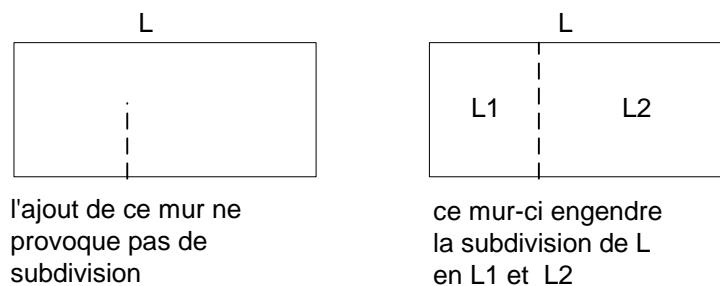


*fig. III/1. Pictogrammes, schémas relationnels*

#### c.1 Subdivision de cellules

La subdivision survient lorsque graphiquement le partiteur rencontre deux points de la frontière initiale du sous-système avec apparition de deux zones distinctes. On obtient deux sous-systèmes de même classe que le sous-système initial.

Exemple :



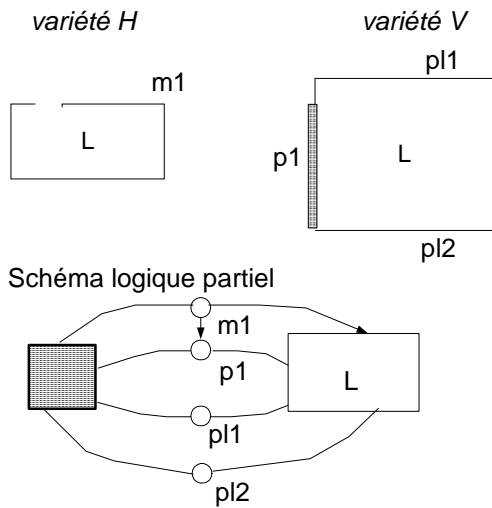
*fig. III/2. Subdivision*

Les règles de la subdivision des cellules :

- R1:** Les cellules engendrées sont de la même classe que la cellule initiale (local ou couloir).
- R2:** Une relation de partition apparaît automatiquement entre les deux sous-systèmes. Elle est viabilisée par le partiteur. Ce sera une relation :
- de « contiguïté nivelée » si l'opération se passe parallèlement à la variété verticale,
  - de « au-dessus de/au-dessous de » si l'opération a lieu perpendiculairement à la variété verticale.
- R3:** Si l'une des cellules créées n'a pas de porte, alors :
- si cette cellule est un local, on crée une porte du côté où il y a contiguïté avec un couloir. En l'absence de couloir contigu, il faut se référer à l'utilisateur pour positionner la porte.
  - si cette cellule est un couloir, la porte apparaît dans le partiteur entre les deux tronçons de couloir.
- R4:** En cas de subdivision parallèlement à la variété horizontale :
- si la coupure est à la hauteur d'un niveau par rapport au datum général, alors la cellule du dessus appartient au niveau supérieur et la cellule du dessous reste à son propre niveau.
  - sinon :
    - . un escalier apparaît pour relier les deux cellules,
    - . l'apparition de porte est interdite dans la cellule du dessus,
    - . un niveau intercalaire apparaît entre les deux cellules dans le bloc de cellule initiale.
- R5:** En cas de subdivision perpendiculairement à la variété horizontale, le bloc se détermine de la manière suivante :
- Si une cellule comporte des pans de plancher haut dans des blocs  $B_i$ , le bloc de la cellule sera celui du  $B_i$  le moins élevé par rapport au datum général.
- Le niveau se détermine d'après la règle suivante :
- Si une cellule comporte des pans de plancher bas dans des niveaux  $N_i$ , le niveau de la cellule sera celui des  $N_i$  qui se trouve dans le bloc de la cellule.

Quelques exemples de subdivisions :

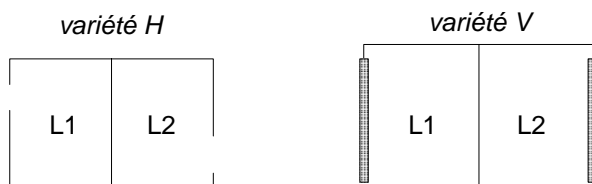
- Création d'un premier local L



; le mur m1 est créé à cause de la relation causale :  
 (mur) délimite (local)  
 ; comme il n'y a pas d'autres locaux, L est rattaché à l'environnement  
 ; la porte p1 met L en contact avec l'environnement à cause de la règle qui dit qu'un local a au-moins une porte  
 ; les planchers pl1 et pl2 sont créés à cause de la relation causale :  
 (plancher) délimite (local)  
 ; les flèches montrent les hiérarchies causales.

fig. III/3. Un local et son enveloppe, Une porte, Schéma logique partiel

- Partage de L par un mur m2



; le local L2 possède le mur m2 réalisant la contiguïté avec L1  
 ; le reste de la frontière de L2 est constitué par le mur m3 qui contient une porte créée automatiquement. D'où deux types de relations entre L2 et l'environnement.

fig. III/4. Partage d'un local par un mur et ajout d'une porte

; pl3 et pl4 sont issus de la mutation de pl1 et pl2.

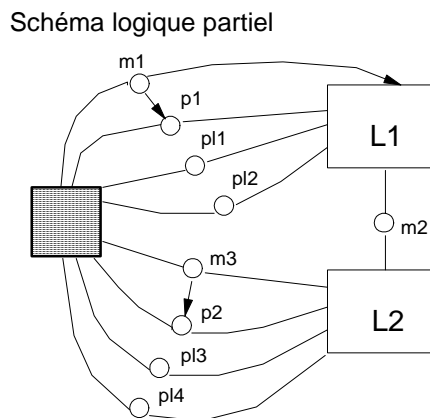


fig. III/5. Schéma logique après subdivision

- Partage complexe parallèle à la variété verticale

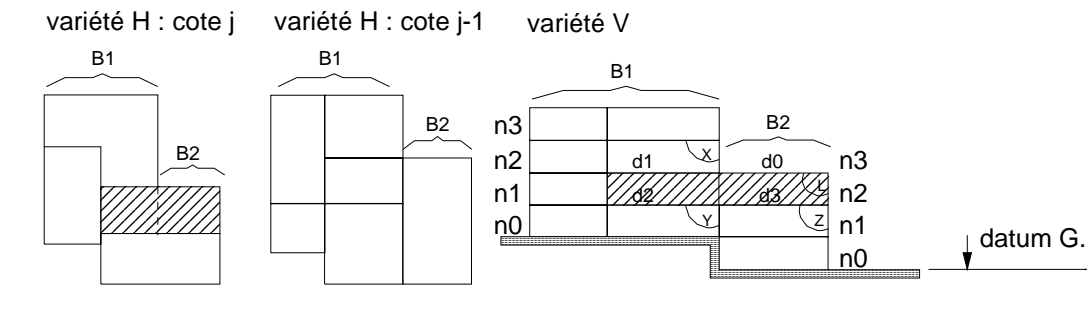


fig. III/6. Partage complexe par coupe verticale

La zone hachurée représente le local L en plan et en coupe. La ligne discontinue représente le mur qui va réaliser la subdivision de L, opération qui va engendrer deux locaux L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> (à gauche et à droite). Pour l'instant, le bloc du local L est B<sub>2</sub> parce que B<sub>2</sub> est moins élevé que B<sub>1</sub> par rapport au datum général. Le niveau de L est n<sub>2</sub> compté dans B<sub>2</sub>.

Si le mur est ajouté exactement sur la frontière entre B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>, alors le bloc du local de gauche (L<sub>1</sub>) sera B<sub>1</sub> et celui du local de droite (L<sub>2</sub>) sera B<sub>2</sub>. Le niveau de L<sub>1</sub> sera compté dans B<sub>1</sub> et on obtiendra n<sub>1</sub> ; celui de L<sub>2</sub> sera n<sub>2</sub> dans B<sub>2</sub>.

Ordre des opérations :

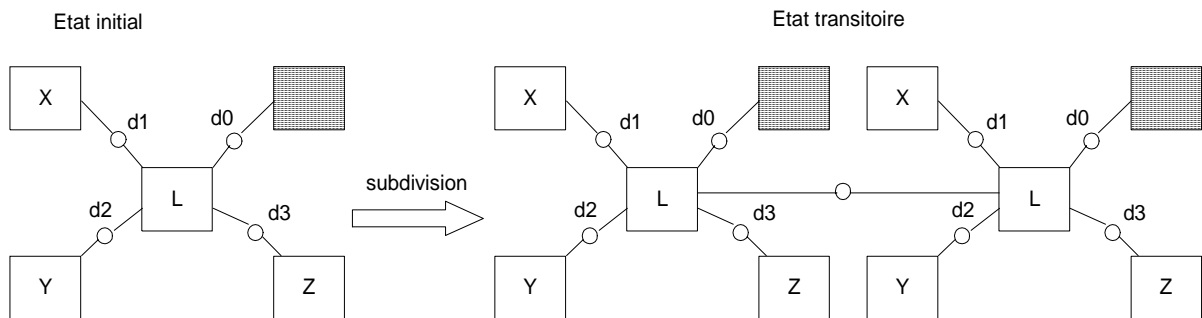
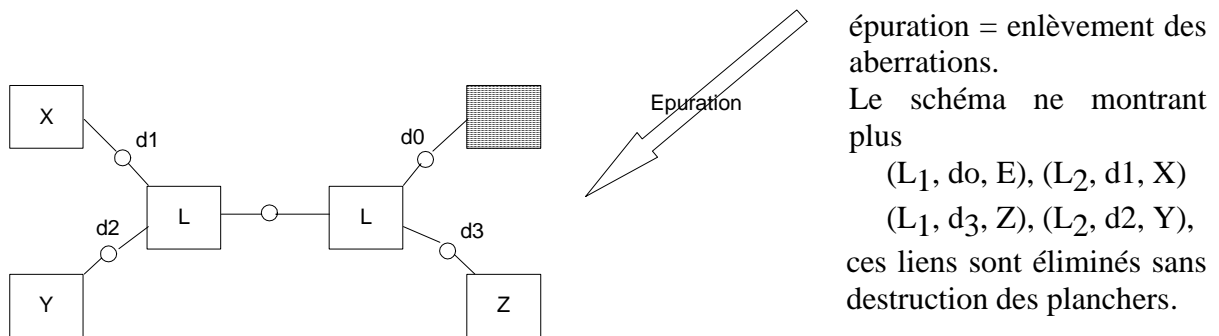


fig. III/7. Etat transitoire du partage complexe



épuraton = enlèvement des aberrations.

Le schéma ne montrant plus

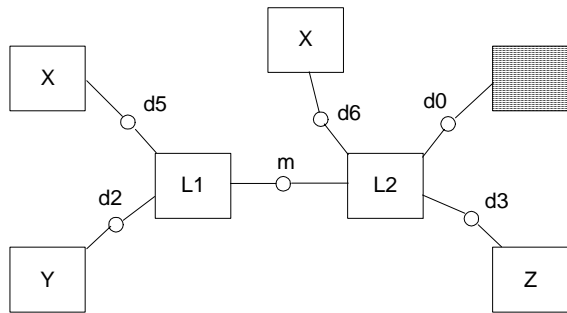
(L<sub>1</sub>, d<sub>0</sub>, E), (L<sub>2</sub>, d<sub>1</sub>, X)

(L<sub>1</sub>, d<sub>3</sub>, Z), (L<sub>2</sub>, d<sub>2</sub>, Y),

ces liens sont éliminés sans destruction des planchers.

fig. III/8. Etat final du partage complexe

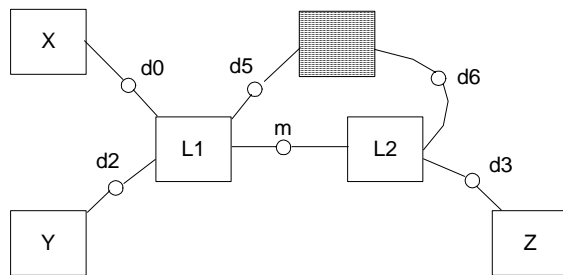
Si le mur est décalé à gauche du trait discontinu, on obtient le même résultat en ce qui concerne les blocs et niveaux de L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub>. Par contre, le schéma logique sera :



- \* le plancher d<sub>1</sub> mute en d<sub>5</sub> + d<sub>6</sub>
- \* le local L<sub>2</sub> a une relation avec X via d<sub>6</sub>

fig. III/9. Décalage à gauche du mur de Partage Complexe (fig. 6)

Si le mur est placé à droite du trait discontinu, la règle du datum fera que L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> auront pour bloc B<sub>2</sub> et leur niveau dans ce bloc sera n<sub>2</sub>. Le schéma logique sera :



- \* le plancher d<sub>0</sub> mute en d<sub>5</sub> + d<sub>6</sub>
- \* le local L<sub>1</sub> a une relation avec E via d<sub>5</sub>.

fig. III/10. Décalage à droite du mur de Partage Complexe (fig. 6)

- Partage complexe parallèle à la variété horizontale

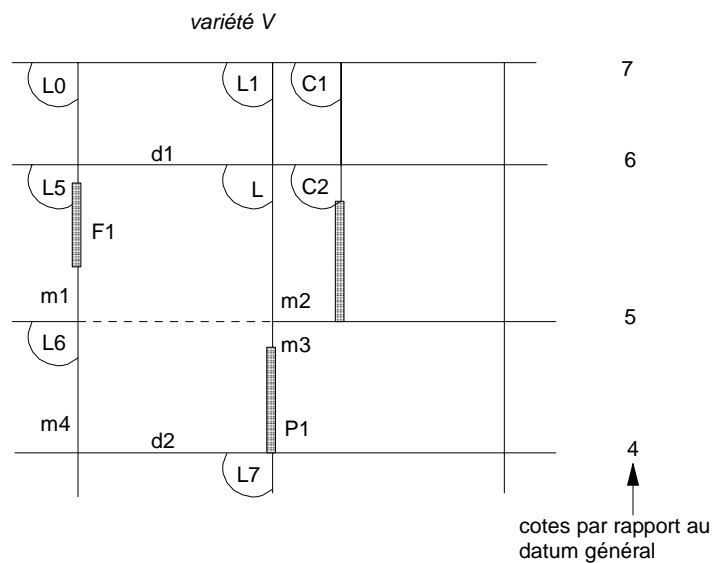


fig. III/11. Partage Complexe par coupe horizontale



L va muter en L<sub>2</sub> + L<sub>3</sub>.

Schéma logique initial

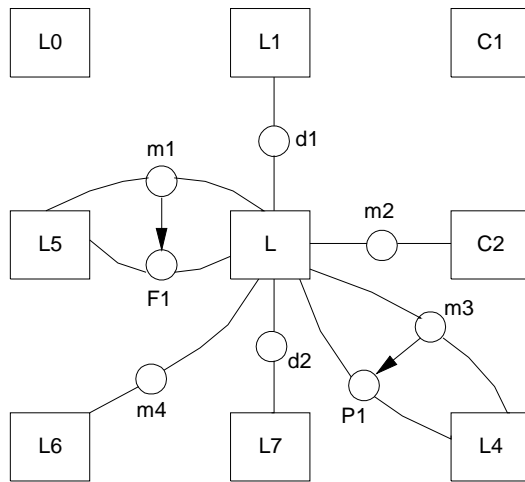
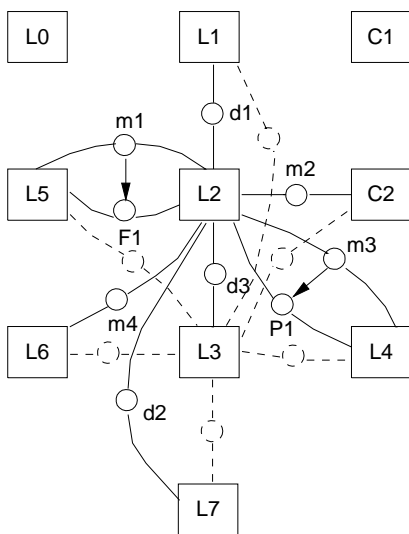


fig. III/12. Schéma logique initial

Si le plancher est ajouté au niveau de la ligne discontinue :



; État transitoire sans les portes et fenêtres  
; La phase d'épuration élimine les relations

(L<sub>3</sub>, d<sub>1</sub>, L<sub>1</sub>)

(L<sub>2</sub>, d<sub>2</sub>, L<sub>7</sub>)

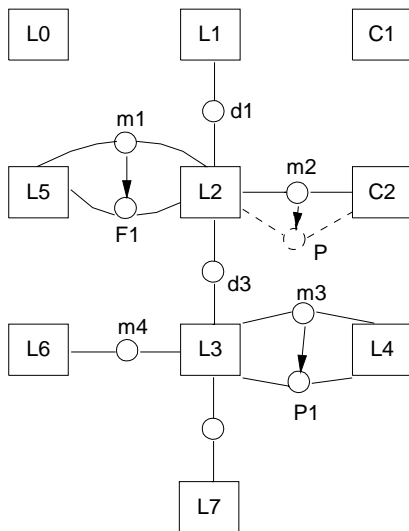
(L<sub>3</sub>, m<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>)

(L<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>)

(L<sub>3</sub>, m<sub>1</sub>, L<sub>5</sub>)

(L<sub>2</sub>, m<sub>4</sub>, L<sub>6</sub>)

fig. III/13. Etat transitoire



; à ce stade, le local  $L_2$  n'a pas de porte  
 ; la phase de correction d'aberration se chargera de créer une porte. Comme on a un couloir dans la relation  $(L_2, m_2, C_2)$ , la porte sera créée automatiquement dans  $m_2$ .

fig. III/14. Etat final après épuration

### c.2 Fusion de cellules

La fusion intervient lorsqu'un partiteur entre deux cellules est détruit. Les deux sous-systèmes disparaissent du fait de la causalité *frontière*  $\Rightarrow$  *système*. Ils laissent place à une nouvelle cellule dont la classe est déterminée par la règle de destruction du partiteur concerné.

Les règles de fusion des cellules :

**RF1:** Si le partiteur reliait une cellule à l'environnement, la cellule disparaît complètement. Cette disparition s'effectue au profit de l'environnement, c'est-à-dire que l'environnement récupère toutes les relations de la cellule autant que possible.

**RF2:** Deux locaux donnent un local.

**RF3:** Un local et un couloir donnent un local.

**RF4:** Deux couloirs donnent un couloir.

**RF5:** Si le partiteur est un plancher, alors :

- le niveau de la cellule résultante est celui de la cellule du bas.
- la relation de contiguïté nivelée  $CNiv(C_1, m, C_2)$  ne change pas si  $C_1$  et  $C_2$  sont au même niveau. Elle mute en  $CDNiv(C_1, m, C_2)$  dans le cas contraire.
- la relation de contiguïté dénivelée  $CDNiv(C_1, m, C_2)$  reste inchangée.
- la relation de communication  $Com(C_1, p, C_2)$  est interdite si  $C_1$  et  $C_2$  ne sont pas au même niveau.

Quelques exemples de fusion :

Soient les trois locaux L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> organisés de la manière suivante :

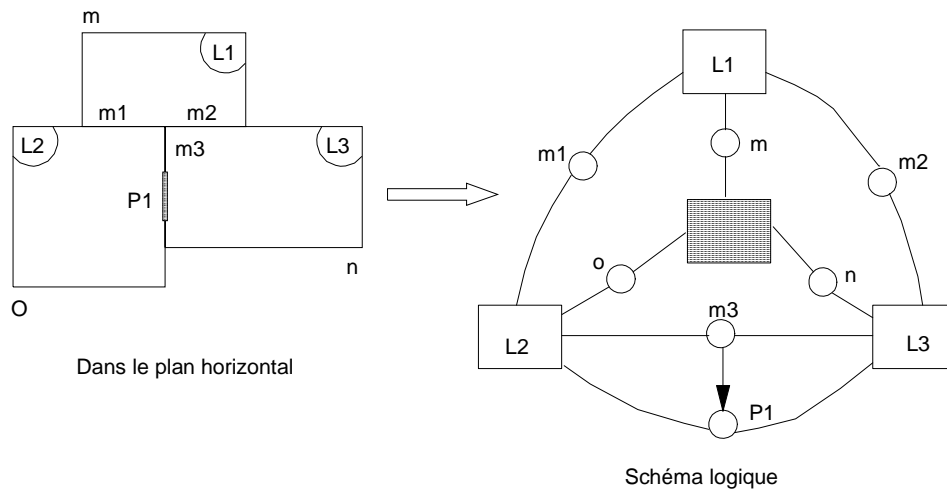


fig. III/15. Groupe de locaux avant fusion

- Élimination du mur m<sub>2</sub>

L<sub>1</sub> et L<sub>3</sub> fusionnent en L.

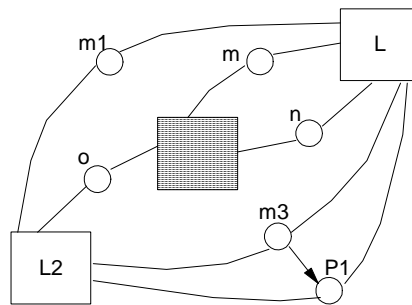


fig. III/16. Elimination du mur m<sub>2</sub> à partir de fig. 15

Epuration :

(E, m, L) et (E, n, L) donnent (E, p, L) après analyse graphique. Car les deux murs m et n sont en continuité. D'où :

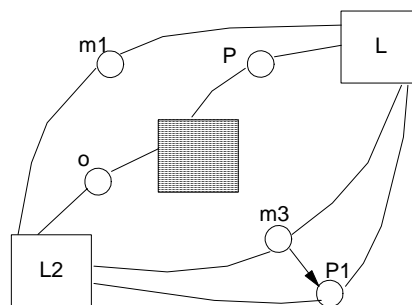
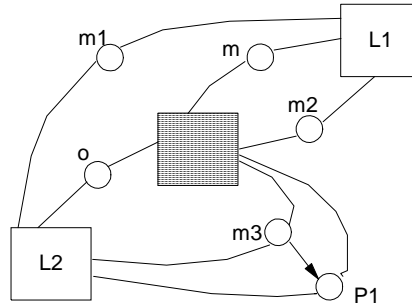


fig. III/17. Après épuration de fig. 16

- Elimination du mur n

L<sub>3</sub> fusionne avec l'environnement. La règle (a) fait disparaître L<sub>3</sub> au profit de l'environnement.



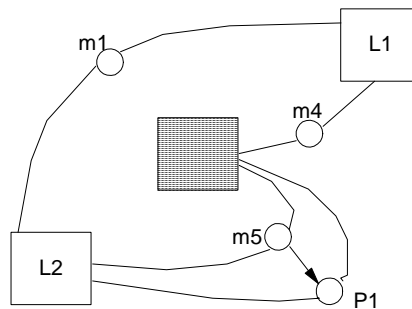
*fig. III/18. Elimination du mur n à partir de fig. 15*

Epuration :

(E, m, L<sub>1</sub>) et (E, m<sub>2</sub>, L<sub>1</sub>) donnent après analyse graphique (E, m<sub>4</sub>, L<sub>1</sub>).

De même (E, o, L<sub>2</sub>) et (E, m<sub>3</sub>, L<sub>2</sub>) donnent (E, m<sub>5</sub>, L<sub>2</sub>).

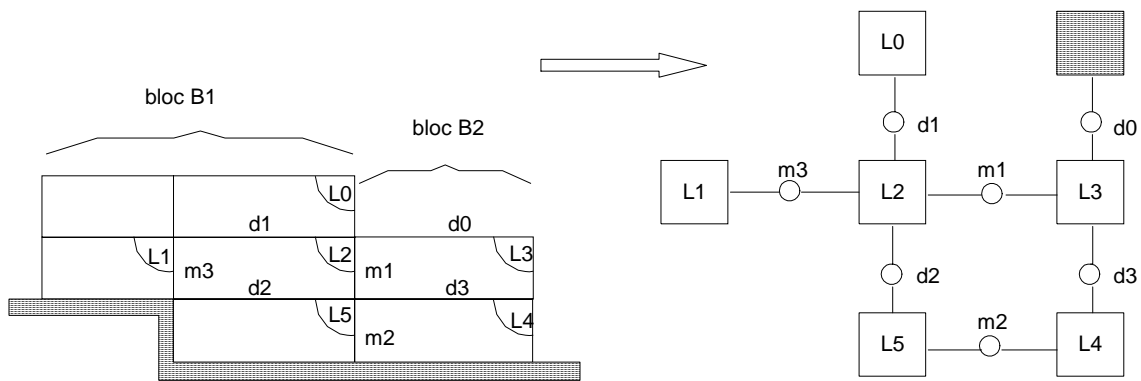
Ces opérations ont lieu avec récupération des relations des murs éliminés. D'où :



*fig. III/19. Après épuration de fig. 18*

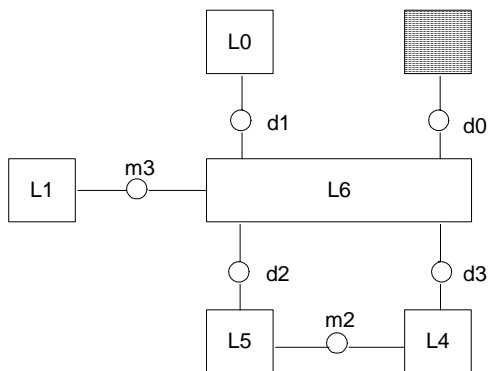
- Fusion complexe dans le plan horizontal

Soit la coupe verticale suivante :



*fig. III/20. Coupe verticale pour fusion complexe dans le plan horizontal*

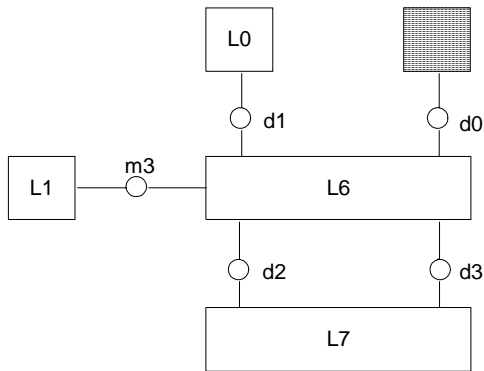
Si on élimine  $m_1$ ,  
 $L_2$  et  $L_3$  fusionnent en  $L_6$ .



*fig. III/21. Elimination du mur  $m_1$*

Ici, l'épuration ne trouve rien à modifier. La règle du datum fait que le bloc de  $L_6$  sera  $B_2$ . Et le niveau de ce local sera déterminé dans ce bloc. Une partie du local  $L_6$  sera donc enchâssée dans le bloc  $B_1$ .

Si ensuite on élimine  $m_2$ ,  
 $L_5$  et  $L_4$  fusionnent en  $L_7$ .



L'épuration provoque l'assemblage de  
 ( $L_6, d_2, L_7$ ) et ( $L_6, d_3, L_7$ ) en ( $L_6, d_4, L_7$ ). D'où :

fig. III/22. Puis élimination du mur  $m_2$

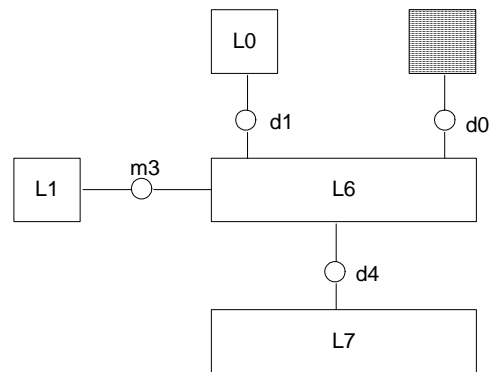


fig. III/22bis. Après épuration de fig. 22

- Fusion complexe dans le plan vertical

Soit la coupe verticale :

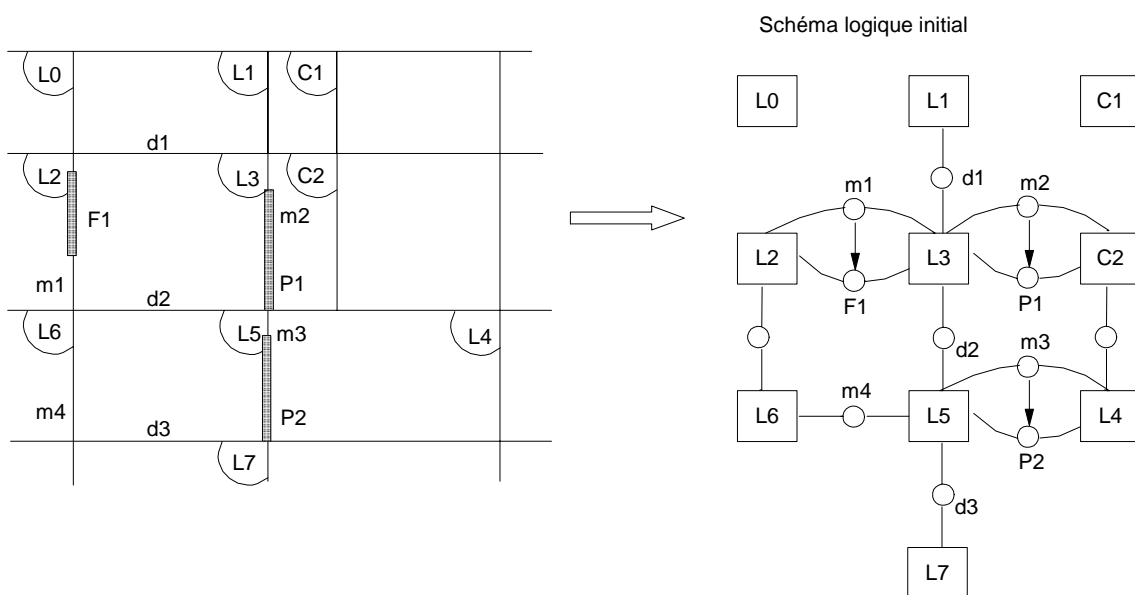


fig. III/23. Coupe verticale pour fusion complexe dans le plan vertical

Si on élimine le plancher  $d_2$ ,  
 $L_3$  et  $L_5$  fusionnent en  $L_8$ .

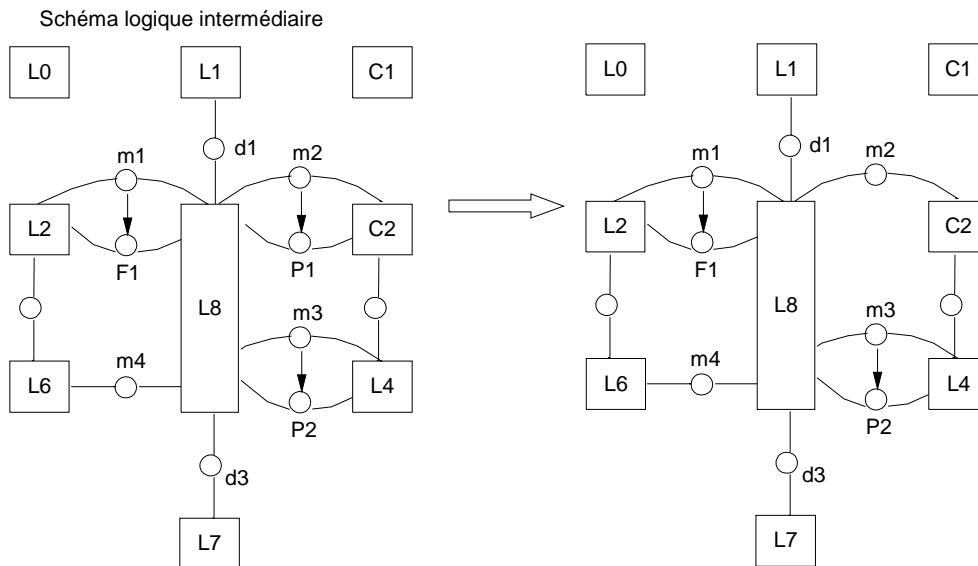


fig. III/24. Schémas de la fusion dans le plan vertical

L'épuration graphique n'apporte pas de correction et ce schéma est correct vis-à-vis du modèle logico-mathématique.

Recherche d'aberrations :

- La règle du plus faible niveau donne le niveau de  $L_8$  = celui de  $L_5$ . Or  $L_5$  était au même niveau que  $L_6$  et  $L_4$ .
- Contiguïté nivelée ( $L_6, m_4, L_8$ ) ? Oui, car niveau de  $L_6$  = niveau de  $L_8$ .
- Contiguïté nivelée ( $L_4, m_3, L_8$ ) ? Oui, car niveau de  $L_4$  = niveau de  $L_8$ .
- Contiguïté nivelée ( $L_2, m_1, L_8$ ) ? Non, car niveau de  $L_2$  = niveau de  $L_8$ . Cette relation se change en contiguïté dénivelée. D'où la question : communication ( $L_2, F_1, L_8$ ) ? Oui, car pas de contrainte sur les fenêtres.
- Contiguïté nivelée ( $C_2, m_2, L_8$ ) ? Non, car niveau de  $C_2$  = niveau de  $L_8$ . Cette relation mute en contiguïté dénivelée. D'où la question : Communication ( $C_2, P_1, L_8$ ) ? Non, car contrainte sur les portes si les cellules sont dénivelées. Il y a donc élimination de la porte  $P_1$ .
- Les relations faisant intervenir  $d_1$  et  $d_3$  restent inchangées.

*d) Règles d'organisation des murs et planchers*

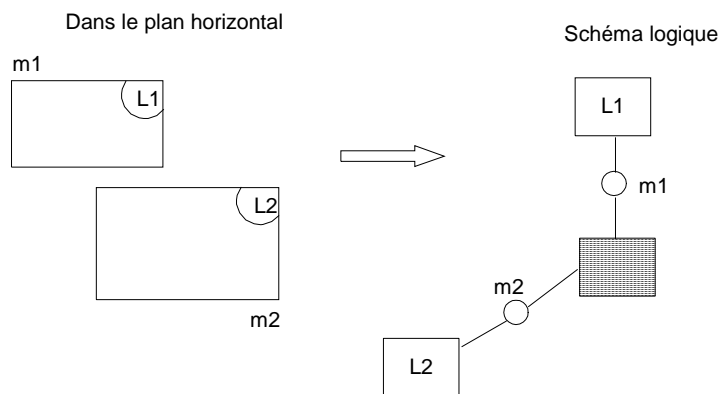
**d.1 Subdivision**

Lorsqu'un local est isolé, il a un seul mur qui le met en relation avec l'environnement. Sauf si l'utilisateur partage explicitement ce mur en plusieurs pans.

La subdivision d'un mur peut intervenir par contact avec d'autres murs, essentiellement lors de l'assemblage de locaux.

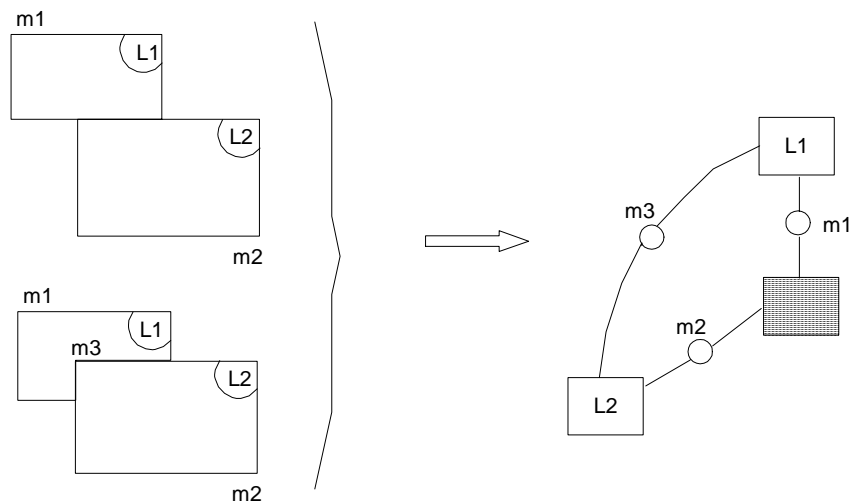
Exemple :

Soient les deux locaux non contigus L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub>.



*fig. III/25. Deux locaux avant la mise en contiguïté*

Si on les met en contiguïté :



*fig. III/26. Deux locaux après la mise en contiguïté*

La subdivision peut aussi intervenir lors du découpage d'un local.

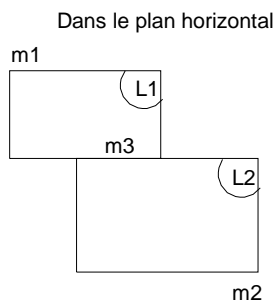


### d.2 Fusion

La fusion des murs est implicite lorsqu'elle se passe dans des opérations de contiguïté. Dans l'ensemble du paragraphe précédent,  $m_1$  aurait dû se partager en  $(m_1, m)$  et  $m_2$  en  $(m_2, n)$ . Mais du fait de la fusion implicite  $(m, n)$  on obtient un seul mur  $m_3$ .

La fusion intervient aussi lorsque, après une opération de destruction de partiteur, deux pans de murs (resp. planchers) se succèdent alors que de chaque côté il y a les mêmes entités.

Par exemple dans la coupe suivante :



$m_1$  se caractérise par  $(L_1, m_1, Env)$

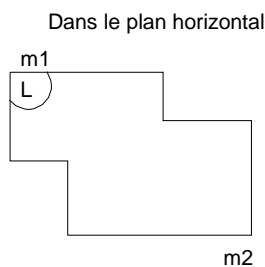
$m_2$  se caractérise par  $(L_2, m_2, Env)$

$m_3$  se caractérise par  $(L_1, m_3, L_2)$

---

*fig. III/27. Deux locaux contigus*

Si l'on détruit le mur  $m_3$ , les locaux  $L_1$  et  $L_2$  fusionnent en un local  $L$ .



on aurait alors :

–  $(L, m_1, Env)$

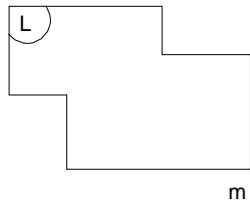
–  $(L, m_2, Env)$

---

*fig. III/28. Fusion des locaux*

Comme, en suivant la frontière de  $L$ , il n'y a pas de changement d'entités en passant de  $m_1$  à  $m_2$ , ces deux murs fusionnent en un mur  $m$  tel que l'on ait :

Dans le plan horizontal



(L, m, Env)

fig. III/29. Fusion des murs

e) Règles d'organisation pour poteaux, poutres

Les poutres se décomposent en travées et consoles.  
Les poteaux sont limités à un étage.

e.1 Subdivision

Les poteaux subdivisent les poutres et font apparaître des travées d'après les règles suivantes :

- RC1 – console peut devenir console + travée.
- RC2 – travée devient travée + travée.
- RC3 – une même console n'est jamais en relation avec deux poteaux :  $(C, P_1, x)$  et  $(C, P_2, y)$  avec  $P_1 \neq P_2 \Rightarrow$  mutation de C en une travée T tq  $(T, P_1, x)$  et  $(T, P_2, y)$ .

Exemples :

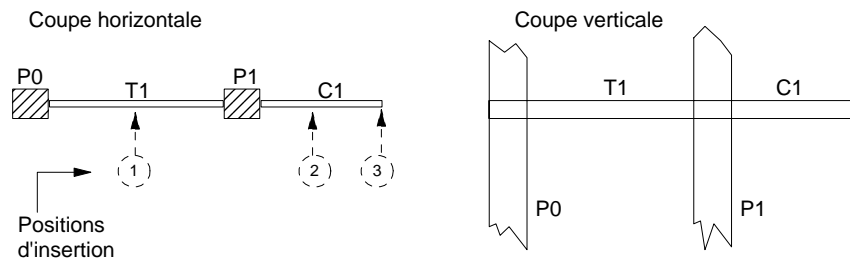
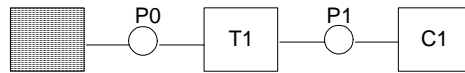


fig. III/30. Exemple d'organisation de poutres et de poteaux

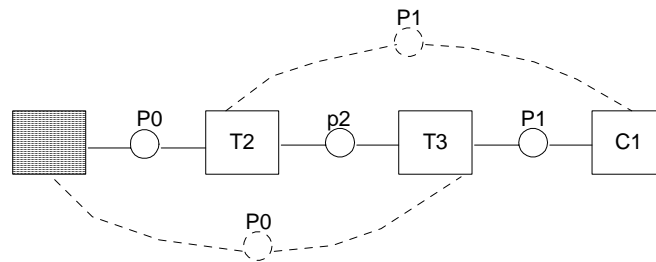
Schéma logique :



*fig. III/30bis. Schéma logique de fig. 30*

- Introduction d'un poteau entre P<sub>0</sub> et P<sub>1</sub> (position 1)

La travée T<sub>1</sub> se subdivise en T<sub>2</sub> + T<sub>3</sub>

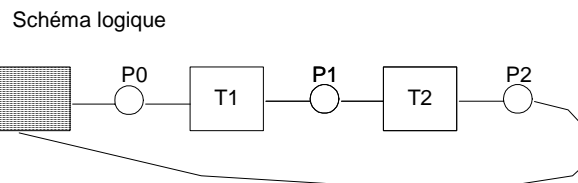


*fig. III/31. Introduction d'un poteau en travée*

Par épuration graphique, les liens (T<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, Env), (T<sub>3</sub>, P<sub>0</sub>, Env) sont éliminés.

- Introduction d'un poteau en position 2

La console C<sub>1</sub> mute en une travée T<sub>2</sub> d'après la règle RC3.



*fig. III/32. Introduction d'un poteau à l'extrémité d'une console*

P<sub>2</sub> étant un partiteur, il doit relier deux entités. Comme il n'y a pas d'entité à droite on conclut que P<sub>2</sub> relie T<sub>2</sub> à l'environnement.

### e.2 Fusion

La disparition des poteaux entraîne la fusion des travées et consoles d'après les règles :

- (T<sub>1</sub>, P, T<sub>2</sub>) → T<sub>3</sub> : RF<sub>1</sub>
- (T, P, C) → C : RF<sub>2</sub>
- (T, P, Env) → C : RF<sub>3</sub>

Exemples :

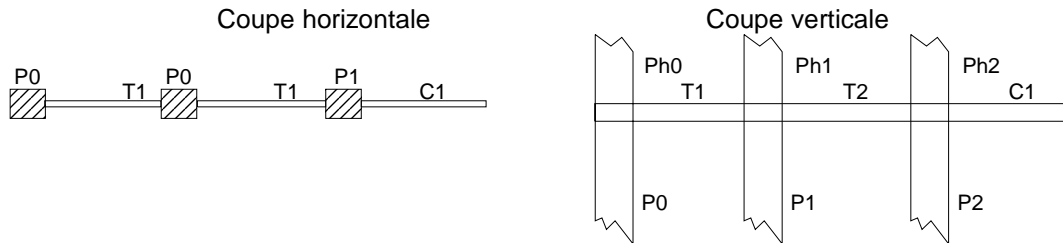


fig. III/33. Organisation de poutres et poteaux avant fusion

Schéma logique :

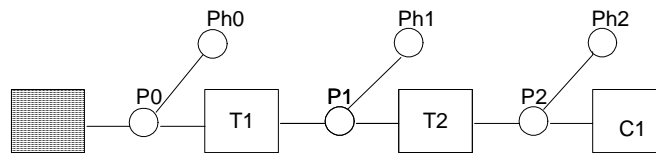


fig. III/33bis. Schéma logique de fig. 33

- L'élimination de P<sub>0</sub> fait apparaître une console C<sub>2</sub> (règle RF<sub>3</sub>) à la place de T<sub>1</sub>.

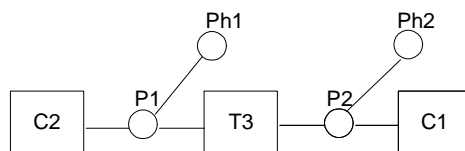
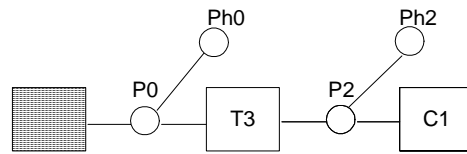


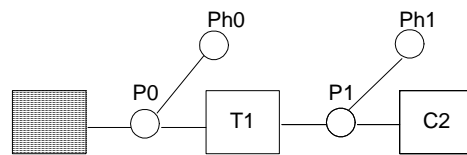
fig. III/34. Après élimination du poteau P<sub>0</sub> de fig. 33bis

- L'élimination de P<sub>1</sub> fait apparaître une travée T<sub>3</sub> à la place de T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub>.



*fig. III/35. Après élimination du poteau P1 de fig. 33bis*

- L'élimination de P2 fait apparaître une console à la place de T2 + C1.



*fig. III/36. Après élimination du poteau P2 de fig. 33bis*

### III.1.4 Modèle de l'incendie et Autres modèles du bâtiment

Les points III.1.2 et III.3 présentent essentiellement la modélisation du pôle structurel des objets du discours. Maintenant, nous allons traiter des pôles génétiques et fonctionnels de ces objets.

#### III.1.4.1 Le projet bâtiment

Le système expert en sécurité incendie doit atteindre plusieurs objectifs :

- pouvoir intervenir sur un bâtiment existant en mode diagnostic,
- pouvoir intervenir à la conception d'un bâtiment afin d'inciter les concepteurs à la prise en compte de la sécurité incendie.

Ces objectifs entraînent la nécessité d'un modèle étendu qui englobe tout le cycle de vie du bâtiment : le projet bâtiment.

#### Le modèle génétique du bâtiment

Le cahier des charges du projet TRIAGE spécifie qu'il faut prendre en compte l'évolution de l'objet bâtiment en devenir grâce à un découpage en trois phases au moins :

<p><b>Esquisse ou APS</b> —→</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Possibilité de tout modifier dans le plan</li> <li>. Certaines questions ne peuvent pas être posées</li> <li>. Certains spécialistes sont silencieux</li> <li>. Connaissances surtout qualitatives</li> <li>. Beaucoup de valeurs par défaut</li> <li>. Conclusion tout aussi qualitative (du type sera OK, ne sera pas)</li> <li>. Nécessaire pour faire de la sécurité à peu de frais en évitant les erreurs grossières</li> <li>. Architecture → implantation, géométrie, classes de matériaux des finitions</li> <li>. Points sensibles, points dangereux sont détectables</li> <li>. Difficile d'évaluer des coûts, utilisation de ratios.</li> </ul>
<p><b>Projet ou APD + PRO</b> —→</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Toujours possibilité de modifier le plan</li> <li>. Certaines questions sont au futur</li> <li>. La majorité des spécialistes peuvent parler</li> <li>. Connaissances quantitatives et qualitatives</li> <li>. Les coûts sont plus précis</li> <li>. La majorité des moyens de réduction sont sélectionnables.</li> </ul>
<p><b>Existant ou OEX</b> —→</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Les moyens faisant intervenir la construction et l'architecture ne peuvent être proposés qu'en cas d'extrême nécessité. A ce stade, ils coûtent très chers. Certains d'entre eux ne sont pas proposés, car ils conduiraient à une demande de reconception/reconstruction du bâtiment.</li> <li>. L'estimation du danger et de la sensibilité est plus réaliste.</li> <li>. Les simulations de détection, de désenfumage, d'évacuation peuvent apporter des informations plus fiables que le raisonnement.</li> </ul>

Tab. III/8 Les états du système bâtiment

Le projet est un objet décrit par les paramètres tels que :

- le site du projet,
- l'histoire et bien d'autres attributs du site,
- le type de l'occupant {locataire, propriétaire},
- le secteur d'activité,
- l'état courant (ou phase courante) {APS, APD, OEX},
- ...

Ce découpage en phases s'explique par la difficulté, voire la quasi impossibilité, de faire une approche d'optimisation globale de la conception du bâtiment [25-MIRAMOND, 27-DAGHOUM, 71-D'CRUZ].

Par ailleurs, la décomposition du processus de conception en phases permet de résoudre le problème par raffinements successifs en tenant compte de l'information disponible à chaque phase. Les retours arrière éventuels réintroduisent la non-linéarité du processus.

Les phases font une partition virtuelle de l'ensemble des attributs de chaque objet (bâtiment, local...) du projet. Suivant la phase, certains attributs sont utilisables et d'autres pas.

Ce partitionnement est obtenu dans notre système grâce à la mention de la phase dans certaines règles et grâce à la spécification de buts dépendants de la phase. Par exemple en ce qui concerne l'évacuation, les buts généraux sont les suivants :

*Phase APS : but = est-ce que l'évacuation sera impossible, difficile, normale, facile ?*

*Phase APD : but = quel est le temps d'évacuation ?*

*Phase OEX : but = quel est le temps d'évacuation ?*

Parallèlement à ces buts, les variables de décisions utilisées changent avec la phase du projet. Par exemple à la phase esquisse, on n'a pas besoin de connaître la géométrie des couloirs (longueur, largeur, connexions...). On utilise des variables supposées plus accessibles telles que la destination des locaux, le degré de mobilité des personnes auxquelles on destine le bâtiment, leur nombre au mètre carré, etc.

Dès que des informations plus précises peuvent être obtenues sur la géométrie des locaux et des chemins de fuite, on peut traiter l'évacuation de manière plus fine ; en l'occurrence, calculer le temps d'évacuation par simulation d'un mouvement de foule.

### Le modèle fonctionnel du bâtiment

Le système TRIAGE n'a pas un modèle fonctionnel explicite de l'objet bâtiment [72-LE GAUFFRE]. Cela est laissé aux modules algorithmiques de calcul d'échauffement de la structure, de développement de l'incendie naturel, etc.

Par contre, un modèle fonctionnel de l'objet entreprise est utilisé. Il est constitué par les relations qui s'établissent entre les activités menées dans le bâtiment et par les flux qui y circulent.

Concrètement, le modèle fonctionnel de l'entreprise est décrit en termes de missions, elles-mêmes décomposées en fonctions qui sont à leur tour décomposées en activités élémentaires. Ces activités créent et utilisent des flux. Elles utilisent aussi des outils.

Les arbres de sensibilité utilisent les relations entre activités lors de l'évaluation de la sensibilité d'un point de l'entreprise.

### **III.1.4.2 L'incendie**

L'incendie est souvent considéré comme un phénomène dynamique à phases : feu couvant, pré-flashover, flashover, incendie généralisé.

Notre modèle (I.3.3.2) de l'incendie est à trois états : déclenchement, développement, propagation.

Le cas du déclenchement est traité dans chaque local choisi par l'utilisateur. Le résultat se présente sous la forme du crédit accordé à l'hypothèse de déclenchement.

Le développement est traité par un programme simplifié de simulation du développement de l'incendie naturel dans un local. Ce programme a été réalisé par le service feu du CTICM à partir du programme général NAT du CSTB [1-CURTAT]. Les résultats obtenus sont le temps nécessaire à l'embrassement généralisé du local ainsi que la température maximale atteinte pendant ce laps de temps.

La propagation d'un local à un autre est traitée par un programme simplifié de calcul d'échauffement des parois d'un local choisi. Ce programme a été également réalisé par le service feu du CTICM. Le résultat obtenu est la température obtenue sur la face opposée au local au bout d'un temps fixé.

La recherche des chemins de propagation les plus probables est effectuée en combinant, à l'aide de la méthode de LING [19], les informations obtenues ci-dessus pour chaque local et chaque paroi du bâtiment.

## **III.2 Typologie et formalisation des connaissances**

### **III.2.1 Typologie générale des connaissances**

Au point (I.3.1.2) nous avons indiqué les diverses formes sous lesquelles les connaissances peuvent se présenter : contraintes, heuristiques, abaqués, algorithmes, etc.

Pour la modélisation de ces connaissances, nous les regrouperons en trois grandes catégories :

- les connaissances de conception,
- les connaissances de prédiction (ou hypothétiques),
- les connaissances de bon sens sur la structure des objets.

### **III.2.2 Modélisation des connaissances : Formalisation générale**

Pour les connaissances de conception, nous avons utilisé un formalisme basé sur les règles de production, faits et tables.



Les règles sont du type SITUATIONS → ACTIONS, où « SITUATIONS » désigne une suite de propositions connectées par des imbrications de ET et de OU. « ACTIONS » désigne une ou plusieurs conclusions, ou bien des appels explicites à des modules de connaissances.

●	<b>regle 5003</b>
	<b>si conditions alternatives:</b>
●	<b>1. il existe une equipe de pompiers d'entreprise</b>
●	<b>2. les intervenants internes sont des employes designes</b>
●	<b>fin et</b>
●	<b>la duree de reconnaissance &gt; 10 min et</b>
●	<b>les sapeurs pompiers peuvent etre alertes automatiquement</b>
●	<b>alors le type d'organisation d'alarme est "Branchement direct aux \</b>
●	<b>\ pompiers externes indispensable" et</b>
●	<b>nb : Declenchement de l'alarme generale d'evacuation</b>
●	<b>regle 5003</b>
●	<b>s'il existe une equipe de pompiers d'entreprise et</b>
●	<b>s'il existe un PC centralise et</b>
●	<b>il n'y a pas danger d'extension rapide de l'incendie</b>
●	<b>alors la duree de reconnaissance=2*(la distance du PC \</b>
●	<b>\ au point le plus éloigné)/100</b>

*fig. III/37. Exemples de règles*

Parfois, certaines connaissances se présentent comme une formule sans qu'il y ait de condition préalable. Ce type de connaissance est appelé fait bien qu'il y ait possibilité d'inférence en cas de formule.

●	<b>soit IEq la longueur équivalente du conduit enterré</b>
●	<b>soit debSprinkT le besoin en eau pour les sprinklers en toiture</b>
●	<b>IEq = long+Elev*((HazenC2/HazenC1)^1.85)</b>
●	<b>diam1 = 150</b>
●	<b>C=6.06E+5</b>
●	<b>pertesCharges1=C*(((debSprinkT/HazenC2)^1.85)/diam1^4.87))*IEq</b>
●	<b>HazenC1=120</b>

*fig. III/38. Exemples de faits*

D'autres connaissances s'expriment plus facilement pour les experts sous forme de tables de décision. Ces tables peuvent avoir plusieurs variables d'entrée et plusieurs variables de sortie. De même leur utilisation peut être conditionnelle.

●	<b>soit typCond le type du conduit enterré</b>	
●	<b>table typCond : HazenC2</b>	
●	<b>si l'étape du bâtiment est "Esquisse", "Projet"</b>	
●	<b>"Fonte non revêtue intérieurement"</b>	<b>120</b>
●	<b>"Fonte revêtue intérieurement"</b>	<b>140</b>
●	<b>"Amiante ciment"</b>	<b>140</b>
●	<b>"Acier avec revêtement intérieur en plastique"</b>	<b>145</b>
●	<b>"Fibre de verre renforcée"</b>	<b>160</b>
●	<b>"PVC"</b>	<b>150</b>
	<b>fin</b>	

*fig. III/39. Exemple de table*

Pour les connaissances hypothétiques, nous détaillons ci-après la méthode des arbres de crédits. Ces arbres s'intègrent dans le formalisme des règles de production et des tables grâce aux fonctions :

- *crédit\_pour*,
- *crédit\_contre*,
- *crédit*,
- *gaspillage*.

●	<b>hypothèses pour La possibilité de malveillance</b>	
	<b>#M 6</b>	
●	<b>L'entreprise a un bon climat social</b>	<b>[0,2,1]</b>
●	<b>L'entretien des lieux est sous-traité</b>	<b>[1,0,1]</b>
●	<b>Il y a une bonne tenue des lieux</b>	<b>[0,3,2]</b>
	<b>#E L'accès est</b>	
●	<b>"Sélectif"</b>	<b>[0]</b>
●	<b>"Libre au personnel"</b>	<b>[1]</b>
●	<b>"Libre en général"</b>	<b>[4]</b>
	<b>fin 4</b>	
●	<b>Il existe des motifs de malveillance</b>	<b>[4,1,2]</b>
●	<b>fin</b>	
	<b>&gt;*--- Exploitation des crédits des hypothèses ---</b>	
	<b>soit pErr La possibilité d'erreur humaine</b>	
	<b>soit pMalv La possibilité de malveillance</b>	
	<b>cpErr = 100*crédit(pErr)</b>	
	<b>cpMalv=100*crédit(pMalv)</b>	

*fig. III/40. Exemples d'utilisation de la fonction crédit d'hypothèse*

Un formalisme orienté objet est utilisé pour la manipulation des objets structurés. Il offre la possibilité de créer des contextes, des relations morphologiques, taxinomiques, des liens médiats entre contextes (cf. III.1).

●	<b>contextes</b>
●	<b>un bâtiment est composé d'établissements</b>
●	<b>un bâtiment est composé de blocs</b>
●	<b>un bâtiment est composé de blocs</b>
●	<b>un bâtiment est composé d'ascenceurs, d'escaliers</b>
●	<b>un bâtiment est composé d'une enveloppe</b>
●	<b>une enveloppe est composée de toiture</b>
●	<b>une enveloppe est composée de façades</b>
●	<b>une enveloppe est composée de fondations</b>
●	<b>un établissement est composé de niveaux</b>
●	<b>un niveau est composé de cellule</b>
●	<b>un local est une cellule</b>
●	<b>un couloir est une cellule</b>
	<b>fin</b>

*fig. III/41. Exemples de déclaration de morphologies et taxinomies d'objets*

L'accès à cette structure se fait dans les règles grâce aux fonctions :

- *sous-systèmes,*
- *co-systèmes,*
- *éco-systèmes,*
- *instances,*
- *classe,*
- *médiateurs,*
- *attributs.*

●	<b>soit effBat l'effectif du bâtiment</b>
●	<b>soit effBloc l'effectif du bloc</b>
●	<b>soit leBat le bâtiment</b>
●	<b>blocs=sous-systèmes(bloc,bâtiment,leBat)</b>
●	<b>effBlocs=attributs(l'effectif,bloc,blocs)</b>
●	<b>effBat=somme(effBlocs)</b>

*fig. III/42. Exemples de fonctions d'accès aux sous-systèmes d'un objet*

## III.2.3 Méthode d'évaluation des risques

### III.2.3.1 Introduction

Pour la représentation des connaissances de nature prédictive, telles que la détermination des points dangereux et des points sensibles dans un bâtiment, nous avons proposé la méthode des arbres à pondération.

Le principe de la méthode est le suivant : il existe des hypothèses de décision ou résultantes et des hypothèses conditions. Chaque hypothèse est affectée d'un crédit qui donne son degré de véracité. Les hypothèses conditions sont combinées par un opérateur approprié (fig. 43) afin de produire le crédit de l'hypothèse résultante. Le crédit de chaque hypothèse condition peut aussi dépendre d'autres hypothèses, ce qui confère une structure d'arbre à l'ensemble des hypothèses.

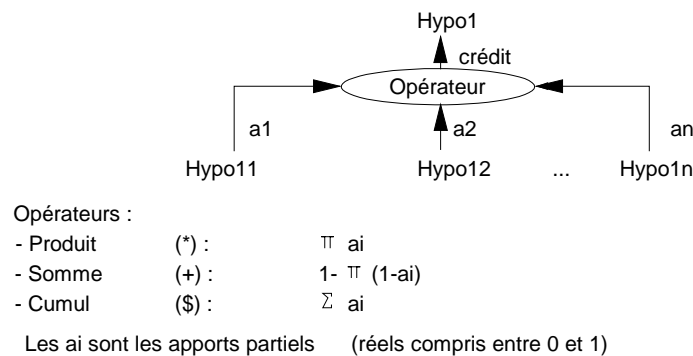


fig. III/43. Opérateurs de combinaison des hypothèses

Dans ce type de méthode, les sources potentielles d'erreurs se situent au niveau :

- a- des opérateurs,
- b- des échelles,
- c- de la façon de regrouper les hypothèses,
- d- de la finesse de la décomposition,
- e- du choix des coefficients.

Les aspects (c) et (d) sont du ressort des experts en sécurité incendie. L'aspect (d) est plutôt pragmatique. En effet, il s'agit de faire le compromis entre une décomposition très poussée qui risque d'indisposer l'utilisateur et une décomposition sommaire qui risque de réduire la prédictibilité de l'arbre. Dans les deux cas, on aboutit à un outil peu attrayant pour l'utilisateur.

Dans la suite, nous décrivons en détail la technique des arbres pondérés qui prend explicitement en compte les aspects (a), (b), et (e). Puis nous faisons un survol des difficultés liées au problème de la quantification des croyances expertes. Nous présentons ensuite les solutions envisageables pour réduire les biais.

### III.2.3.2 Arbres d'Hypothèses Pondérées

#### Définition

Les arbres pseudo-probabilistes à hypothèses pondérées (APHP) sont des arbres ET/OU dont les nœuds sont des hypothèses affectées d'une distribution de poids fonction du crédit accordé à l'hypothèse.

#### Les poids

Les poids sont destinés à relativiser l'importance de chaque hypothèse par rapport à d'autres hypothèses appartenant à un même paquet (ensemble d'hypothèses compatibles). Ils sont des nombres réels positifs (non bornés).

On distingue :

- la distribution de poids *a priori* qui est fournie par un groupe d'experts,
- et le poids *a posteriori* qui est l'importance réelle accordée à l'hypothèse lors du raisonnement arborescent sur un cas particulier caractérisé par l'état des hypothèses feuilles.

Suivant le type d'hypothèse, la distribution peut être continue ou discrète.

#### – Hypothèse logique

Une hypothèse logique voit son crédit varier continûment de 0 (hypothèse certainement fausse) à 1 (hypothèse certainement vraie) (fig. 44). Un crédit de 0.5 signifie qu'il y a incertitude sur la véracité de l'hypothèse.

A partir de poids attachés aux crédits 0, 0.5 et 1, deux interpolations cubiques permettent d'obtenir une courbe du poids de l'hypothèse en fonction de son crédit.

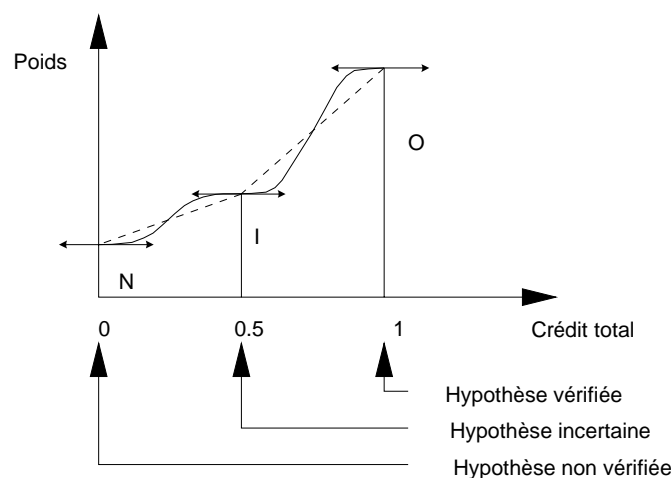


fig. III/44. Poids en fonction du crédit (hypothèse logique)

– Hypothèse à valeurs nominales

Ce type d'hypothèse prend un certain nombre de valeurs fixes non nécessairement ordonnées et entre lesquelles il n'y a pas possibilité d'interpolation. A chaque valeur, on fait correspondre un poids (fig.45).

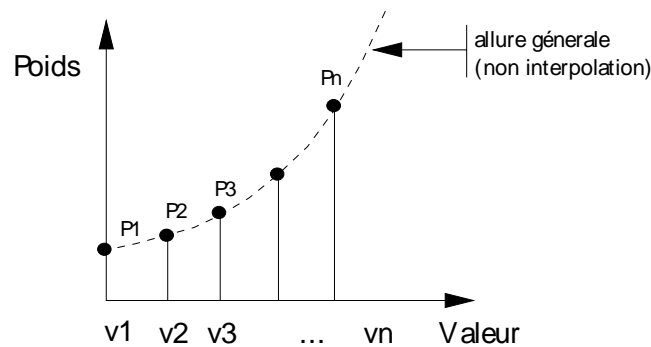


fig. III/45. Poids en fonction des valeurs pour une hypothèse à valeurs nominales

Les échelles

Les poids sont exprimés dans des échelles variables liées à des ensembles d'hypothèses compatibles.

Exemple :

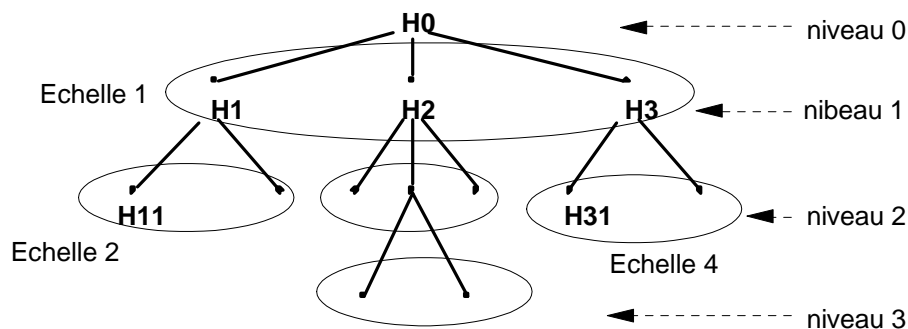


fig. III/46. Echelles variables de poids

Les échelles Ech1... Echn ci-dessus sont indépendantes. Il s'ensuit qu'il n'y a aucune relation directe entre la distribution de poids de H<sub>11</sub> et celle de H<sub>31</sub>.

---

### Les opérateurs

Trois opérateurs (fig. 43) sont disponibles :

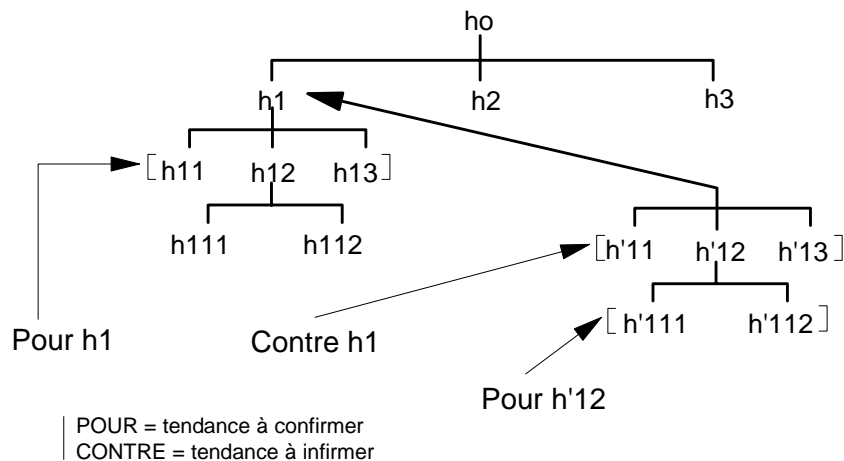
- Le produit permet de combiner les apports partiels des hypothèses conditions de telle sorte que le résultat soit inférieur à chaque apport individuel. Un nœud doté d'un tel opérateur est dit nœud ET. L'opérateur produit est noté \*.
- La somme permet de combiner les apports partiels de telle sorte que le résultat soit maximal dès que l'un au moins des apports est maximal. Le résultat est limité à 1 et est supérieur au plus grand apport partiel. Un nœud doté d'un tel opérateur est dit nœud OU. L'opérateur somme est noté +.
- Le cumul est une addition simple des apports partiels. Il sert à traiter des apports complémentaires. Le résultat ne vaut 1 que lorsque chacun des apports a sa valeur maximale. Un nœud doté d'un tel opérateur est dit nœud ADD. L'opérateur cumul est noté \$.

Les hypothèses d'un ensemble d'hypothèses compatibles sont considérées comme en indépendance totale.

---

### Hypothèses POUR et hypothèse CONTRE

Une hypothèse résultante est en fait influencée par des arguments en sa faveur, ce sont les hypothèses POUR. D'autres arguments peuvent être défavorables à l'hypothèse, ce sont les hypothèses CONTRE (fig. 47).




---

fig. III/47. *Éléments POUR et éléments CONTRE une hypothèse*

La combinaison des hypothèses « pour » donne le crédit POUR et celle des hypothèses « contre » donne le crédit CONTRE.

Le crédit « contre » a pour effet de décaler la courbe de poids initiale de l'hypothèse (fig. 48). Ce décalage est proportionnel au crédit « contre ». Il est en outre d'autant plus grand que le poids initial était distant du poids minimal.

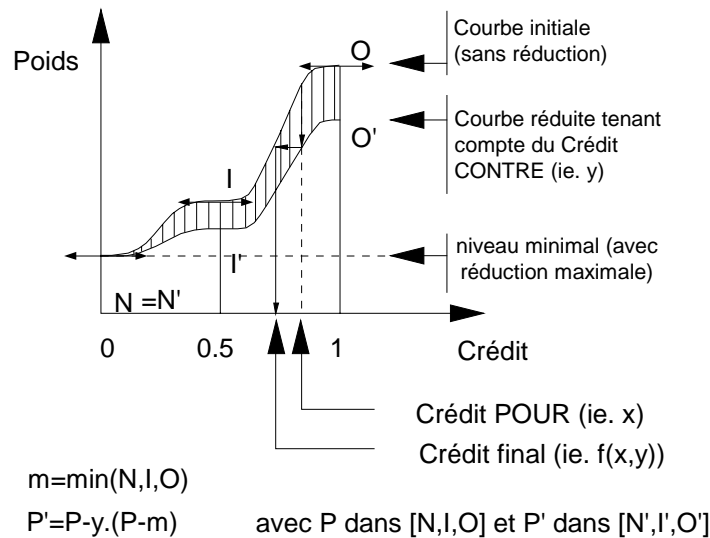


fig. III/48. Effet du crédit CONTRE une hypothèse

La courbe de poids initiale correspond au cas où aucun argument défavorable n'est pris en compte. Le niveau minimal correspond au cas où le maximum que l'on peut espérer des arguments défavorables a été pris en compte. Entre les deux, il y a la courbe tenant compte d'une réduction partielle.

Le crédit final tenant compte des pour et des contre est calculé de la manière suivante :

- Avec le crédit « contre » on décale la courbe initiale pour obtenir la courbe réduite ( $P' = P \cdot y$ ).
- A partir du point correspondant au crédit « pour » on obtient une ordonnée sur la courbe réduite.
- Avec cette ordonnée on inverse la formule du crédit sur la courbe initiale pour obtenir l'abscisse correspondant à cette ordonnée ( $cf = f^{-1}(P')$ ). Cette abscisse est le crédit final.

Pour une hypothèse à valeurs nominales (fig. 49) on ne possède pas de formule de crédit à inverser. On reste donc sur la valeur courante de l'hypothèse et on apporte une correction au poids. Cette correction est aussi proportionnelle au crédit « contre » qui dans ce cas est une extension à la notion de crédit.



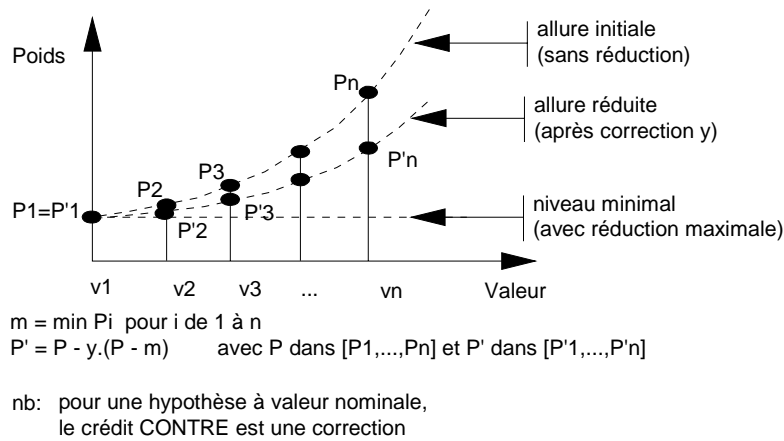


fig. III/49. Effet du crédit CONTRE Sur une hypothèse à valeurs nominales

### Gaspillage lié à une hypothèse

Le mot gaspillage (fig. 50) recouvre ici à la fois l'idée de besoin et de surenchère en arguments défavorables à une hypothèse. Le gaspillage est représenté par un coefficient variant de -1 à 1. Lorsque ce coefficient est négatif, cela signifie que les arguments défavorables à l'hypothèse ne sont pas suffisants, compte tenu de la force des arguments favorables. Une valeur positive indique que les arguments défavorables vont au-delà du niveau requis.

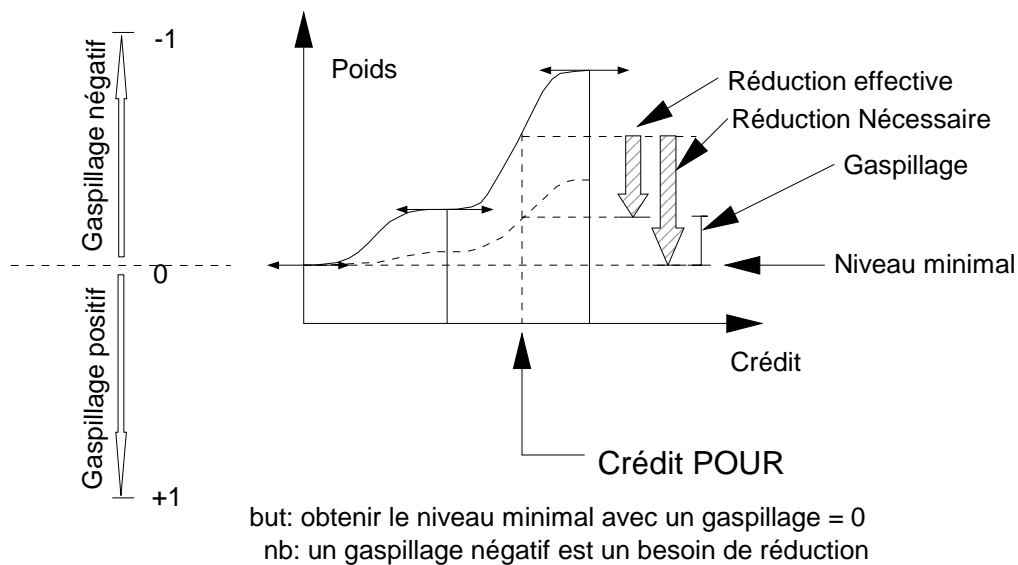


fig. III/50. Gaspillage de moyens sur une hypothèse

Lors du traitement des arbres d'hypothèses, le but est d'obtenir pour une hypothèse de danger ou de sensibilité le crédit minimum avec un gaspillage nul ou positif mais pas trop élevé.

Ce coefficient est calculé de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 m &= \min(N, I, O) \\
 M &= \max(N, I, O) \\
 d &= M - m \\
 P_1 &= f(N, I, O, x) && \text{avec } x \text{ le crédit pour et } f \text{ la fonction d'interpolation} \\
 Y_1 &= (P_1 - m)/d && Y_1 \text{ est le crédit défavorable nécessaire} \\
 g &= Y - Y_1 && Y \text{ est le crédit réel des hypothèses défavorables}
 \end{aligned}$$

### Calcul des crédits POUR et CONTRE

Au niveau des feuilles, les crédits prennent les valeurs 1, 0 ou 0.5 selon que l'utilisateur indique que l'hypothèse terminale considérée est vérifiée, non vérifiée ou indécidable respectivement.

Pour les autres nœuds, le calcul du crédit dépend du type de nœud. Les calculs présentés ci-après sont valables aussi bien pour l'appréciation des POUR que des CONTRE :

— *Nœud* \*

$$H = \{ H_1 \text{ et } H_2 \text{ et } \dots H_n \} \longrightarrow H_0$$

L'hypothèse d'indépendance totale permet d'écrire en termes de probabilités :

$$p(H_0) = \prod_{i=1}^n p(H_i)$$

$$\text{Nous adoptons : } \alpha(H_0) = \prod_{i=1}^n \frac{P_i}{P_{\max}}$$

où  $\alpha(H_0)$  est le crédit accordé à  $H_0$  ;

$$P_{\max} = \max_{i,j} P_{ij}, \text{ avec } P_{ij} \text{ représentant les } j \text{ poids de } H_i ;$$

$P_i$  est le poids réel de l'hypothèse  $H_i$ .

— *Nœuds* +

$$H = \{ H_1 \text{ ou } H_2 \dots H_n \} \longrightarrow H_0$$

En termes de probabilités :

$$p(H_0) = p\left(\bigcup_{i=1}^n H_i\right) = \sum_{r=1}^n (-1)^{r+1} \left[ \sum_{\substack{k=1 \\ i_1 < i_2 < \dots < i_r}}^r p\left(\bigcap_{k=1}^r H_{i_k}\right) \right]$$

$$p(H_0) = \sum_{i=1}^n p(H_i) + \sum_{r=2}^n (-1)^{r+1} \left[ \sum_{\substack{k=1 \\ i_1 < i_2 < \dots < i_r}}^r p\left(\bigcap_{k=1}^r H_{i_k}\right) \right]$$

où les  $H_{i_k}$  représentent les éléments de chacun des  $2^n - 1$  parties de  $r$  éléments de l'ensemble  $\{H_1 \dots H_n\}$ .

Si les  $H_i$  sont mutuellement exclusives :

$$p(H_0) = \sum_{i=1}^n p(H_i)$$

Nous ne retenons pas cette hypothèse.

Avec l'hypothèse de l'indépendance totale :

$$p(H_0) = p\left(\bigcup_{i=1}^n H_i\right) = 1 - p\left(\left(\bigcap_{i=1}^n H_i\right)^C\right)$$

$$p(H_0) = 1 - p\left(\bigcap_{i=1}^n H_i^C\right)$$

$$p(H_0) = 1 - \prod_{i=1}^n p(H_i^C)$$

$$p(H_0) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - p(H_i)]$$

$$\text{Nous adoptons : } \alpha(H_0) = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{P_i}{P_{\max}}\right)$$

où  $\alpha(H_0)$ ,  $P_i$ ,  $P_{\max}$  ont les mêmes définitions que précédemment.

— *Nœud \$*

$H = \{ H_1 \text{ ou } H_2 \dots H_n \} \longrightarrow H_0$

$$\alpha(H_0) = \sum_{i=1}^n \alpha(H_i) = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_{\max}}$$

---

*Calcul des poids réels (a posteriori)*

— *Principe*

Soit l'implication :  $H_1 \longrightarrow H_0$ .

Si nous utilisons les formules de la méthode de plausibilité (cf. Annexe E).

$$c(H_0/H_1) = SL(H_1, H_0) \cdot c(H_0) \quad (1)$$

$$c(H_0/H_1^C) = NL(H_1, H_0) \cdot c(H_0) \quad (2)$$

Ces formules sont difficilement exploitables directement, parce que non normalisées. Néanmoins, elles permettent de penser que l'on peut trouver une fonction  $h$  telle que :

$$\text{Poids}(H_0/H_1) = h(c(H_0/H_1), c(H_0/H_1^C))$$

ou de manière équivalente :

$$\text{Poids}(H_0/H_1) = g(SL, NL, c)$$

Si un expert fournit les coefficients  $SL$ ,  $NL$  et  $c$ , on pourra calculer le poids *a posteriori* de  $H_0$ , une fois qu'on a une information sur toutes les hypothèses conduisant à  $H_0$ . Par exemple, on pourrait avoir la formule simple :

$$\text{Poids\_a\_posteriori}(H_0) = \text{Poids\_a\_priori}(H_0) \cdot \alpha(H_0) \quad (3)$$

avec :  $\alpha(H_0) = c(H_0) / [1+c(H_0)]$

$\alpha$  est la fonction crédit (ou probabilité) qui est la fonction inverse de la fonction chance. Mais cette formule (3) suppose que l'expert ne fournit qu'un seul poids pour  $H_0$ . Nous utilisons une méthode plus fine qui consiste à utiliser une distribution de poids *a priori* en fonction du crédit.

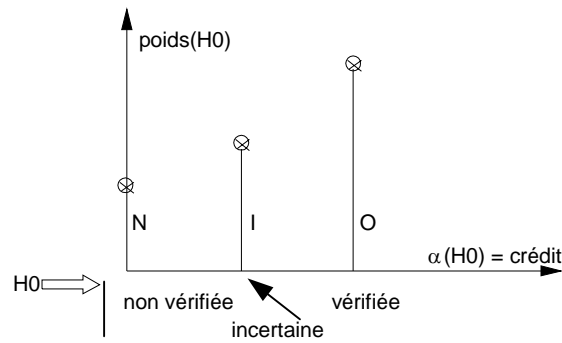


fig. III/51. Distribution de poids a priori

L'expert fournit les poids *a priori* N, I, O. En faisant passer une courbe d'interpolation entre les trois points, on obtient une fonction permettant de calculer le poids *a posteriori* :

$$\text{Poids}(H_0) = f(O, N, I, \alpha) \quad (4)$$

Le crédit  $\alpha$  tient compte de toutes les hypothèses dont dépend  $H_0$ .

— Détermination de la fonction  $f$

La fonction  $f$  de la formule (4) doit vérifier les contraintes suivantes :

- 1°.  $\{f(\alpha) \leq \max(O, N, I)\}$  et  $\{f(\alpha) \geq \min(O, N, I)\} \forall \alpha \in [0, 1]$
- 2°.  $\forall \alpha \in [0, \alpha_1]$   $f(\alpha)$  doit être proche de N  
 $\forall \alpha \in ]\alpha_1, \alpha_2[$   $f(\alpha)$  doit être proche de I  
 $\forall \alpha \in [\alpha_2, 1]$   $f(\alpha)$  doit être proche de O

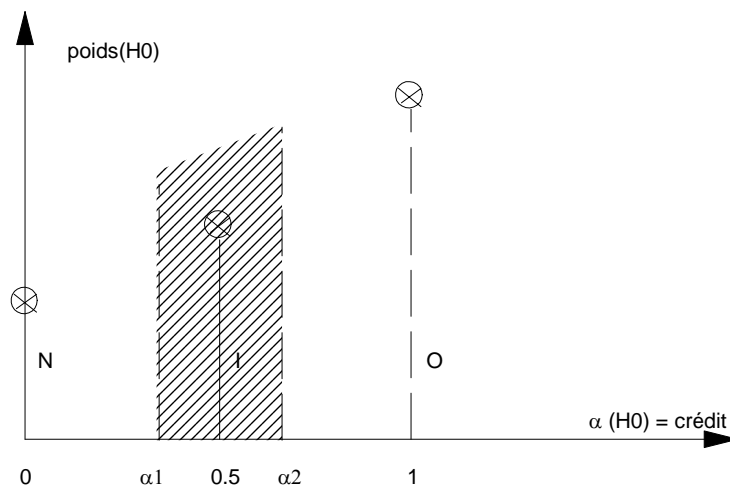


fig. III/52. Contraintes sur la fonction d'interpolation des poids

Nous avons fixé le crédit moyen à 1/2. En faisant deux interpolations cubiques à gauche et à droite de 1/2, nous avons obtenu deux fonctions respectant les contraintes de la fonction f.

Nous avons testé, un polynôme de Lagrange du 2ème degré, deux interpolations linéaires, une fonction constante par morceaux. Ces fonctions étaient peu satisfaisantes soit par défaut de continuité, de dérivabilité, soit parce que le résultat de l'interpolation sur [0,1] risquait de dépasser le max(O, N, I) ou d'aller au-dessous de min(O, N, I).

Deux interpolations cubiques :

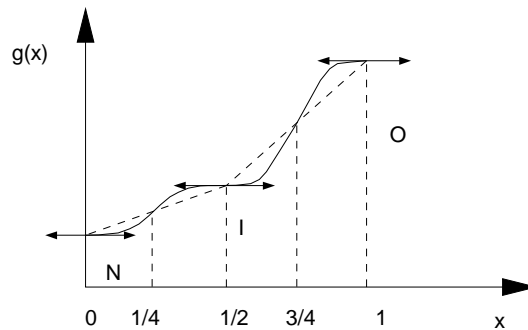


fig. III/53. Deux interpolations cubiques des poids

Pour chaque branche :

$$g(x) = a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$$

$$g'(x) = 3a_3x^2 + 2a_2x + a_1$$

Branche I  $\{x \leq 1/2\}$

$$g(0) = N$$

$$g(1/2) = I$$

$$g'(0) = 0$$

$$g'(1/2) = 0$$

$$g(x) = 4(N-I)(4x^3 - 3x^2) + N$$

$$g'(x) = 24(N-I)x(2x-1)$$

$$\text{Rem : } g(1/4) = (N+I)/2$$

Branche II  $\{x = 1/2\}$

$$g(1) = O$$

$$g(1/2) = I$$

$$g'(1) = 0$$

$$g(x) = 4(I-O)(4x^3 - 9x^2 + 6x - 1) + O$$

$$g'(x) = 24(I-O)(2x^2 - 3x + 1)$$

$$g'(1/2) = 0$$

$$\text{Rem : } g(3/4) = (I+O)/2$$

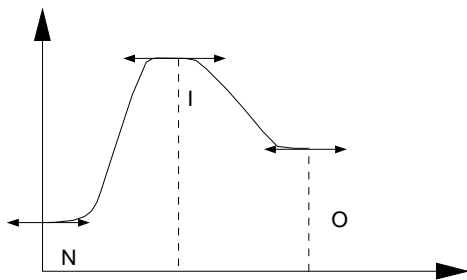
Les dérivées montrent que :

- Les erreurs sur les poids seront directement proportionnelles à la dénivellation entre N et I d'une part, entre O et I d'autre part ;
- Autour de 1/2 et 1 ces erreurs sont très faibles  $\forall N, I, O$ .  
Les erreurs maximales sont concentrées autour de 1/4 et 3/4 respectivement.

### Sémantique attachée aux distributions de poids

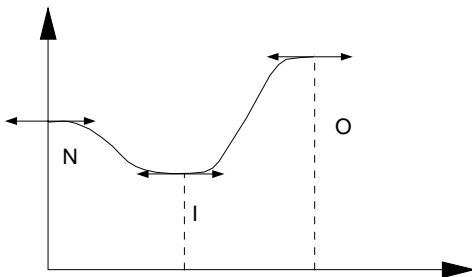
— Aide mémoire pour établir des coefficients

- Incertitude maximisante



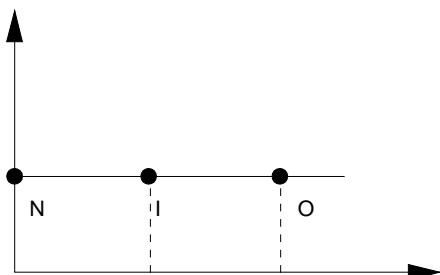
Dans l'incertitude, l'expert accorde le poids maximal à  $H_0$ . Ce schéma correspond donc à une distribution de mauvais points.

- Incertitude minimisante



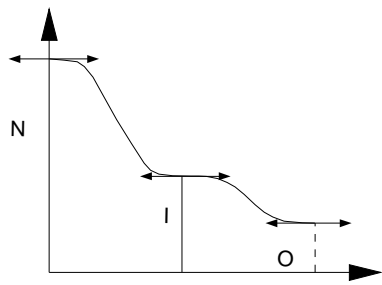
Prudence dans l'attribution de bons points.

- Conservatisme

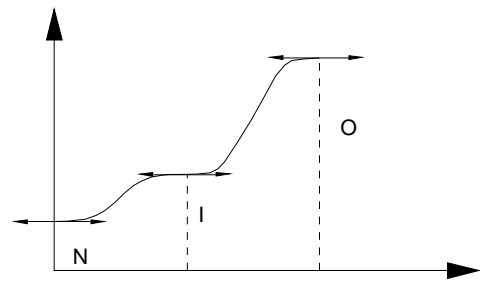


Le crédit accordé à l'hypothèse n'a pas d'importance.

- Proportionnalité

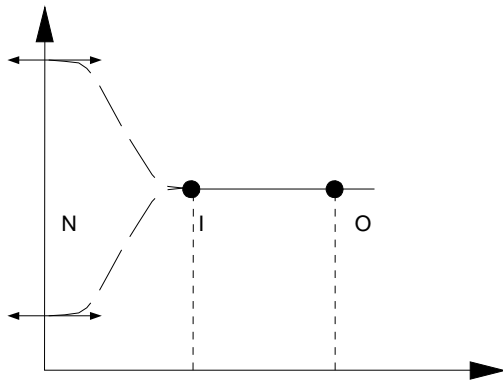


descendante

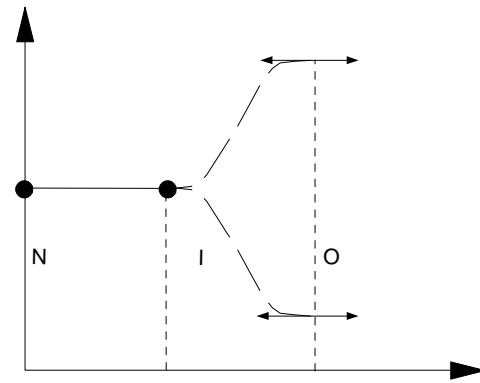


ascendante

- Semi-conservatisme

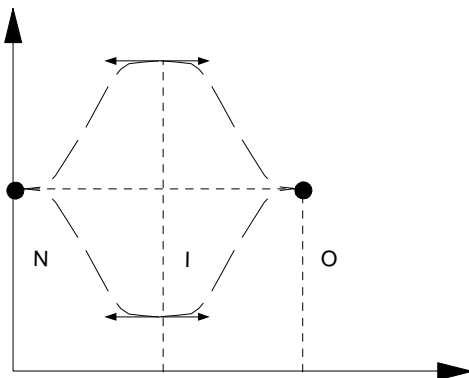


supérieur



inférieur

- Paradoxe

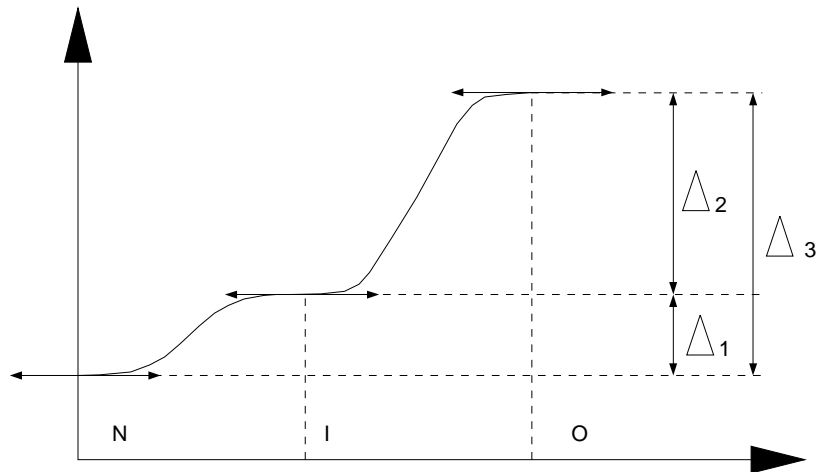




— *Signification de l'échelle des coefficients*

- Cas d'une hypothèse

Soit une hypothèse H ayant la distribution (5, 2, 4).



*fig. III/54. Sémantique des échelles (cas d'une hypothèse)*

{  $\Delta_2 < \Delta_3$  et  $\Delta_1 < \Delta_3$  } signifie que l'on a tendance à ne pas négliger l'hypothèse même si elle n'est pas tout à fait vérifiée.

{  $\Delta_2 < \Delta_1$  } signifie que le crédit accordé à l'hypothèse joue moins au-delà de 1/2 qu'en deçà.

Donc un intervalle de 1 point représente une unité de la variation du poids de l'hypothèse pour deux crédits distincts.

- Cas de plusieurs hypothèses

Prenons l'exemple de deux hypothèses H1, H2 appartenant à un même ensemble homogène. On a :

H1(N<sub>1</sub>, I<sub>1</sub>, O<sub>1</sub>) et H2(N<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>)

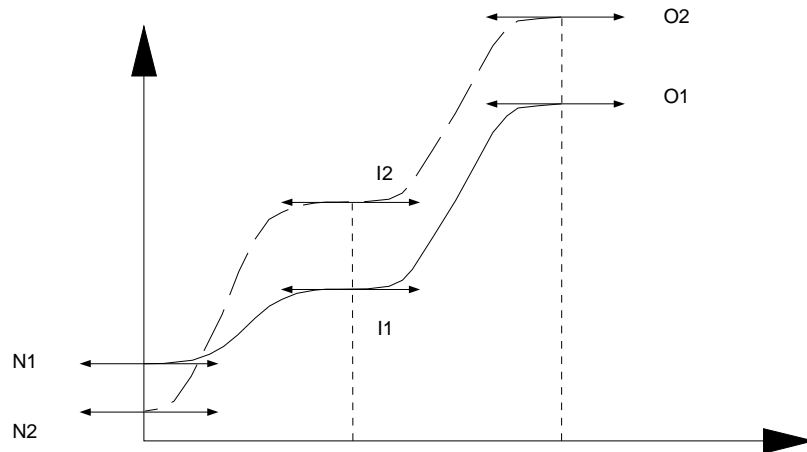


fig. III/55. Sémantique des échelles (plusieurs hypothèses)

$\{O_2 > O_1 \text{ et } I_2 > I_1\}$  signifie que lorsque H1 et H2 sont incertains ou ont le crédit maximum, on accorde plus de poids à H2 qu'à H1.

$\{N_1 > N_2\}$  signifie que lorsque H1 et H2 ont le crédit minimum on accorde plus de poids à H1.

Le segment  $\overline{O_1O_2}$  indique de combien H2 est plus importante que H1 dans le cas où H1 et H2 ont simultanément le crédit maximal.

Donc un intervalle de 1 point représente aussi une unité de la différence d'importance entre deux hypothèses ayant le même crédit.

Il s'ensuit que si nous considérons deux échelles :

Ech1 de 0 à 5 liée à  $\{H_1 \dots H_n\}$

Ech2 de 1 à 30 liée à  $\{H_{n+1} \dots H_p\}$

La distance entre 4 et 5 sur Ech1 a la même signification que la distance entre 1 et 2 sur Ech1. Mais elle n'a pas la même signification que la distance entre 4 et 5 sur Ech2. Néanmoins, l'échelle Ech2 étant plus étendue, elle permet de faire des distributions de poids plus réalistes.

Au point suivant, nous indiquons comment la consistance est maintenue face aux translations et transformations affines d'échelle. Les autres types de changements d'échelle sont considérés comme une modification délibérée des croyances des experts sur les phénomènes modélisés.

### Comportements des Arbres APHP

#### — Impact de l'ajout d'une nouvelle hypothèse



$$\alpha_1(H_0) = \prod_{i=1}^n \frac{P_i}{D_1} = V_1$$

$$\alpha_2(H_0) = \prod_{i=1}^n \frac{P_i}{D_2} \cdot \frac{P_{n+1}}{D_2} = V_2 \cdot d$$

Si  $D_1 = D_2$ , alors

$$V_1 = V_2 \text{ et}$$

$$\alpha_2 < \alpha_1$$

En résumé  $H_{n+1}$  ne réduit pas le crédit de  $H_0$  si elle prend le poids maximal. Dans les autres cas, il y a réduction du crédit de  $H_0$ .

Si  $D_1 < D_2$ , alors

$$V_1 > V_2 \text{ et}$$

$$\Delta\alpha = V_2 \cdot d - V_1 < 0$$

L'échelle ayant été allongée, l'importance relative des autres hypothèses est diminuée. Donc  $H_{n+1}$  réduit certainement le crédit de  $H_0$ .

- Cas où  $H_0$  est un nœud « ADD »

L'opérateur « ADD » étant additif, les démonstrations faites pour le nœud « OU » sont valables également pour le nœud « ADD ».

— *Affinités*

$$g(x) = a \cdot f(x), \quad a \in \mathbf{R}_+$$

$$\text{Posons } F = \max_{i,j} f_{ij}$$

- Nœud « OU »

$$\alpha_{g+} = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{g_i}{\max_{j,k} g_{jk}}\right) = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{a \cdot f_i}{a \cdot F}\right)$$

$$\alpha_{g+} = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{f_i}{F}\right) = \alpha_{f+}$$

- Nœud « ET »

$$\alpha_{g*} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{g_i}{\max_{j,k} g_{jk}}\right) = \prod_{i=1}^n \left(\frac{a \cdot f_i}{a \cdot F}\right)$$

$$\alpha_{f*} = \prod_{i=1}^n \frac{f_i}{F} = \alpha_{f*}$$

- Nœud « ADD »

L'opérateur « ADD » étant additif, les démonstrations faites pour le nœud « OU » sont valables également pour le nœud « ADD ».

En conclusion, les transformations affines n'ont aucune influence sur le calcul des crédits.

#### — Translations

$$g(x) = f(x) + a, \quad a \in \mathbf{R}_+$$

- Nœud « OU »

$$\alpha_{g+} = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{g_i}{\max_{j,k} g_{jk}}\right)$$

$$\alpha_{g+} = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{a+f_i}{a+F}\right)$$

$$\alpha_{g+} = 1 - \prod_{i=1}^n \left(\frac{F-f_i}{F+a}\right) \geq 1 - \prod_{i=1}^n \left(\frac{F-f_i}{F}\right)$$

$$\alpha_{g+} \geq \alpha_{f+}$$

Ce type de translation conduit à des crédits plus élevés.

- Nœud « ET »

$$\alpha_{g*} = \prod_{i=1}^n \left( \frac{g_i}{\max_{j,k} g_{jk}} \right)$$

$$\alpha_{g*} = \prod_{i=1}^n \left( \frac{a+fi}{a+F} \right)$$

$$\alpha_{f*} = \prod_{i=1}^n \frac{fi}{F}$$

$$\text{or } \frac{a+fi}{a+F} \geq \frac{fi}{F} \quad \forall a \geq 0$$

$$\alpha_{g*} \geq \alpha_{f*}$$

- Nœud « ADD »

L'opérateur « ADD » étant additif, les démonstrations faites pour le nœud « OU » sont valables également pour le nœud « ADD ».

Donc les translations positives conduisent toujours à des crédits plus élevés.

— *Elimination des effets de translation*

Si dans l'ensemble de poids  $P_{ij} \quad i = 1..n, j = 1, 2, 3$  il y a un poids nul, on ne fait aucune correction.

Si tous les  $P_{ij}$  sont non nuls, on soustrait de chacun d'eux le plus petit et on ajoute 1 au résultat.

$$\forall i, \forall j \quad P_{ij} = P_{ij} - \min_{i,j} P_{ij} + 1$$

De cette manière, ce sont bien les écarts entre poids qui sont pris en compte et non leurs valeurs absolues.

### III.2.3.3 Calage d'un arbre d'hypothèses

Le calage est la phase d'apprentissage finale nécessaire si l'on veut que l'arbre puisse donner des prédictions correctes même pour les cas non testés. Il consiste à fixer les poids relatifs des hypothèses.

Pour cela, cette opération doit être menée en deux phases :

- Le calage individuel des groupes d'hypothèses compatibles (fiches) ;
- Le calage global.

#### Le calage fiche par fiche

Il est conseillé de commencer cette opération par les fiches les plus basses dans l'arbre des fiches (fig. 56). Ce n'est pas un impératif, puisque les groupes d'hypothèses compatibles sont logiquement indépendants. Mais cela permet de contourner la tentation de consulter les fiches d'un niveau inférieur si l'on commençait par la fiche racine. Ce qui reviendrait à tenir compte d'une même hypothèse plusieurs fois.

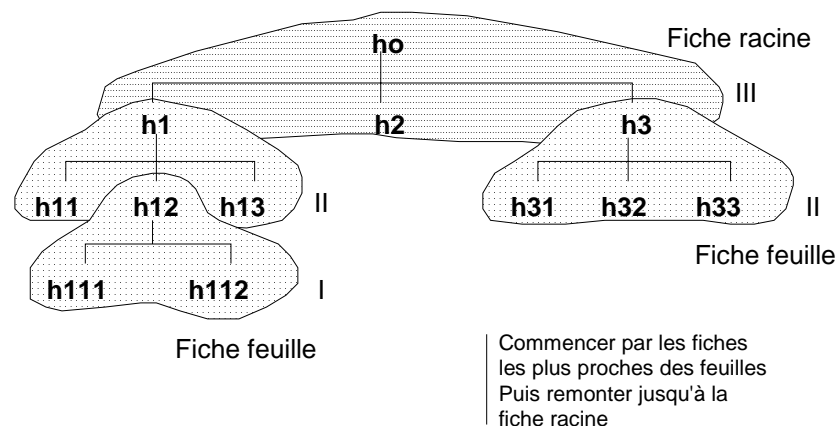


fig. III/56. Ordre de calage d'un arbre

#### Le calage global

Une fois que le calage individuel de chaque fiche est terminé, le calage global peut commencer.

On présente un cas au système d'arbre et on regarde l'état de l'hypothèse racine. Si cet état est jugé non satisfaisant, on cherche parmi les hypothèses conditions celles dont l'état n'est pas satisfaisant. Et l'on redescend ainsi de suite jusqu'aux fiches feuilles.

Si toutes les hypothèses conditions d'une fiche sont dans un état jugé satisfaisant, alors que l'hypothèse résultante ne l'est pas, cela signifie que le calage individuel de la fiche est insuffisant.

### III.2.3.4 Méthodes d'extraction de quantités subjectives

Maintenant que nous avons présenté notre façon de traiter les connaissances prédictives et empreintes de subjectivité, nous devons aborder la question de leur extraction et des précautions à prendre afin qu'elles soient consistantes, crédibles et utilisables.

#### Buts poursuivis

Les probabilités de certains événements ou scénarios n'étant pas toujours disponibles, on a alors recours au jugement des experts. Ceux-ci procèdent :

- soit par ajustement de données objectives ;
- soit à partir de leur expérience, sans données objectives explicites.

Le caractère fondamentalement contingent de ces estimations permet de redouter des conclusions non significatives ou erronées. Il convient donc de connaître les sources possibles d'inconsistance à éviter. On distingue :

- les erreurs d'estimation des experts,
- les erreurs de traitement de ces estimations.

#### Inconsistances liées à certaines heuristiques

Une heuristique est un ensemble de processus mentaux grâce auxquels les experts court-circuitent certaines étapes de leur raisonnement. Parmi celles qui sont sources d'erreurs, nous pouvons citer principalement : la représentativité, la disponibilité et l'ancrage [73-TVERSKY].

#### **a. heuristique de représentativité**

C'est le fait de donner plus de poids à certains événements sans justification. Ce type d'erreur peut causer :

- l'illusion de validité : les experts privilégient leurs stéréotypes sans tenir compte des facteurs limitatifs ;
- l'insensibilité à la probabilité *a priori* des événements ;



- l'insensibilité à la prédictibilité, en ce sens que lorsqu'on fait des prédictions basées sur des prédictions, le résultat peut devenir insensible aux faits initiaux.

### **b. heuristique de disponibilité [74-TVERSKY]**

C'est la procédure mentale grâce à laquelle les experts donnent des probabilités basées sur les souvenirs d'événements ou la construction de scénarios plausibles. Dans ce cas, il peut y avoir :

- leurre des occurrences : les classes d'événements faciles à retrouver paraissent plus peuplées ;
- piège de l'espace de recherche : les fréquences sont distribuées en fonction de l'aisance avec laquelle les experts se rappellent les événements ;
- imagination pure : les experts construisent des classes d'événements plausibles et attribuent des fréquences en fonction de la facilité de construction ;
- corrélation illusoire : les experts essaient de trouver la fréquence avec laquelle les événements A et B se sont produits simultanément.

### **c. heuristique d'ancrage**

Les experts choisissent une valeur de départ, puis par ajustements successifs ils espèrent arriver à une valeur plus vraisemblable. Il se peut que les ajustements soient insuffisants. Alors le résultat reste proche de la valeur initiale. Donc diverses valeurs initiales conduiraient à des résultats différents. Il peut y avoir :

- surestimation des « ET » : on oublie la multiplication ; d'où si  $A = \{A_1 \text{ et } A_2 \dots A_n\}$ , on obtient  $p(A)$  autour de l'un des  $p(A_i)$  alors qu'on devrait avoir  $p(A) < p(A_i) \forall i$  ;
- sous-estimation des « OU » : on oublie l'addition ; d'où si  $A = \{A_1 \text{ ou } A_2 \dots A_n\}$ , on obtient  $p(A)$  autour de l'un des  $p(A_i)$  alors que l'on devrait avoir  $p(A) > p(A_i) \forall i$  ;
- excès de confiance : les experts augmentent la probabilité des événements qui se sont effectivement réalisés et diminuent celle de ceux qui ne sont pas réalisés.

## Solutions pour réduire les biais

### **a- Identification**

Cette phase consiste à établir d'une part l'ensemble des événements ou facteurs de risques ou hypothèses, et d'autre part les scénarios liés à chaque événement. A chaque fois, on justifie les choix et les raisons pour lesquelles certaines hypothèses sont écartées.

### **b- Structuration et formulation**

Une fois les listes d'événements et de scénarios obtenues, il faut les organiser pour en tirer des structures inférencielles. Cela peut être réalisé par la méthode de SPETZLER et HOLSTEIN [75] dont les points essentiels sont les suivants :

- *choisir uniquement les quantités incertaines qui sont capitales pour le processus de décision, en expliquant les omissions ;*
- *structurer les quantités suivant leurs dépendances ;*
- *définir clairement les quantités qui doivent être évaluées de sorte que les experts ne nécessitent aucune information supplémentaire pour leur jugement ;*
- *décrire les quantités en utilisant des échelles significatives. En général, laisser le choix des échelles aux experts eux-mêmes.*

*Tab. III/9 Méthode de SPETZELER et SELVIDGE*

### **c- Méthodologie de l'estimation**

Avant d'aborder la phase d'extraction proprement dite, il est important de se mettre d'accord avec les experts sur les types d'estimations et les manières que l'on peut employer.

Deux types d'estimations sont possibles :

- assigner des probabilités à un événement dont les valeurs ont été fixées ;
- assigner des valeurs à un événement dont les probabilités ont été fixées.

Il existe également deux manières de procéder pour extraire les estimations :

- En mode direct : les experts fournissent des nombres ;
- En mode indirect : les experts confrontent deux alternatives qui sont ajustées jusqu'à ce qu'ils se jugent neutres. Cette neutralité est ensuite traduite en probabilité ou en valeur.

### **d- Les techniques d'expression des estimations**

Ces techniques concernent les langages qui peuvent être employés pour donner les mesures de subjectivité. Les experts peuvent s'exprimer en mode direct ou indirect.

En mode directe, les experts peuvent utiliser pour les probabilités :

- la valeur absolue (ex. : 0.2)
- le pourcentage (ex. : 20%)
- les fractions (ex. : 1/5)
- la parité (ex. : 1 pour et 4 contre)

En mode indirect, il y a :

- La roue de probabilité

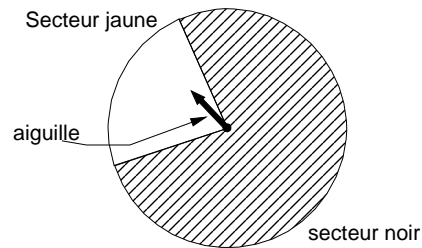


fig. III/57. Roue de probabilité

On demande aux experts, lequel des deux événements suivants est le plus probable : « l'événement  $E$  considéré » ou bien « l'aiguille s'arrête dans le secteur jaune pour un tour de la roue ». Si les experts sont neutres, alors le pourcentage de jaune représente  $p(E)$  sinon on modifie la taille des secteurs en conséquence.

– Événements à probabilité fixe :

On choisit un événement à probabilité connue (ex. : jeter un dé pour obtenir 4 as de suite). Ensuite, on demande aux experts de donner une valeur pour un événement ayant la même probabilité.

– Technique de l'intervalle : dichotomie

A chaque fois qu'on subdivise l'intervalle de valeurs, on demande aux experts laquelle des deux parties est la plus probable. Cela jusqu'à ce que les experts soient neutres. On obtient alors la médiane. Répétée avec les deux intervalles ainsi obtenus, la méthode donne les quartiles.

– Vraisemblance relative de deux événements  $E_1$ ,  $E_2$  :

D'abord, on demande lequel est le plus vraisemblable. Puis de combien l'un (ex. :  $E_1$ ) est plus vraisemblable que l'autre (ex. :  $E_2$ ).

– Événements rares

Les techniques précédentes sont applicables à des probabilités comprises entre .1 et .9. Pour les événements rares, on peut utiliser en première approximation la méthode de SELVIDGE [31-COOPER] :

- *Description et décomposition de l'événement en ses facteurs. L'objectif est d'établir un lien de dépendance entre l'événement rare et des événements plus familiers pour les experts.*
- *Expression des vraisemblances relatives. Les experts peuvent ordonner les événements du moins probable au plus probable.*
- *Les experts font ensuite une approche semi-quantitative au cours de laquelle ils indiquent, par exemple, de combien un événement  $A$  est plus vraisemblable*

*qu'un événement B.*

*– A partir de là, on peut détailler un peu plus la quantification.*

*Tab. III/10 Méthode d'appréciation des événements rares*

L'analyste peut aider les experts en faisant usage :

- d'événements de référence : accidents d'avions, inondations... ;
- de processus de référence ;
- de techniques démonstratives : on montre plusieurs probabilités aux experts sous forme graphique.

#### **e- Conseils pour l'analyste :**

- Faire un rappel des principes de base de la théorie des probabilités ;
- Structurer le problème de sorte que les experts sentent qu'ils n'ont pas de contrôle sur les événements et que leurs réponses ne vont pas changer le problème ;
- Structurer le problème de sorte que les experts puissent associer tous les événements et scénarios sur lesquels leurs jugements doivent se baser ;
- Les quantités à estimer doivent être exprimées en termes neutres de sorte que les experts ne puissent rien inférer à partir d'eux ;
- Toujours demander aux experts de préciser toutes les informations dont ils ont tenu compte pour émettre un jugement ;
- Laisser aux experts le choix des échelles et des unités ;
- Insister sur l'incertitude attachée aux événements ;
- Pour un scénario, demander aux experts de fixer en premier la probabilité des événements extrêmes, afin d'éviter l'encrage autour d'un événement particulier.

#### **f- Procédés de mise en oeuvre**

Les méthodes précédentes peuvent être mises en oeuvre de plusieurs façons :

- Estimations individuelles par questionnaires

On fournit à l'expert les questions et les directives sur la façon d'y répondre. Entre autres, on lui demande de toujours indiquer les informations sur lesquelles il base son jugement. On lui fournit aussi la méthode d'estimation de probabilité d'événements rares.

- Interview en 5 phases :

- **Motivation** : introduction à la tâche de quantification des croyances.
- **Conditionnement** : on met l'expert en garde contre les heuristiques susceptibles de conduire à des erreurs si on n'y prend pas garde.
- **Structuration** : les quantités à analyser sont définies et structurées de manière à réduire les ambiguïtés.

- **Codification** : elle dépend en premier lieu des types d'informations recueillies à l'analyse.
- **Vérification** : elle peut se faire de trois façons :
  - . Vérification croisée de la consistance entre valeurs. Par exemple, si deux événements ont la même probabilité, on demande à l'expert si ce fait reflète bien son point de vue de ces événements.
  - . Utilisation de techniques différentes. Par exemple, on change d'unités ou d'échelle, on utilise d'autres tables d'événements pour voir si l'opinion de l'expert reste égale.
  - . Utilisation du résultat final. S'il y a divergence entre les croyances de l'expert et le résultat final, on procède en chaînage arrière jusqu'aux données de base pour trouver les causes de la divergence.

*Tab. III/11 Interview à 5 phases pour l'extraction des croyances*

– Groupe d'experts :

On peut soit les réunir en panel, soit appliquer la méthode DELPHI [20-SCHEILDS]

La première approche permet une meilleure interaction entre experts et l'on obtient les résultats plus rapidement. Par contre, il y a le risque que certains experts exercent des pressions psychologiques sur d'autres.

La méthode DELPHI consiste à faire une utilisation itérative de questionnaires avec un feed-back contrôlé. Le feed-back est nécessaire du fait qu'il n'y a pas d'interaction directe entre les participants. Le processus est long, nécessite beaucoup d'experts et on ne peut pas garantir leur participation constante.

En résumé, la meilleure façon d'éliminer des inconsistances dans la quantification des croyances expertes est d'utiliser des interviews ou un panel d'experts. Cependant, dans les deux cas, le coût de l'extraction est élevé. Dans le cas du panel, qui est le mode de mise en oeuvre que nous avons retenu, il n'était pas rare de voir les experts discuter pendant trois heures sur une fiche de cinq hypothèses avant d'arriver au consensus.

## **III.3 Organisation des connaissances**

### **III.3.1 Modularité**

Le système TRIAGE est organisé en modules appelés spécialistes. En général, à chacun des sous-champs listés au point (I.3.3) correspond un ou plusieurs modules complètement autonomes.

Chaque module peut être développé, maintenu, exploité indépendamment des autres.

L'exploitation module par module est appelée expertise focalisée. Dans ce type d'expertise, c'est l'utilisateur qui décide des modules à appeler.

Liste des Modules de type base de connaissance

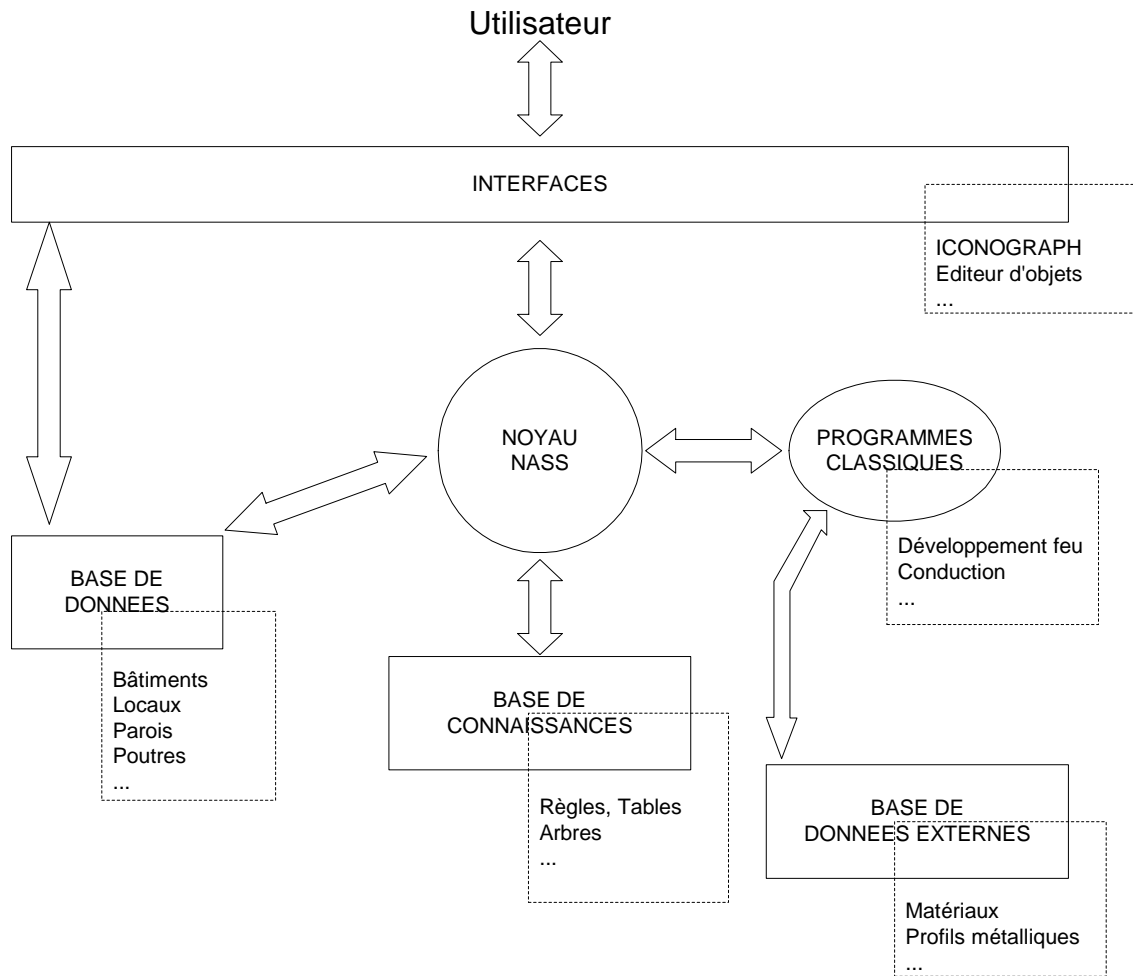
M1-	DangDecl	: Danger de déclenchement d'un incendie
M2-	DangDevl	: Danger de développement d'un incendie
M3-	SensTech	: Sensibilité socio-technique d'un local
M4-	SensJuri	: Sensibilité juridique d'un local
M5-	DangProp	: Établissement de scénarios de propagation de l'incendie
M6-	ArchImp	: Implantation du bâtiment
M7-	ArchGeo	: Géométrie du bâtiment
M8-	ArchFin	: Finitions
M9-	ArchRes	: Réseaux de distribution intérieurs
M10-	OrgHum	: Organisation humaine de l'entreprise
M11-	Alarm	: Organisation d'alarme de l'entreprise
M12-	TypDet	: Type de détecteur pour un environnement donné
M13-	InstDetL	: Installation des détecteurs dans un local
M52-	InstDetC	: Installation des détecteurs dans un couloir
M53-	InstDetE	: Installation des détecteurs dans un escalier
M14-	ProExtin	: Agent extincteur à utiliser dans un local
M15-	Sprinkle	: Installation des sprinklers
M16-	TempFum	: Temps d'enfumage dans un local
M17-	PartFum	: Parties du bâtiment à désenfumer
M18-	LocFum	: Locaux devant être désenfumés
M19-	TypFumLoc	: Type de désenfumage pour un local
M20-	TypFumCou	: Type de désenfumage pour un couloir
M21-	TypFumEsc	: Type de désenfumage pour un escalier
M22-	TecFumLoc	: Etude technique du désenfumage d'un local
M23-	TecFumCou	: Etude technique du désenfumage d'un couloir
M24-	TecFumEsc	: Etude technique du désenfumage d'un escalier
M26-	TempSurv	: Temps de survie dans un local
M27-	EvacType	: Type d'évacuation du bâtiment
M28-	EvacExpr	: Approche non réglementaire de l'évacuation
M29-	EvacRegl	: Approche réglementaire de l'évacuation
M30-	StabExig	: Besoin de stabilité
M31-	Stabacie	: Justification de la stabilité des structures en acier
M32-	ProProj	: Protection d'un élément métallique par produits projetés
M33-	ProPeint	: Protection d'un élément métallique par peintures
M34-	ProPlaq	: Protection d'un élément métallique par plaques
M35-	ProPlaf	: Protection d'un élément métallique par plafonds
M36-	ProEcran	: Protection d'un élément métallique par écrans

- M37- TravParoi : Traversée des parois coupe-feu
- M38- VerClois : Vérification des cloisons
- M39- VerPortes : Vérification des portes et des baies
- M40- FeuExter : Étude de la transmission du feu par l'extérieur
  
- M41- CoutDet : Coût du système de détection
- M42- SreSmp : Pertes directes (Sinistre Raisonnablement Escomptable, Sinistre Maximum Possible)
- M43- PertInd : Pertes indirectes (Exploitation)
  
- M44- FonElec1 : Réglementation des appareillages électriques
- M45- FonElec2 : Réglementation des appareillages électriques
- M46- FonChauf : Réglementation des chaufferies
- M47- FonTherm : Réglementation de la thermique du bâtiment (incendie)

Liste des modules de type programmes externes :

- M48- tasNat : Développent d'incendie naturel dans un local
- M49- Conduc : Conduction à travers les parois d'un local
- M50- EchPar : Echauffement d'un élément métallique
- M51- propa : Evaluation des scénarios de propagation

*Architecture du système expert TRIAGE*



*fig. III/58. Architecture du système expert TRIAGE*

### III.3.2 Le partage des informations

Le partage des données entre modules s'effectue par l'intermédiaire d'une zone commune appelée blackboard. Cette zone contient les informations sur le site, les bâtiments, les locaux, etc. pour un cas particulier.

Chaque module copie la partie du blackboard qui l'intéresse au fur et à mesure des besoins. Il y envoie également ses déductions.

Un mécanisme de contrôle général assure la validité des informations à chaque modification du blackboard. Une description plus détaillée de ce mécanisme est fournie au point IV.2.1 où nous décrivons l'outil de développement NASS.



### III.3.3 Interactions entre modules

L'interaction entre modules a lieu de trois façons :

— *par communication privée*

Un module en appelle explicitement un autre en lui passant des données.

— *par communication indirecte*

Un module envoie un message à un contrôleur général afin de déterminer un attribut d'objet. C'est le contrôleur qui détermine le module qui est le plus apte à répondre à la requête.

— *par communication différée*

La modification d'un attribut d'un objet du blackboard provoque le postage de messages en direction des modules qui ont utilisé cet attribut.

Le mécanisme des interactions entre spécialistes est un composant de base du noyau de l'outil de développement utilisé : NASS. Cet outil est décrit plus en détail dans la partie IV.

### III.3.4 Conclusion

Les connaissances de TRIAGE sont organisées en modules appelés spécialistes. Chacun de ces derniers peut fonctionner de manière autonome ou en coordination avec les autres sous le contrôle d'un planificateur de tâches. Les informations sont partagées via une structure de type blackboard. La communication entre modules peut être directe ou indirecte, auquel cas plusieurs spécialistes peuvent être candidats pour la résolution d'un même problème. C'est le gestionnaire de blackboard qui choisit celui qui aura le contrôle.

## III.4 Typologie et formalisation des raisonnements

### III.4.1 Typologie générale des raisonnements

#### Raisonnement de base

Dans le système NASS, le contrôle de base consiste à appliquer la première règle applicable. Cela a une influence indéniable sur l'ordre d'apparition des granules dans les bases de connaissances, en violation du principe de rédaction en vrac.

Nous admettons donc que l'écriture de certaines bases de connaissances est basée sur un raisonnement séquentiel implicite.

### Raisonnement subjectif

Le raisonnement subjectif dans TRIAGE résulte de l'emploi fréquent de faits ou de règles par défaut. Suivant les circonstances, ces connaissances sont utilisées avant toute tentative auprès d'une autre source de connaissances. En général, si nous supposons que l'utilisateur est la source la plus fiable pour la valeur d'une variable, il aura la plus forte priorité. Un exemple est le temps d'intervention des pompiers. C'est seulement si l'utilisateur ne connaît pas cette variable que le système devra tenter de la déduire.

Dans d'autres circonstances, les connaissances par défaut seront utilisées uniquement si toutes les sources de connaissances accessibles répondent : « Je ne sais pas. »

### Raisonnement monotone

Dans le système NASS, les faits déduits restent acquis, sauf si cela implique une contradiction. L'impact sur le système TRIAGE est la possibilité d'avoir dans la base de faits, à un instant donné, des faits temporairement inutiles parce qu'ils n'ont aucune influence sur le résultat global.

Ce problème est contourné par la rédaction de masques de résultats qui ne présentent que les faits utiles à un instant donné.

### Raisonnement stratégique

Pour la gestion du contrôle global, il existe un module spécial appelé PLANNING qui met en oeuvre les possibilités de gestion de tâches offertes par NASS.

Le rôle de ce module est de définir la stratégie globale à suivre pour résoudre le problème de sécurité incendie.

## **III.4.2 Méthode de planification des tâches**

La planification des tâches a pour but de réintroduire et de maîtriser l'utilisation des connaissances procédurales. En effet, dans tout système de conception, la planification des tâches est une étape importante avant la sélection et l'évaluation.

Chaque tâche a pour buts de déterminer un certain nombre de variables (globales ou attributs d'objets). Elle est composée :

– d'une entête de tâche qui comprend :

- . son nom,
- . les buts poursuivis,

- . ses conditions d'utilisation,
- . sa répétitivité.

– d'un corps de tâche qui est composé de phases.

Une phase d'une tâche est composée :

– d'une entête de phase qui comprend :

- . son nom,
- . les buts poursuivis,
- . ses conditions d'exécution,
- . sa répétitivité.

– d'un corps de phase qui est composé d'une suite d'actions élémentaires.

Comme actions élémentaires, nous pouvons citer :

- détermination d'une variable,
- appel d'un programme externe ou d'un module,
- quitter la phase,
- quitter la tâche,
- exécuter une autre tâche puis revenir.

Cette structuration et ces fonctionnalités de la gestion des tâches permettent de fournir à l'utilisateur une meilleure explication du raisonnement. Celle-ci peut dépasser le cadre de la présentation de la règle sous considération et présenter au contraire la stratégie utilisée pour atteindre un but donné. La stratégie se présente sous la forme d'un chemin dans l'arbre des tâches avec, si nécessaire, les phases qui ont été accomplies ou que le système tente d'accomplir pour atteindre le but.

Le fait que les tâches soient conditionnelles permet l'écriture d'une même tâche (nom identique) plusieurs fois avec des conditions différentes. Dans une situation donnée seules les tâches dont les conditions sont vérifiées seront sélectionnées. On peut en profiter pour indiquer la promesse de la tâche pour résoudre un problème donné. Dans ce cas, le système pourra ordonner les appels des tâches suivant l'espérance décroissante.

Lorsque plusieurs tâches peuvent être exécutées pour atteindre un même but, le système peut en référer à l'utilisateur pour terminer la planification. Si l'utilisateur laisse le gestionnaire de tâches exécuter les plans d'exécution préétablis, la planification est dite statique. Par contre, s'il intervient pour réorganiser l'exécution des sous-tâches ou d'en éliminer, on obtient une planification dynamique.

### **III.5 Conclusion**

Le système expert TRIAGE utilise des données descriptives (relatives aux objets du modèle conceptuel du site), des contraintes et des solutions partielles. Il produit des résultats descriptifs et prévisionnels sur le risque.

Plusieurs types de connaissances sont mis en évidence : connaissances de conception, de prédiction et de bon sens sur la structure des objets.

Les connaissances de bon sens relatives à la structure des objets sont prises en compte dans le modèle iconique décrit dans cette partie. Ce modèle indique les relations admissibles entre les objets du modèle conceptuel. Il indique, par exemple, les règles de division des locaux par des parois et les règles de leur fusion à la destruction de ces parois.

Des règles de production sont utilisées pour les connaissances de conception. Alors que pour les connaissances de prédiction, nous avons utilisé un formalisme d'arbres à pondération. Les méthodes de calcul de ces arbres, leurs comportements et les parades pour éviter les biais à l'extraction sont décrits en détail.

Enfin, le système est organiquement constitué de modules qui communiquent via une zone de données commune appelée blackboard. Parmi ces modules figurent des programmes classiques qui peuvent accéder à des bases de données indépendantes du système TRIAGE.

# **PARTIE IV**

**FONCTIONNEMENT DU SYSTEME EXPERT TRIAGE**

## IV.1 Exploitation du système expert TRIAGE

### IV.1.0 Introduction

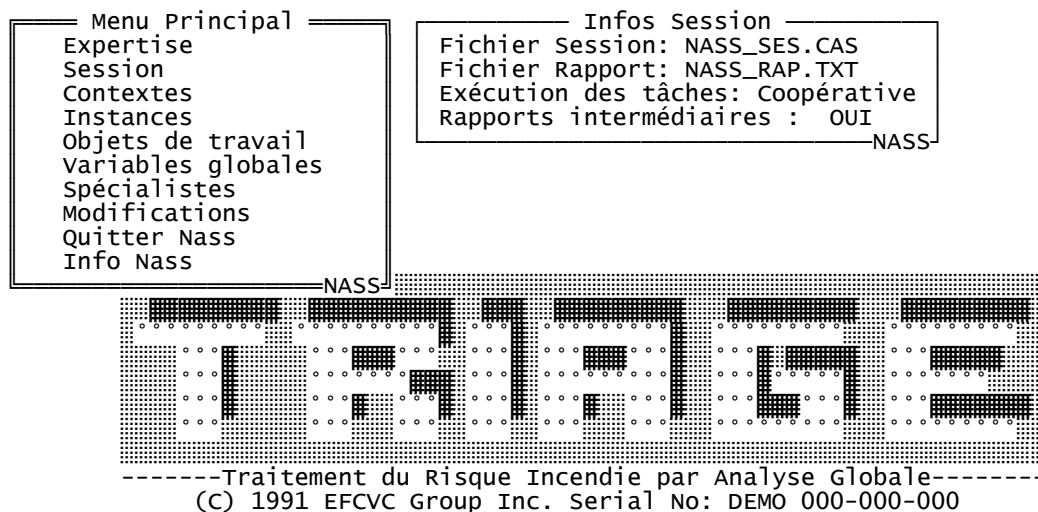
Il ne nous semble pas souhaitable de présenter des sessions détaillées du système TRIAGE en raison de la place que cela nécessiterait. Les sessions réelles peuvent durer de quinze minutes à deux heures suivant que l'on consulte quelques modules en expertise focalisée ou qu'au contraire on fasse une expertise globale.

Le premier groupe de copies d'écran sert à donner une idée générale de l'ergonomie du système. Le deuxième groupe montrera des séquences extraites de la résolution d'un problème de sécurité incendie.

### IV.1.1 L'ergonomie du système

#### ECRAN D'ENTREE

A partir de cet écran, l'utilisateur peut créer ou sélectionner une session de travail, décrire le site, les bâtiments du site et les variables globales relatives à l'entreprise.



## ECRAN LISTE DE SPECIALISTES

Les sources de connaissances du système expert sont tous les modules connus, bases de connaissances ou programmes externes.

Menu Principal	Infos Session
Expertise	Fichier Session: NASS_SES.CAS
Session	Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT
Contextes	Exécution des tâches: Coopérative
Insta	Spécialistes
Objet	NOM: planning
Varia	SPECIALITE: Gestion de l'expertise globale
Spéci	CATEGORIE: base de connaissances
Modif	NOM: senstech
Quitt	SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique
Info	CATEGORIE: base de connaissances
-	NOM: sensJuri
-	SPECIALITE: Sensibilité juridique
-	CATEGORIE: base de connaissances
-	NOM: dangdec1
-	SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-	CATEGORIE: base de connaissances
-	Esc --> Echappement
-	↑,↓, --> Curseur

NASS

## ECRAN MORPHOLOGIE DES CONTEXTES

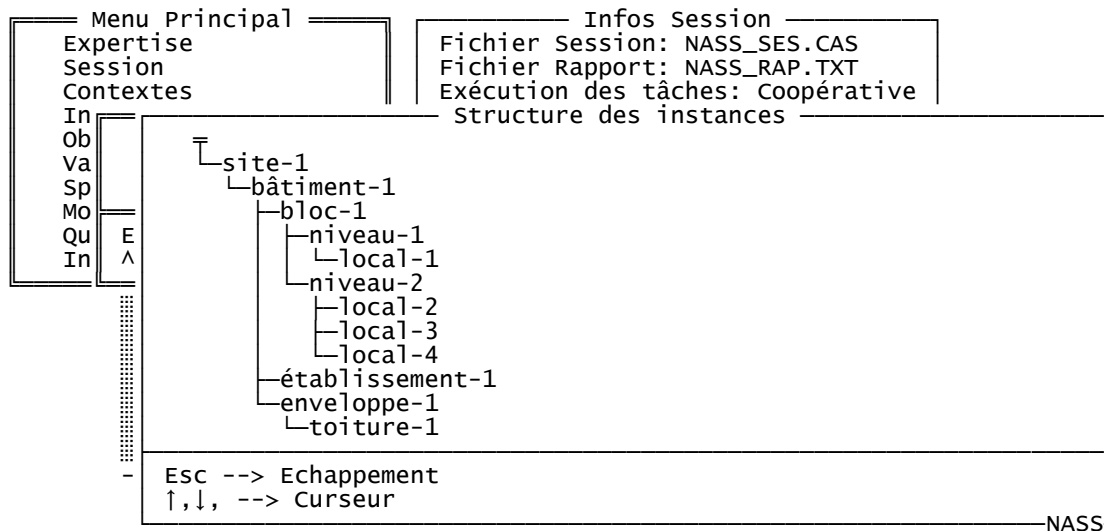
Les contextes sont des classes et sous-classes d'objets. Ici, ils sont présentés dans une relation de TOUT à PARTIES. Ce sont les entités génériques que l'utilisateur pourra instancier.

Menu Principal	Infos Session
Expertise	Fichier Session: NASS_SES.CAS
Session	Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT
Co	Exécution des tâches: Coopérative
In	Opérations sur Contextes [Contextes]—>[sous-Contextes (parties)]
Ob	site
Va	—bâtiment
Sp	—établissement
Mo	—niveau
Qu	—structure de niveau
In	—élément
-	—tirant
-	—barre
-	—élément vertical
-	—poteau
-	—mur
-	—élément horizontal
-	—dalle
-	—poutre
-	Esc --> Echappement
-	↑,↓, --> Curseur

NASS

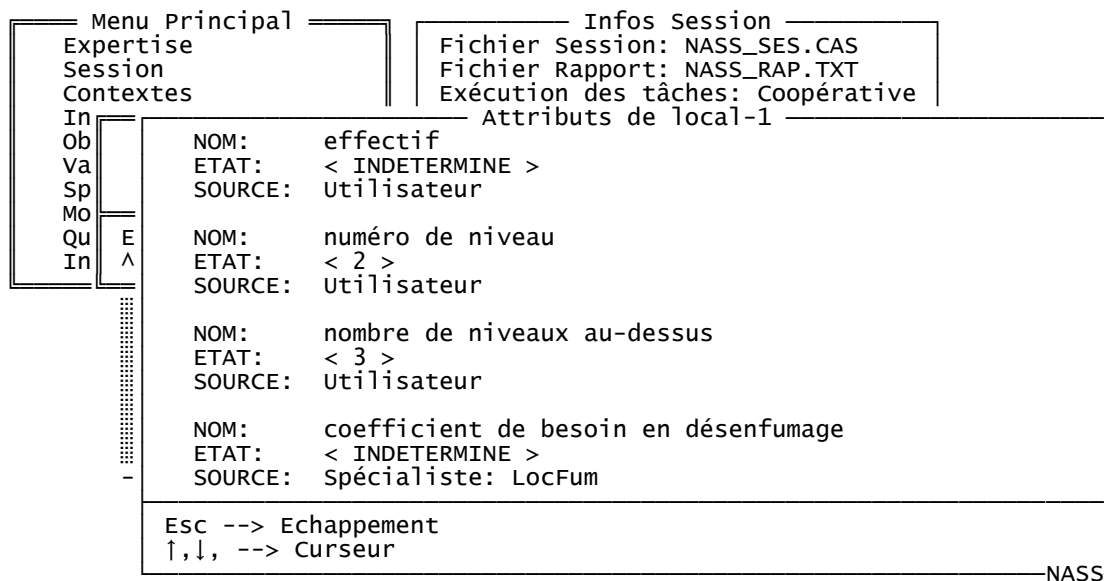
## ECRAN MORPHOLOGIE DES INSTANCES

Les objets créés par l'utilisateur pour l'étude courante sont organisés par la relation de TOUT à PARTIES.



## ECRAN ATTRIBUTS D'UN OBJET

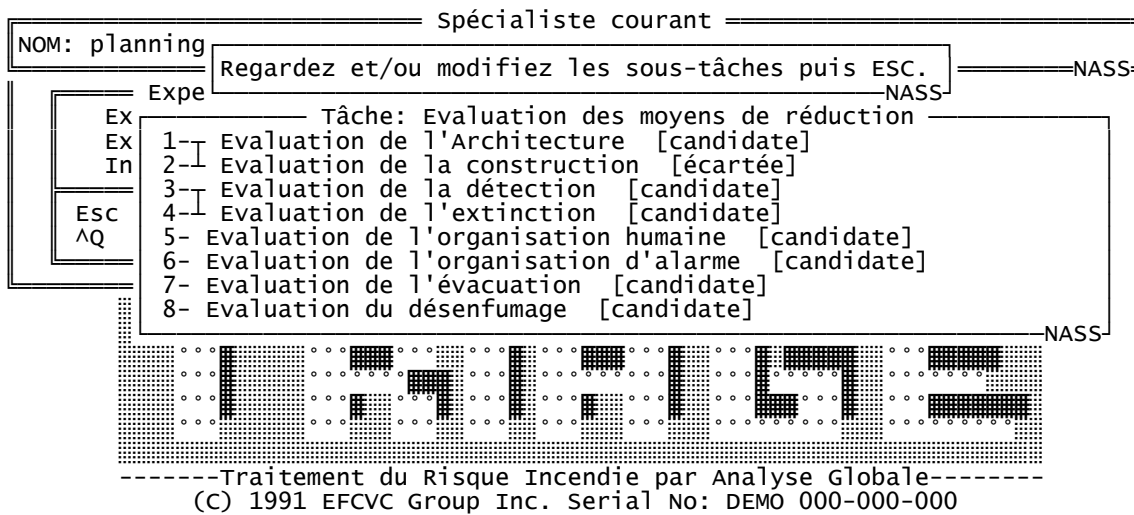
Tout ce que l'on peut déduire ou demander à propos d'un objet est attaché à des slots appelés attributs de cet objet.





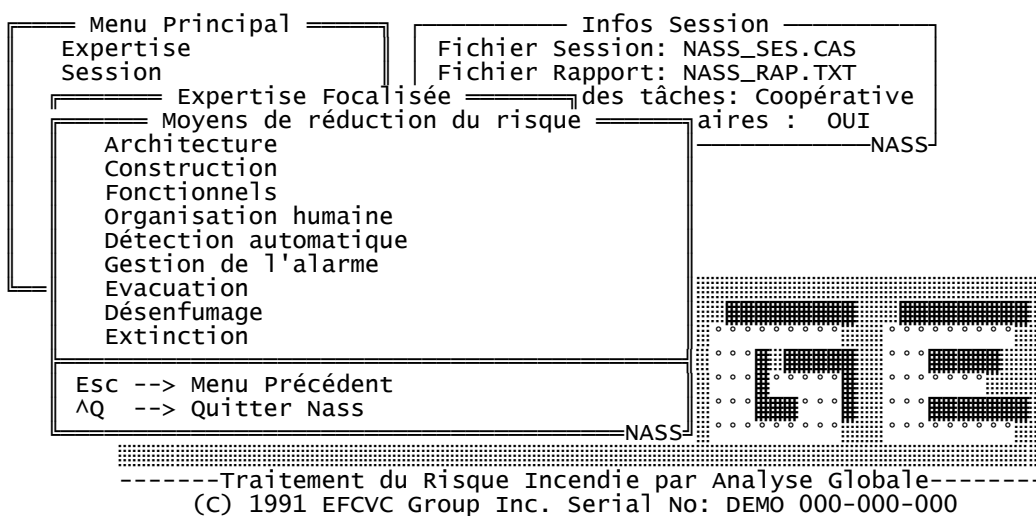
## ECRAN GESTION DES TACHES (EN EXPERTISE GENERALE)

L'utilisateur peut écarter, réintroduire, déplacer des tâches afin d'accélérer l'expertise générale ou de la faire coller à ses besoins. Les traits reliant des numéros de tâches indiquent celles qui peuvent être permutées entre elles.



## ECRAN MENU D'EXPERTISE FOCALISEE

L'utilisateur peut s'adresser directement au spécialiste qui l'intéresse, sous-réserve que ce dernier puisse agir seul.



## ECRAN D'EXPLOITATION D'UN SPECIALISTE AU REPOS

L'utilisateur peut indiquer de nouveaux buts, changer des réponses, etc.

```

----- Spécialiste courant -----
NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme
-----NASS-----

Phase d'exploitation
Déterminer le paramètre but
Choisir le paramètre à déterminer
Ar Lister les paramètres déductibles
Co Lister les paramètres demandables
Fo Etablir le rapport
Or Modifier des paramètres
Dé Visualiser des connaissances
Ge Réinitialiser les paramètres
EV
Dé
Ex
ESC --> Menu Précédent
^Q --> Quitter Nass

Coopérative
es : OUI
-----NASS-----

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

## ECRAN RESULTATS D'UN SPECIALISTE

Les écrans résultats sont des masques paramétrés avec les variables jugées intéressantes pour l'utilisateur.

```

----- Spécialiste courant -----
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-----NASS-----

Rapport
CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE
-----
nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,
    50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),
    100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de danger de déclenchement d'un incendie 68 :
La possibilité d'allumage 92 ,
Le potentiel combustible 49 .

Détail de la possibilité d'allumage :
La part de l'homme 75 ,
La part du matériel 75 ,
La part du produit 20 ,
La part du procédé 7 ,
-----NASS-----

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

Sur cet écran, nous voyons les résultats d'un arbre de prédiction.

## ECRAN RESULTATS D'UN SPECIALISTE

Les spécialistes peuvent également faire des estimations chiffrées à partir de données qualitatives et quantitatives.

Spécialiste courant		
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)		
	Rapport	
Montant du SRE pertes directes:	8850	KF
Réparties comme suit		
Le SRE incendie-----:	450	KF
Le SRE dégâts des eaux-----:	1200	KF
Le SRE fumées-----:	7200	KF
valeur en jeu-:		
-bâtiment----:	2000	KF
-contenu-----:	10000	KF
-équipement--:	8000	KF
Pourcentage SRE incendie applicable au:		
-bâtiment--:	90	%
-contenu---:	90	%
-équipement:	90	%
Etendue du sinistre:		

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## ECRAN RESULTATS D'UN SPECIALISTE (suite écran précédent)

Spécialiste courant		
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)		
	Rapport	
-bâtiment--:	90	%
-contenu---:	90	%
-équipement:	90	%
Etendue du sinistre:		
surface sinistre incendie-:	50	m2
surface dégâts des eaux---	1000	m2
Paramètres:		
industrie-----:	aéronautique	
bâtiment-----:	bac acier 1 léger	
activité-----:	stockage	
surface de la zone étudiée-:	1000	m2
surface du bâtiment -----:	2000	m2
la zone est sprinklée-----:	OUI	
stabilité au feu des cloisons de la zone:	2	h

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## ECRAN D'EXPLICATION DE LA STRATEGIE

L'explication stratégique est disponible lors de l'expertise globale. Elle permet à l'utilisateur de mieux suivre le raisonnement lors de l'enchaînement des multiples modules.

Spécialiste courant	
NOM: dangdec   SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
Raisonnement	
EX EX In  Esc ^Q	Explication de la stratégie Je cherche à exécuter la tâche: Recherche des points dangereux La planification pour atteindre ce but est: Par exécution du script Recherche des points dangereux. Les phases sont les suivantes: - Phase: Danger de déclenchement [en cours] - Phase: Danger de développement [non commencée]  Phase courante: Danger de déclenchement  Toute question en ce moment est liée aux actions de la phase courante  Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur
NASS	
(C) 1991 EFCVC	Stratégie Quitter Nass
	MO 000-000-000
	NASS

## ECRAN MONTRANT LA CONNAISSANCE EN COURS DE DECLENCHEMENT

Le raisonnement peut être interrompu à tout moment par l'utilisateur qui peut alors indiquer d'autres buts à poursuivre.

Spécialiste courant				
NOM: alarm   SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme				
Visualisation règles/faits/tables				
Ar Co Fo Or Dé Ge Ev Dé Ex	je sais déjà que: . la localisation du site est "urbaine grande ville" si de plus: . le relief n'est pas montagneux alors . la durée d'arrivée des pompiers externes=(dp)/0.4  avec ► dp : la distance du site aux pompiers externes les plus proches.			
NASS				
Esc ^Q	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">           Oui            Non              ? = au            -----Traitement d         </td> <td style="width: 33%;">           Granule courant            Pourquoi            Inconnu            Modification            Expliciter            Stratégie            Quitter Nass         </td> <td style="width: 33%;">           lyse Globale-----            MO 000-000-000         </td> </tr> </table>	Oui Non  ? = au -----Traitement d	Granule courant Pourquoi Inconnu Modification Expliciter Stratégie Quitter Nass	lyse Globale----- MO 000-000-000
Oui Non  ? = au -----Traitement d	Granule courant Pourquoi Inconnu Modification Expliciter Stratégie Quitter Nass	lyse Globale----- MO 000-000-000		
NASS				
(C) 1991 EFCVC	MO 000-000-000			
	NASS			

## ECRAN MONTRANT LA CONNAISSANCE EN COURS DE DECLENCHEMENT

Pour la compréhension du but immédiat poursuivi par un spécialiste, l'affichage du granule de connaissance en cours d'examen peut suffire.

Spécialiste courant		
NOM: evacExpr SPECIALITE: Approche non réglementaire de l'évacuation		
Visualisation règles/faits/tables		
	je sais déjà que:	
	. la phase d'incendie considérée est "Déclenchement"	
	. la phase d'évolution du bâtiment considérée est "Esquisse"	
Ty	si de plus:	
Et	. la destination prépondérante du bâtiment est "locaux réservés au sommeil"	
Et	alors	
Esc	. la possibilité d'évacuation est traitée ET	
^Q	. Nb: L'évacuation va être difficile, car le temps de réaction des gens est alors long par rapport à la dynamique du feu.	
EX		NASS
Esc	locaux réservés	Granule courant
^Q	locaux abritant	Pourquoi
	locaux recevant	Inconnu
	locaux recevant	Modification
	autres destinati	Expliciter
	? = au	Stratégie
		Quitter Nass
		NASS

## ECRAN D'EXPLICATION DU POURQUOI D'UNE QUESTION

Parfois, le seul fait de préciser le but immédiat du spécialiste peut suffire à la compréhension d'une question.

Spécialiste courant		
NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme		
Raisonnement		
Ar		
Co		
Fo		
Or		
Dé		
Ge	question	
Ev	Quelle est la localisation du site ?	
Dé		
EX		NASS
Esc	urbaine grande v	gestion session
^Q	en plaine	Granule courant
	village	<u>Pourquoi</u>
	? = au	Inconnu
		Modification
		Expliciter
		NASS
Je cherche à déterminer la durée d'arrivée des pompiers externes		
NASS		

### EXPLICITATION D'UNE QUESTION

Parfois, il peut être judicieux d'exprimer une même question de plusieurs façons.

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Raisonnement	
Pe Pe Co	
Esc AQ	
question	
la position des marchandises est-elle surélevée par rapport au sol ?	
NASS	
Oui Non	gestion session Granule courant Pourquoi Inconnu Modification <i>Expliciter</i>
NASS	
-----Traitement d	lyse Globale-----
.c-à-d. 10 à 15 cm	
NASS	

### COMMENTAIRES ATTACHES A UN PARAMETRE

Si le détail d'une question doit être abondant, il vaut mieux lui attacher une page de commentaires.

NO	Un réseau d'eau est adéquat et fiable s'il est capable de fournir sans caviter la demande en eau pour les besoins les plus élevés du site concerné en cas d'incendie.
NASS	
Pe Pe Co	
Esc AQ	
question	
Le réseau d'eau est-il adéquat ?	
NASS	
réponse	
Oui Non	
NASS	
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	



## LISTE DES QUESTIONS D'UN SPECIALISTE (pour modification)

Après et/ou pendant le raisonnement, l'utilisateur peut modifier ses réponses à certaines questions.

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Phase d'exploitation	
Coopérative	
Liste des questions de SreSmp	
Pe	NOM: la valeur du bâtiment
Pe	LABEL: x1
Co	ETAT: < 2000 >
	UNITE: KF
	SOURCE: Utilisateur
Esc	
^Q	
	NOM: la valeur des marchandises du bâtiment
	LABEL: x2
	ETAT: < 10000 >
	UNITE: KF
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: la valeur des équipements du bâtiment
	LABEL: x3
	ETAT: < 8000 >
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

## LISTE DES DEDUCTIONS D'UN SPECIALISTE

En plus des masques de résultats, l'utilisateur peut obtenir encore plus d'informations en consultant directement la base des déductions du spécialiste.

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Phase d'exploitation	
Coopérative	
Paramètres déductibles par SreSmp	
Pe	NOM: le sre total
Pe	ETAT: < 8850 >
Co	SOURCE: granule 107 (règle)
Esc	
^Q	
	NOM: le sre incendie
	LABEL: sreInc
	ETAT: < 450 >
	SOURCE: granule 47 (fait)
	NOM: le sre dégâts des eaux
	LABEL: sreBde
	ETAT: < 1200 >
	SOURCE: granule 49 (règle)
	NOM: le sre fumées
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	



## LISTE DES DEDUCTIONS D'UN SPECIALISTE (suite écran précédent)

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Paramètres déductibles par SreSmp	
Pe	NOM: le pourcentage de sinistre SMP applicable au contenu
Pe	du bâtiment
Co	LABEL: p2
	ETAT: < 90 >
	SOURCE: granule 15 (table)
ESC	NOM: le coefficient d'étendue de sinistre incendie
^Q	LABEL: coefEs
	ETAT: < 0.025 >
	SOURCE: granule 44 (fait)
	NOM: le coefficient d'étendue de sinistre dégâts des eaux
	LABEL: coefDd
	ETAT: < 0.5 >
	SOURCE: granule 45 (règle)
ESC --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

### IV.1.2 Fonctionnement des modules experts

Les modules experts sont ceux qui mélangent des connaissances de diverses origines (même réglementaire) mais en privilégiant la technique et l'expérimentation.

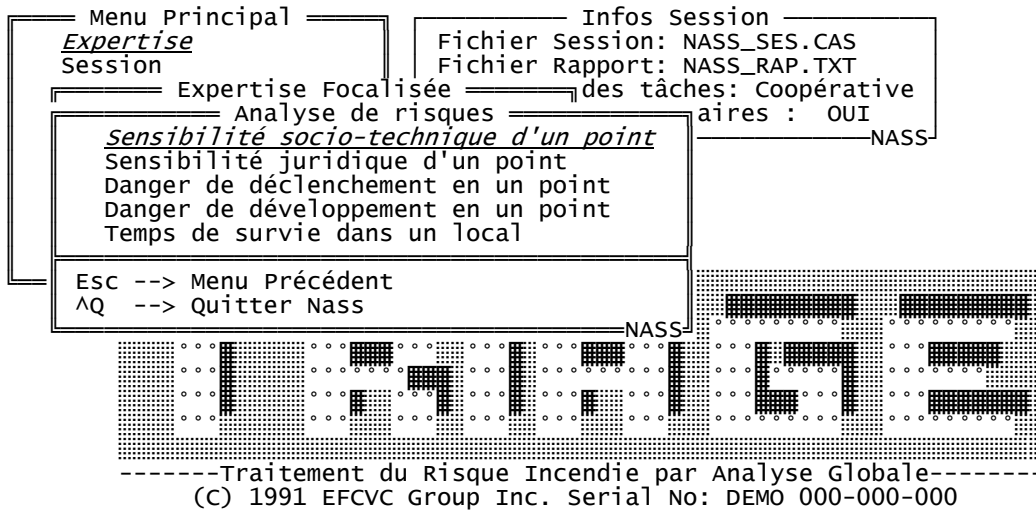
Ces modules se répartissent en deux groupes : ceux qui sont spécialisés dans l'analyse des risques et ceux qui sont dédiés à la réduction des risques.

Pour alléger la présentation, nous allons résumer ici le comportement de certains de ces modules. Des sessions plus étendues sont proposées dans l'annexe F.

#### IV.1.2.1 Analyse des risques

L'analyse du risque incendie requiert l'évaluation du danger incendie, de la sensibilité des entités menacées et de la transmissibilité du danger vers l'entité sensible.

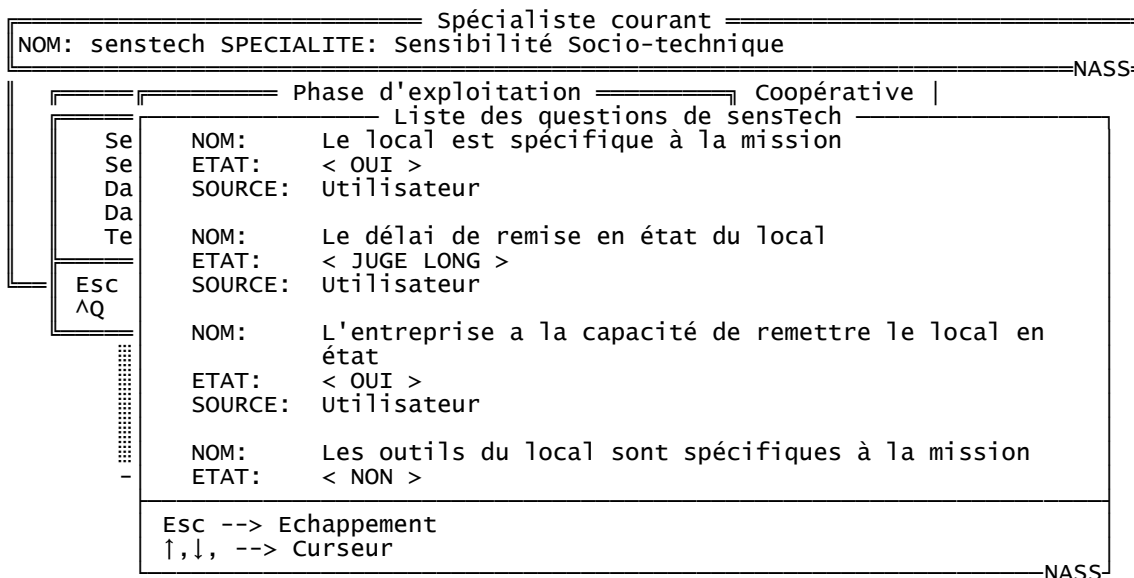
L'écran suivant représente le point d'entrée de l'analyse.



#### IV.1.2.1.1 Utilisation d'un des arbres de sensibilité

L'utilisateur ne voit pas les arbres. Le système lui pose des questions concernant les activités de l'entreprise, les impacts probables d'un arrêt de ces activités, la capacité technique et financière de l'entreprise à faire face à ces impacts, etc.

Nous montrons ci-après un extrait de la liste des questions et des réponses. Des extraits plus détaillés de l'expertise réelle sont fournis à l'annexe F. On y constate que bon nombre de questions sont accompagnées de commentaires à l'écran et que les explications sont toujours disponibles.



```

===== Spécialiste courant =====
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique
-----NASS-----
Phase d'exploitation | Coopérative |
Liste des questions de sensTech
Se SOURCE: Utilisateur
Se
Da NOM: Le délai de reconstitution des outils du local
Da ETAT: < JUGE SUPPORTABLE >
Te SOURCE: Utilisateur

ESC NOM: L'entreprise a la capacité de remise en état du local
^Q de l'activité
ETAT: < OUI >
SOURCE: Utilisateur

NOM: Les outils sont sensibles à la chaleur, l'eau ou la
fumée
ETAT: < NON >
SOURCE: Utilisateur

ESC --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
-----NASS-----

```

Le résultat obtenu est le crédit accordé à l'hypothèse de sensibilité. Ici, il s'agit de la sensibilité socio-technique, celle qui n'est pas liée à des textes juridiques ou réglementaires.

Les nombres indiquent le pourcentage de crédit accordé aux hypothèses.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique
-----NASS-----
Rapport
CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE
-----
nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,
50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),
100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de sensibilité socio-technique du local 100 :
Sensibilité directe de l'activité 69
Sensibilité indirecte de l'activité 68

Détail de la sensibilité directe:
Sensibilité due au local abritant l'activité 40
Sensibilité due aux outils du local de l'activité 0
Sensibilité due aux personnes du local 1
Sensibilité due aux marchandises du local 8
-----NASS-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

Lorsque l'utilisateur juge la sensibilité trop élevée il revient en arrière pour ajouter des consignes, des éléments de protection qui feront augmenter les crédits défavorables aux facteurs de sensibilité.

#### IV.1.2.1.2 L'arbre de danger déclenchement d'incendie

L'utilisation des arbres de danger suit le même principe que les arbres de sensibilité. La seule différence réside dans les hypothèses. Celles-ci concernent le triangle du feu : chaleur, combustible, comburant. C'est à ce niveau que le comportement de l'homme, les matériaux de finition du bâtiment, le procédé et la nature des outils des activités entrent en jeu.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
===== NASS =====

Phase d'exploitation | Coopérative |
Liste des questions de DangDecl
Se  NOM:      Le personnel est motivé en matière de sécurité
Se  ETAT:     < OUI >
Da  SOURCE:  Utilisateur
Da
Te  NOM:      Le personnel est formé à la sécurité
    ETAT:     < NON >
    SOURCE:   Utilisateur
ESC
^Q  NOM:      il existe des consignes générales de sécurité
    ETAT:     < NON >
    SOURCE:   Utilisateur
-   NOM:      L'entreprise a un bon climat social
    ETAT:     < NON >
    SOURCE:   Utilisateur

ESC --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
===== NASS =====

```

L'écran précédent est un extrait des questions. On y voit qu'il n'y a pas de consignes de sécurité. L'écran suivant montre une partie des résultats dans ces circonstances.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
===== NASS =====

Rapport
CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE
-----
nb: 0  => Hypothèse certainement fausse,
     50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),
     100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de danger de déclenchement d'un incendie 79 :
La possibilité d'allumage 100,
Le potentiel combustible 71 .

Détail de la possibilité d'allumage :
La part de l'homme 84 ,
La part du matériel 99 ,
La part du produit 60 ,
La part du procédé 12 ,
===== NASS =====

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

Ajoutons des consignes contre l'échauffement d'origine thermique, améliorons la tenue des lieux, ajoutons un contrôle d'accès.

```

Spécialiste courant
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
NASS

Phase d'exploitation | Coopérative |
Liste des questions de DangDecl

Se  ETAT: < OUI >
Se  SOURCE: Utilisateur
Da
Da  NOM: Il y a une bonne tenue des lieux
Te  ETAT: < OUI >
    SOURCE: Utilisateur

ESC  NOM: Il existe un contrôle de ces consignes
AQ   ETAT: < OUI >
    SOURCE: Utilisateur

    NOM: il existe consignes pour limiter l'échauffement
    thermique anormal
    ETAT: < OUI >
    SOURCE: Utilisateur

ESC --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
NASS

```

On constate (nouvel écran de résultats ci-dessous) une faible diminution du danger incendie (on passe de 79 % à 77 %). On peut supposer que le faible niveau de la diminution est dû :

- soit au faible impact des mesures choisies, auquel cas il faudra prendre des dispositions plus significatives, par exemple enclonner les matériels les plus dangereux ;
- soit à un manque de sensibilité de l'arbre, auquel cas il faudra poursuivre le calage pour affiner les poids.

```

Spécialiste courant
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
NASS

Rapport
CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE
-----
nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,
    50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),
    100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de danger de déclenchement d'un incendie 77 :
La possibilité d'allumage 92 ,
Le potentiel combustible 71 .

Détail de la possibilité d'allumage :
La part de l'homme 44 ,
La part du matériel 62 ,
La part du produit 60 ,
La part du procédé 12 ,
NASS

```

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## IV.1.2.2 Réduction des risques

La réduction des risques est traitée à travers plusieurs dizaines de modules. Ceux-ci peuvent être classés en différents groupes, tels que :

- Organisation humaine,
- Aspects constructifs,
- Aspects fonctionnels,
- Type de détection automatique,
- Installation des détecteurs,
- Organisation d'alarme,
- Evacuation,
- Désenfumage,
- Extinction.

A côté de ces modules, il y a ceux qui font les estimations de pertes. On ne peut pas les classer comme des modules de réduction de risque, mais nous les citons ici parce que nous comptons les intégrer dans le même schéma de présentation.

La présentation retenue consiste à décrire brièvement (IV.1.2.2.1) les services rendus par chaque groupe de modules, étant entendu que des sessions plus détaillées sont proposées à l'annexe F. En guise d'illustration, nous avons choisi d'insérer ici (IV.1.2.2.2) les sessions du groupe « Installation de détecteurs ».

### IV.1.2.2.1 Présentation générale

#### Organisation humaine

L'organisation humaine entre dans les moyens de prévention. Elle permet de réduire le risque de déclenchement d'incendie. Elle permet également, si l'incendie a lieu, de faciliter l'intervention précoce et de réduire la sensibilité des personnes au risque.

Les données prises en compte concernent la sensibilisation, la formation, la motivation du personnel au problème incendie, la maintenance des équipements de sécurité, etc.

Le résultat attendu est un degré de satisfaction (la qualité) de l'organisation humaine.

#### Type de détection

Le type de détection réduit le danger de propagation rapide de l'incendie par sa précocité.

Les caractéristiques de l'environnement constituent les données de base : types de matériaux, hygrométrie, température...

Le résultat est la liste des détecteurs les mieux adaptés à cet environnement.

---

### Installation des détecteurs

Une fois les types de détecteurs connus, il faut les installer en tenant compte de la géométrie du local, de l'escalier ou du couloir. Notons qu'une mauvaise installation peut conduire à l'absence de détection ou à de fausses détections. Dans les deux cas, il s'agit d'états de sécurité illusoire.

Le résultat attendu est la configuration géométrique qui produit le nombre optimal de détecteurs.

---

### Organisation d'alarme

L'organisation d'alarme, à ne pas confondre avec l'organisation humaine, est le plan qui doit être mis en route dès qu'une alarme est effective (après détection d'un feu). La détection n'a de valeur qu'avec une organisation d'alarme efficace, donc celle-ci réduit également le danger de propagation rapide de l'incendie.

Le résultat attendu est l'organisation d'alarme la plus efficace, compte tenu des possibilités financières de l'entreprise et de la localisation des pompiers les plus proches.

---

### Evacuation

L'évacuation réduit le danger pour les hommes.

Les paramètres utilisés concernent les hommes eux-mêmes, leur connaissance des lieux, leur mobilité, leur nombre au mètre carré, la géométrie des couloirs et des issues.

Le résultat cherché est de savoir si l'évacuation est envisageable. Si oui, doit-elle être globale ou partielle ? Quel est le temps d'évacuation ?

Lorsque l'évacuation n'est pas envisageable, il faut faire un sauvetage des personnes.

---

### Désenfumage

Le désenfumage facilite l'évacuation et l'intervention des pompiers.

Les données utilisées sont la présence de personnes, la géométrie des lieux, l'existence ou non de combustible en certains points du bâtiment, la ventilation des locaux, le nombre de niveaux, etc.

Les résultats attendus sont le type de désenfumage adéquat (naturel ou mécanique), la mise en oeuvre technique.

### Extinction

L'extinction réduit le danger de propagation de l'incendie.

Les données utilisées sont la nature des matériaux susceptibles de brûler, la présence éventuelle de personnes, le temps d'enfumage des locaux, le temps d'évacuation, la géométrie des lieux, etc.

Les résultats attendus sont les agents d'extinction les mieux adaptés à l'environnement décrit et l'installation technique.

### Calcul de pertes

Les modules de calcul de pertes prennent en compte la majorité des données utilisées ou déduites par les autres modules, avec en plus les coûts des équipements, du bâtiment, des marchandises...

L'approche est celle des assureurs. Il y a un calcul du sinistre maximum possible (en termes de coûts) et un calcul du sinistre raisonnablement escomptable. Ce dernier calcul prend en compte l'efficacité de tous les moyens de réduction de risque mis en oeuvre. La distinction est faite entre les pertes dues à l'incendie d'une part, aux fumées et à l'eau d'extinction de l'autre.

### Exploitation de programmes classiques

Les programmes classiques sont utilisés lors de l'étude des éléments constructifs du bâtiment. Ces éléments constructifs réduisent le danger de propagation de l'incendie et le danger d'effondrement de la structure.

Les données utilisées sont la géométrie des locaux, les épaisseurs et la nature des matériaux des éléments porteurs ou séparateurs.

Les résultats fournis sont le temps de développement de l'incendie naturel dans les locaux et les températures enregistrées, le temps de résistance au feu des planchers et des murs, la stabilité au feu de ces éléments plus les poteaux et les tirants.

Parmi les résultats, il y a également des propositions de moyens de protection des éléments constructifs afin d'obtenir de meilleures performances.

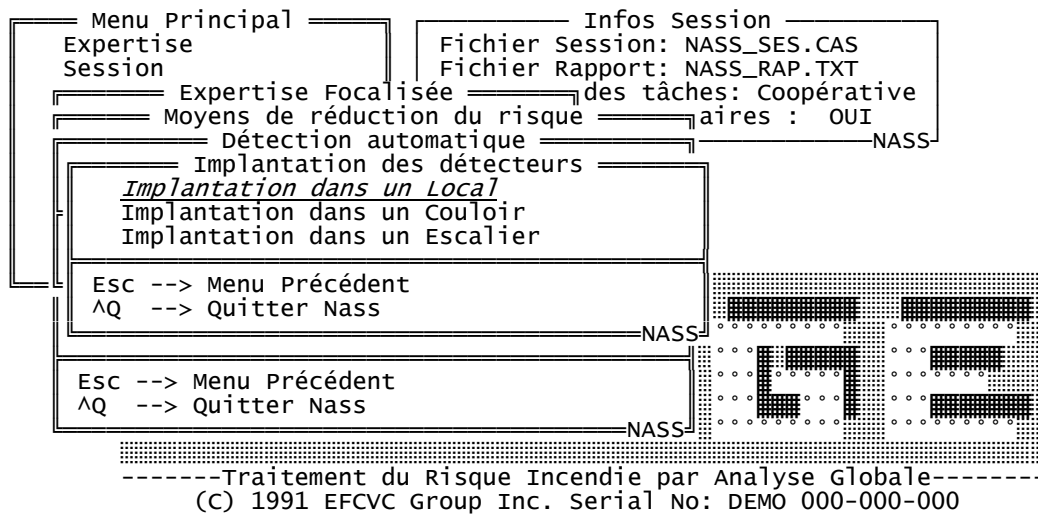
#### **IV.1.2.2.2 Installation des détecteurs**

##### **IMPLANTATION DES DETECTEURS DANS UN LOCAL**

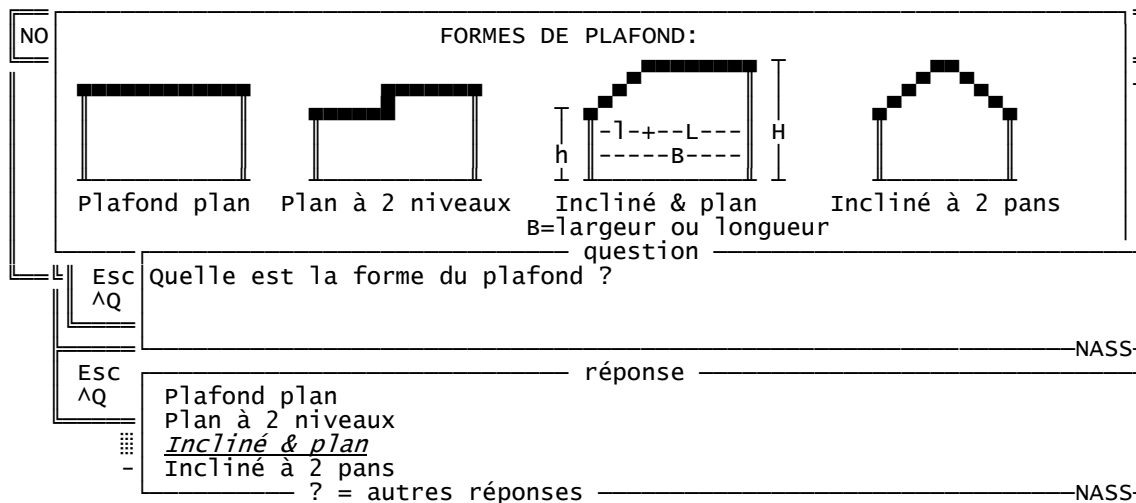
Le but de ce module est de calculer, pour un local donné, le nombre minimal de détecteurs et les distances entre détecteurs. Dans l'exemple ci-dessous, on accède au module en expertise focalisée. En mode expertise générale, il ne serait pas nécessaire de choisir une



option dans un menu, car les modules seraient appelés automatiquement par le planificateur de tâches.



L'expertise commence par le choix d'une forme de plafond. Pour l'exemple, nous choisirons un plafond incliné et plan (italique souligné).



Les obstacles au plafond peuvent réduire la surface de surveillance des détecteurs, donc augmenter leur nombre. Le module cherche à voir s'il faut diviser le local en plusieurs zones qui seraient considérées individuellement comme des locaux.

NO

DEFINITION DES OBSTACLES AU PLAFOND

question

Est-ce qu'il existe des obstacles au plafond ?

ESC  
ΛQ

réponse

Oui  
*Non*

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Ensuite, on passe aux caractéristiques géométriques du local.

Spécialiste courant

NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local

Raisonnement

I  
I  
I

question

Quelle est la longueur du local ?

ESC  
ΛQ

réponse

20

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local

Raisonnement

I  
I  
I

question

Quelle est la largeur du local ?

ESC  
ΛQ

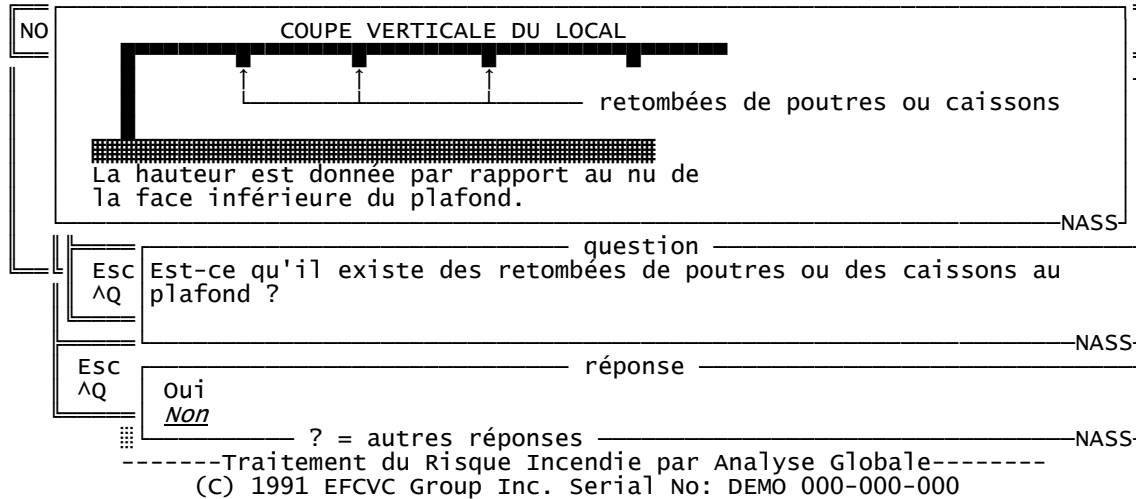
réponse

10

? = autres réponses

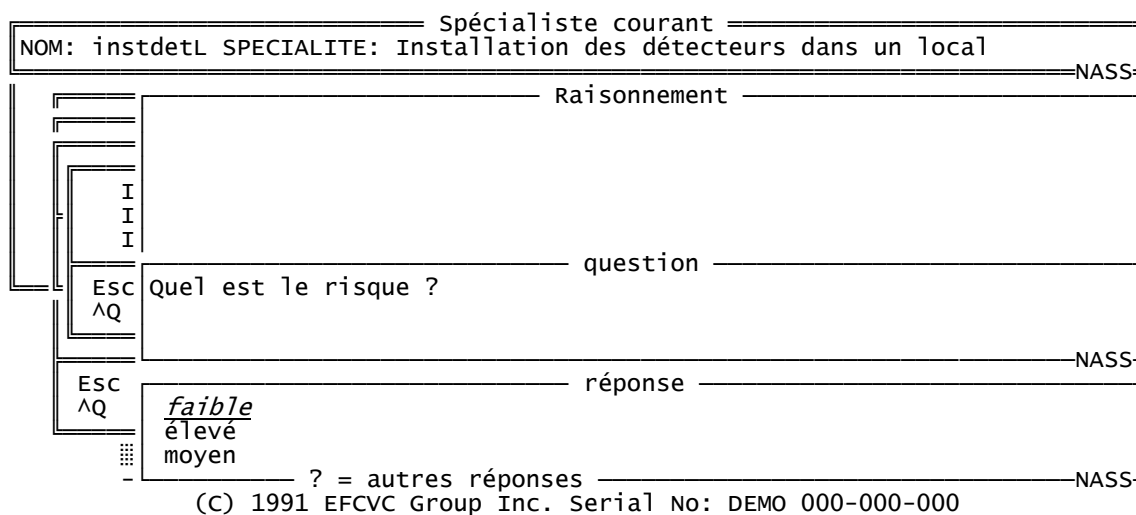
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Le système revient sur les obstacles au plafond. Ce comportement s'explique par le fait que le système pose les questions au fur et à mesure des besoins, suivant la logique des blocs de connaissances. Ici, on peut conclure que le traitement des retombées de poutres n'a pas été effectué dans le même bloc de connaissances que les autres obstacles.



Ensuite on passe au risque incendie du local. Il s'agit du risque résiduel après prise en compte des moyens de réduction autres que la détection incendie.

Cette question montre que le module n'est pas totalement connecté au reste du système TRIAGE, car l'information sur le risque devrait venir du module d'analyse de risques.



Les bouches d'aération du local doivent être localisées pour que des détecteurs ne soient pas placés à leur proximité.

Spécialiste courant

NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local

NASS

Raisonnement

I  
I  
I

question

ESC Est-ce qu'il existe des bouches d'aération dans le local ?  
ΛQ

NASS

ESC réponse  
ΛQ

Oui  
Non

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Le module poursuit avec les caractéristiques géométriques du local. Encore une fois, ce comportement est dû au fait qu'une information n'est demandée que si elle est susceptible d'être utilisée.

NO

FORMES DE PLAFOND:

plafond plan    Plan à 2 niveaux    Incliné & plan    Incliné à 2 pans

B=largeur ou longueur

question

ESC Quelle est la hauteur { H } du point le plus élevée du plafond (en  
ΛQ m) ?

NASS

ESC réponse  
ΛQ

2.5

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

NO

FORMES DE PLAFOND:

plafond plan    Plan à 2 niveaux    Incliné & plan    Incliné à 2 pans

B=largeur ou longueur

question

ESC Quelle est la hauteur { h } du point le plus bas du plafond (en m) ?  
ΛQ

NASS

ESC réponse  
ΛQ


1.9

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

NO

FORMES DE PLAFOND:



Plafond plan    Plan à 2 niveaux    Incliné & plan    Incliné à 2 pans

B=largeur ou longueur

question

Quelle est la valeur de l (en m) ?

Esc  
^Q

réponse


5

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

NO

FORMES DE PLAFOND:



Plafond plan    Plan à 2 niveaux    Incliné & plan    Incliné à 2 pans

B=largeur ou longueur

question

Quelle est la valeur de L (en m) ?

Esc  
^Q

réponse

15

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## RESULTATS DU MODULE INSTALLATION DES DETECTEURS

Les résultats montrent que le module considère que le plafond du local est plan bien que nous ayons choisi un plafond incliné et plan.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local
-----NASS-----

                                Rapport
Risque-----: faible
Surface du local-----: 200 m2
Longueur du local-----: 20 m
Largeur du local-----: 10 m

Plafond considéré comme plan-----: OUI

PLAFOND PLAN
  surface de surveillance-----: 89.17 m2
  distance entre détecteurs -----: 11.33 m

Nombre minimal de détecteurs-----: 2
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

### NOUS ALLONS MODIFIER LE RISQUE

Modifions le risque pour voir l'impact de ce paramètre sur le nombre de détecteurs. Comme il y a plusieurs spécialistes qui ont été appelés (pour d'autres tâches), il faut choisir celui dont on veut modifier quelques variables.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local
-----NASS-----

                                Phase d'exploitation | Coopérative |
                                A propos
                                Spécialiste courant
                                Autres spécialistes
                                I
                                I Esc --> Echappement
                                I ↑,↓, --> Curseur
-----NASS-----

Esc Réinitialiser les paramètres
^Q

Esc --> Menu Précédent
^Q --> Quitter Nass
-----NASS-----

Esc --> Quitter Nass
-----NASS-----

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

Nous mettons un risque élevé à la place du risque faible.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local
-----NASS-----
Phase d'exploitation | Coopération |
Liste des questions de InstDetL
-----NASS-----
ETAT: < 10 >
SOURCE: Utilisateur
NOM: il existe des retombées de poutres ou des caissons au
plafond
question
-----NASS-----
ESC Quel est le risque ?
^Q
-----NASS-----
ESC réponse
^Q
faible
élevé
moyen
? = autres réponses
-----NASS-----
ESC --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
-----NASS-----

```

### NOUVELLE INSTALLATION POUR UN RISQUE ELEVE

Nous constatons que le nombre de détecteurs est multiplié par 10. En admettant que ce résultat soit correct, nous pouvons supposer que les connaissances de ce module ont été rédigées de manière à inciter l'utilisateur à réduire le risque autant que possible.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local
-----NASS-----
Rapport
-----NASS-----
Risque-----: élevé
Surface du local-----: 200 m2
Longueur du local-----: 20 m
Largeur du local-----: 10 m
Plafond considéré comme plan-----: OUI
PLAFOND PLAN
surface de surveillance-----: 10 m2
distance entre détecteurs -----: 3.79 m
Nombre minimal de détecteurs-----: 20
-----NASS-----
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

### NOUVELLE INSTALLATION POUR UN RISQUE MOYEN

3. Si nous faisons un autre essai avec un risque moyen, le nombre de détecteurs passe à

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: instdetL SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un local
-----NASS-----

                                Rapport
Risque-----: moyen
Surface du local-----: 200 m2
Longueur du local-----: 20 m
Largeur du local-----: 10 m

Plafond considéré comme plan-----: OUI

PLAFOND PLAN
  surface de surveillance-----: 52.24 m2
  distance entre détecteurs -----: 8.67 m

Nombre minimal de détecteurs-----: 3
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

### IMPLANTATION DES DETECTEURS DANS UN COULOIR

L'implantation des détecteurs dans un couloir est traitée de manière très simple pour l'instant. Elle se réduit à des recommandations.

```

NO Formes de couloirs:
  DROIT      EN ANGLE      EN T      EN CROIX
  [diagrammes]

question
ESC Est-ce qu'il existe des angles dans le couloir ?
^Q

réponse
ESC oui
^Q Non
? = autres réponses
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```



Spécialiste courant  
 NOM: instDetC SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un couloir

Rapport

POUR UN COULOIR:

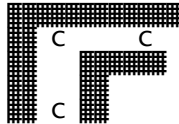
On met une seule ligne de capteurs en respectant:

1. Distance entre capteur et extrémité du couloir: min 0.3 m, max 7.5 m
2. Distance entre capteurs-----: max 15 m
3. Distance entre capteur et plafond-----: environ 7 cm

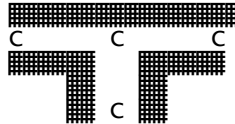
DROIT



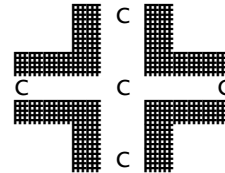
EN ANGLE



EN T



EN CROIX



(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

### IMPLANTATION DANS UN ESCALIER

L'implantation des détecteurs dans un escalier est réalisée également par quelques recommandations.

NO

LOCAUX

LOCAUX

S

H

-----  
 ex: si cette zone est en sous-sol  
 il y a certainement une séparation  
 anti-fumées.

question -----

Esc Est-ce que la cage s'élève sur plus de trois étages ?  
 AQ

réponse -----

Esc oui  
 AQ Non

? = autres réponses -----

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: instDetE SPECIALITE: Installation des détecteurs dans un escalier
-----NASS-----

----- Rapport -----
POUR UNE CAGE D'ESCALIER:
On met un capteur au sommet de la cage d'escalier, à 20 cm du plafond.
Remarques particulières:

mettre un capteur pour trois étages au plus.

mettre un capteur avant chaque séparation anti-fumées.
-----NASS-----

^Q --> Quitter Nass
ESC -----NASS-----
^Q --> Quitter Nass -----NASS-----
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

Nous rappelons que le système expert n'est pas encore validé. Aussi, ne prétendons-nous pas que les résultats ci-dessus soient tout à fait conformes à une expertise réelle. Notre propos est de souligner que, par l'adjonction de plusieurs petits modules simples, on peut apporter des éléments de mise en garde et de réflexion au concepteur de bâtiments. Ces petits modules peuvent se révéler accessibles et acceptés par le concepteur par le fait qu'ils ne mobilisent pas beaucoup de son temps sur une question qui n'est pas son problème principal.

### IV.1.3 Fonctionnement des modules purement réglementaires

Certains modules du système TRIAGE sont basés exclusivement sur la réglementation. Ils ont été réalisés pour montrer la différence qui existe entre l'approche réglementaire et les approches alternatives à la réglementation.

Le sous-champ retenu pour cette expérimentation est limité à l'étude des équipements fonctionnels du point de vue de la sécurité incendie. L'électricité, le chauffage et la thermique sont les thèmes considérés. Chacun de ceux-ci est ensuite découpé en sujets.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection
-----NASS-----

----- Raisonement -----
Ré
Ré
Ré
Ré
----- question -----
ESC -----NASS-----
^Q Quel(le) est l'élément (6) que vous désirez étudier ?

----- réponse -----
ESC -----NASS-----
^Q protection contre les court-circuits,contacts indirects...
réaction au feu des appareils d'éclairage de sécurité
classification des éclairages de sécurité
obligation d'éclairage d'ambiance
obligation d'éclairage de balisage
lampes à décharge pour éclairage de sécurité
? = autres réponses -----NASS-----

```

Les résultats obtenus comprennent les règles qui doivent être respectées, les éventuels éléments de sécurité à ajouter aux équipements d'après la réglementation. Lorsque certains équipements ne sont pas obligatoires, le système le signale aussi.

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Rapport	
Sujet à étudier: Installations de sécurité	
Elément à étudier: Eclairage de sécurité	
Association d'éléments à étudier: Eclairage de sécurité	
ANALYSE DU PROBLEME ELECTRIQUE	
Problème posé: obligation d'éclairage d'ambiance	
Référence: réglementation E.R.P. (EC7)	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

(suite de l'écran précédent)

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Rapport	
Critères de sélection: effectif par local:>100 personnes (étage ou Rdc) ou >50 personnes (sous-sol)	
Type d'équipement à retenir: flux lumineux minima:5 lumens/m2 - éclairage uniforme - dans les couloirs et dégagements,espacement maximal des foyers lumineux:15 m	
Commentaires: Les appareils assurant le balisage peuvent contribuer à l'éclairage d'ambiance	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

A l'annexe F, nous donnons des extraits de sessions plus détaillées de ces modules réglementaires.

#### IV.1.4 Conclusion

Nous ne pouvons pas prétendre que le système TRIAGE soit opérationnel. Cependant, il a permis de tester les idées majeures de cette thèse, notamment la coopération de multiples sources de connaissances pour résoudre le problème de la sécurité incendie. Nous avons montré (cf. annexe F) des modules sur la thermique, l'architecture, les aspects constructifs, l'évaluation du risque. Nous avons également montré la différence de fonctionnement entre des modules purement réglementaires et des modules basés sur les connaissances expertes.

Ces copies d'écran ont aussi montré la nécessité d'une meilleure ergonomie en ce qui concerne la description des objets et des relations entre eux. Les arborescences d'instances d'objets tels qu'elles ont été utilisées ici sont suffisantes pour une maquette de laboratoire. Par contre, elles seraient peu attractives pour l'utilisateur d'un système opérationnel. Cela explique nos efforts en matière de modèles iconiques (cf.IV.2.3).

## **IV.2 Evolution de TRIAGE : les outils disponibles**

### **IV.2.0 Introduction**

Trois outils ont été créés dans le cadre de la réalisation de TRIAGE : NASS, ARBRE, ICONOGRAPH. Ils mettent en oeuvre la plupart des idées que nous avons développées jusqu'ici : acquisition des connaissances *in situ* grâce à l'utilisation d'une interface en langage naturel, arbre d'hypothèses multivaluées, modèle iconique pour la description rapide des relations entre objets structurés.

Les évolutions futures de TRIAGE sont étroitement liées à celles de ces outils, du fait de la spécificité de certaines des techniques utilisées. C'est pourquoi nous avons pensé décrire brièvement ces outils.

### **IV.2.1 L'outil de développement NASS**

#### **IV.2.1.1 Historique**

Initialement, l'outil NASS était un dictionnaire rudimentaire destiné à recevoir *in situ* les concepts utilisés par les experts, dans le cadre de la méthode de développement NASSE [77-CHARLES].

Par la suite, il nous a paru intéressant d'y intégrer également les inférences réalisées sur ces concepts. Cela permettait de les tester *in situ*. Puis, toujours dans le souci de gagner du temps, est née la notion de table (cf. IV.2.1.1) servant à factoriser plusieurs inférences. C'était aussi la naissance de l'outil NASS.

Beaucoup d'autres concepts intégrés à NASS, tels que les arbres d'hypothèses pondérées, les morphologies d'objets, sont le fruit de la collaboration avec les experts du projet de système expert en sécurité incendie.

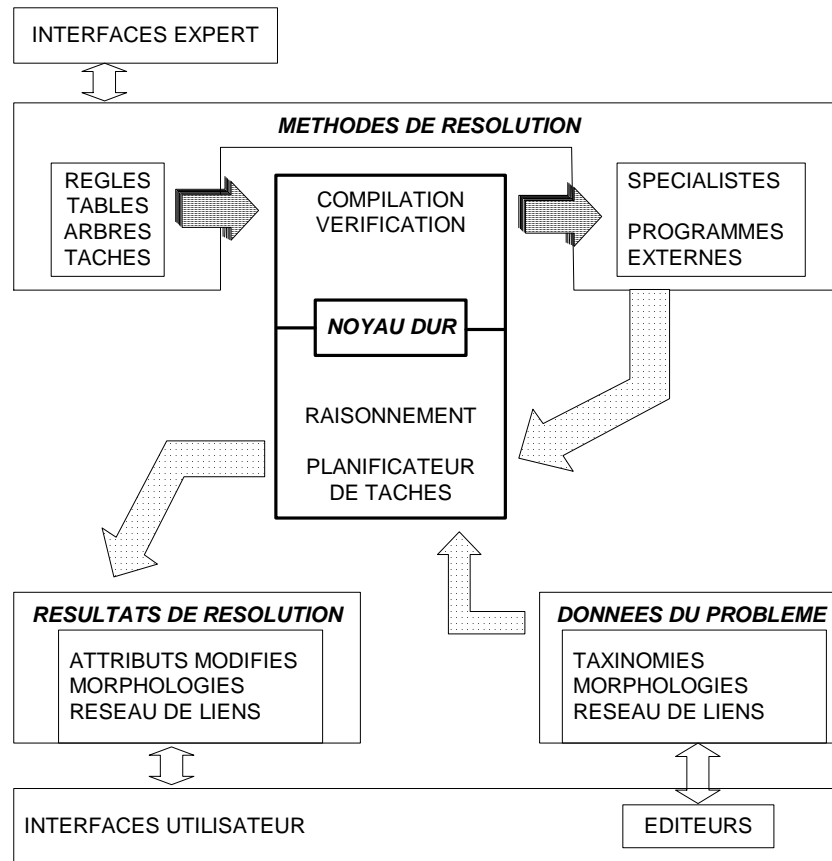


fig. IV/0. Architecture de l'outil NASS

## IV.2.1.2 Représentation des connaissances

### Objets structurés, BlackBoard

Les objets peuvent être structurés en contextes génériques et sous-contextes génériques. Ces contextes se rapprochent des classes et sous-classes des langages orientés objets. Ils possèdent des attributs. Ces derniers peuvent faire l'objet d'attachements de sources de connaissances. Il y a héritage statique des attributs et des attachements de connaissances entre un sous-contexte et son contexte. Toutefois, les attachements de connaissances peuvent être redéfinis au niveau du sous-contexte.

Les contextes peuvent être organisés par des liens morphologiques. Ce qui permet de créer des hiérarchies de systèmes.

Il n'y a pas de messages, pas de transmissions directement programmables par le développeur. Cependant, chaque instance de contexte conserve le résumé des opérations dans lesquelles il a participé et avec quels attributs. Cela permet d'informer d'autres instances et/ou des spécialistes de toute modification intervenant sur un attribut de l'instance.

Tant qu'un spécialiste n'a pas explicitement déclaré son intention d'utiliser des contextes, ceux-ci lui restent inaccessibles, même s'ils existent déjà dans le projet.

L'ensemble des instances d'objets structurés et des relations entre ces objets constitue la structure de données appelée blackboard.

### Variables

Les variables ne sont liées à aucun contexte. Elles se divisent en deux catégories :

- les globales que tous les spécialistes peuvent consulter,
- les locales qui contiennent des informations propres à chaque spécialiste respectivement.

Toutes les variables d'un spécialiste qui ne sont pas explicitement mises en partage global ou qui ne sont pas attributs d'objets sont automatiquement mises en catégorie locale.

Plusieurs types sont disponibles : ENTIER, REEL, LOGIQUE, SYMBOLE, OBJET, LIEN, LISTE. Les listes sont plates en ce sens qu'elles ne contiennent pas des listes.

### Fonctions

Les fonctions arithmétiques et trigonométriques ordinaires sont disponibles. Il y en a d'autres qui permettent d'effectuer des opérations itératives ou ensemblistes.

Exemples :

- **sous-systèmes**(local, bâtiment, B) , donnera la liste des locaux du bâtiment pointé par B.
- **valeurs**(x, [x1, ..., xn], ok, n) , donnera les n premières valeurs de x parmi la liste [x1..., xn] telles que ok soit vrai. La liste d'itération peut être fournie également en intention (une variable à calculer avant l'opération).
- **attributs**(effectif, bâtiment, IB), donnera la liste des valeurs de l'attribut effectif des bâtiments contenus dans la liste IB.

### Affirmations (faits)

Les affirmations s'énoncent sans condition. Exemples :

- $p = \sin(x) + 3 * y$
- $q = 50$
- *le type de détecteur du local est « IONIQUE »*
- *il n'est pas nécessaire de désenfumer le local*

Il y a des affirmations qui sont fournies par défaut. Elles ne sont prises en considération que lorsqu'on ne peut pas faire autrement.

### Règles

Les règles sont des productions usuelles du type SITUATIONS → ACTIONS.

### Tables

Les tables permettent de compacter un ensemble de règles de production. Elles peuvent avoir plusieurs entrées et plusieurs sorties. Leur utilisation peut en outre être contrôlée par l'insertion de préconditions destinées à accélérer leur sélection au cours du raisonnement.

Des opérations d'interpolation linéaires ou bi-linéaires peuvent avoir lieu sur les tables numériques. De telles tables résultent souvent d'abaques ou de résultats de laboratoire.

### Arbres d'hypothèses

Les arbres d'hypothèses servent à exprimer des connaissances de prédiction en faisant la balance des hypothèses favorables et des hypothèses défavorables.

### Tâches

Les tâches sont des éléments d'organisation des stratégies d'appels des spécialistes afin d'atteindre des buts fixés. Elles peuvent être organisées en une structure d'arbre dynamique. Une tâche peut en programmer d'autres ou au contraire en éliminer.

Une tâche peut être multiforme : suivant la situation, elle s'exécute de manière différente tout en ayant le même nom.

### Spécialistes

Les spécialistes sont des paquets de connaissances (règles, tables, arbres, affirmations) autonomes. Ils sont utilisables isolément ou dans un contexte de multi-expertise.

A la différence des systèmes à blackboard (ATOME [12-LAASRI], DECIDEX [11-GLEIZES]), ces spécialistes n'ont pas de conditions d'activabilité. Le compilateur indique dans chaque variable déductible les spécialistes qui sont capables de la déduire. Le mécanisme de raisonnement sélectionne le premier qui donne un résultat exploitable ; c'est-à-dire qui ne réagit pas par un message : « Je ne peux pas conclure. »

## **IV.2.1.3 Le mécanisme de contrôle**

### Chaînage arrière

Le contrôle est essentiellement dirigé par les buts.

Les buts principaux sont indiqués dans les bases de connaissances. Lors de la compilation, il y a création d'un réseau de lien de dépendance entre buts et sous-buts.

Le choix des buts initiaux est laissé à l'utilisateur. Ce dernier peut procéder de trois façons :

- par sélection d'un but dans un menu préétabli par le développeur de l'application : c'est l'expertise focalisée.
- par utilisation du planificateur de tâches décrit ci-après : c'est l'expertise générale. La différence essentielle avec la première démarche réside dans le fait que le planificateur de tâches laisse à l'utilisateur la possibilité d'intervenir sur l'ordre d'exécution (ou de non-exécution) des sous-tâches.
- par appel direct d'un spécialiste pour lui indiquer un but à atteindre.

### Chaînage avant

Le chaînage avant est mis en oeuvre de manière transparente. Il sert à effectuer la vérification de contraintes (de type valeurs admissibles des variables) dépendant de l'état de l'art, le déclenchement des démons, et d'une manière générale, la gestion de tout comportement devant être synchrone au processus de résolution par les buts.

### Planificateur de tâches

Ce que nous appelons planificateur de tâches est en fait un « planificateur-exécuteur » de tâches. Son rôle est de rendre explicites les stratégies de résolution des problèmes. Il gère un planning des tâches qui est prédéfini par le développeur d'application.

Cette gestion prend en compte :

- le caractère obligatoire de certaines séquences de tâches,
- le parallélisme possible de certaines tâches,
- la décomposabilité des tâches,
- l'itération au niveau d'une tâche.

### Gestionnaire du blackboard

Le gestionnaire du blackboard reçoit des messages :

- de création d'objets dans le blackboard,
- de détermination de valeurs d'attributs d'objets,
- de modification d'attributs.

Il établit la liste des sous-traitants lors de la détermination d'un attribut d'objet. La sous-traitance, c'est le fait par un spécialiste de transférer, via une ligne privée, le contrôle à un autre spécialiste pour la détermination d'une variable donnée.



Le gestionnaire de blackboard ne surveille pas les lignes privées entre spécialistes pour obtenir les informations de sous-traitance. Les déclarations de sous-traitance sont faites par les spécialistes donneurs d'ordre eux-mêmes.

Les listes de sous-traitants permettent d'informer les spécialistes donneurs d'ordre de tout changement de conclusion qui pourrait survenir chez un spécialiste sous-traitant par suite d'une modification (de variable ou d'attribut) effectuée ou provoquée par l'utilisateur.

#### IV.2.1.4 Le partage des informations entre spécialistes

Les modules se partagent les données et les résultats grâce au blackboard. Ce dernier contient :

- les instances de contextes créés : (bâtiments, locaux, activités...);
- les liens entre instances : (contiguïté, communication...);
- les attributs des instances et des liens ;
- des variables globales non liées à une instance particulière d'objet.

Chaque module copie la partie du blackboard qui l'intéresse de manière incrémentale, c'est-à-dire au fur et à mesure des besoins.

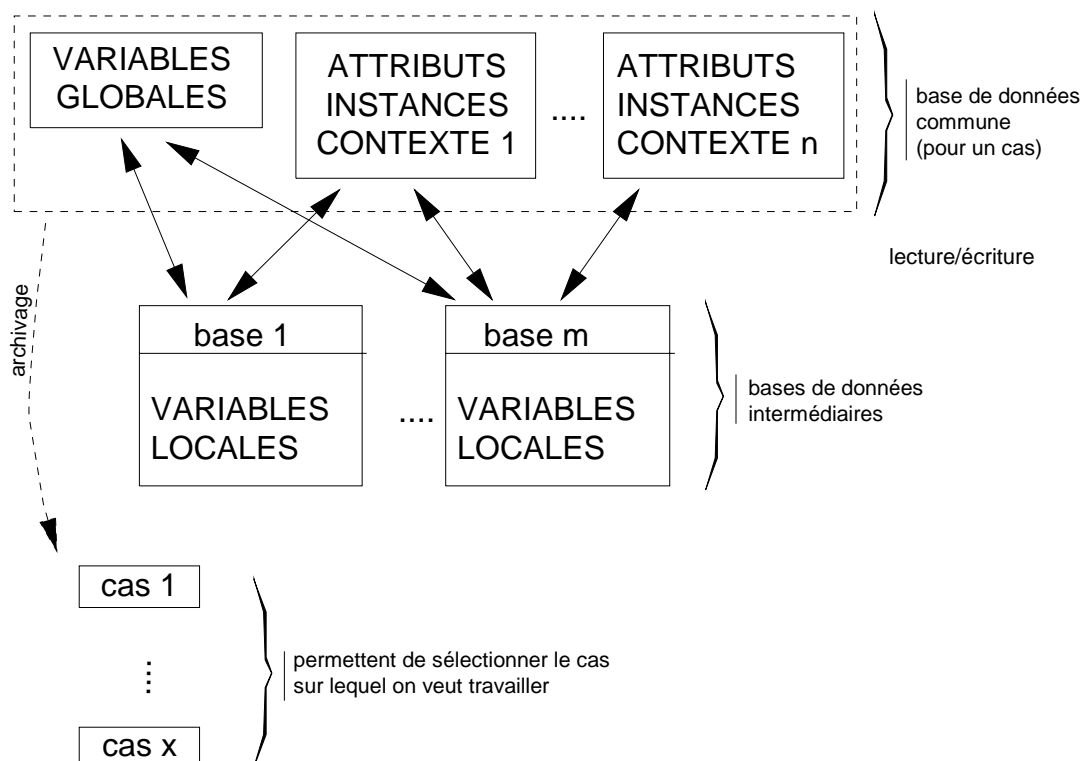


fig. IV/1. Organisation des variables dans NASS

### IV.2.1.5 Interactions entre spécialistes

L'interaction entre modules a lieu de trois façons :

— *Par communication privée*

Un module en appelle explicitement un autre en lui passant des données. Ces dernières sont considérées comme complètes, c'est-à-dire que le module appelé ne rappellera pas l'appelant pour lui demander un complément d'informations sur les données. Par contre, l'appelant peut toujours être rappelé pour d'autres types d'informations. Lorsque le module appelé a terminé, il expédie ses résultats vers un canal de retour qui avait été mis en place par l'appelant. Si les résultats sont exploitables, l'appelant les copie dans sa base locale d'informations.

Les communications privées sont rédigées par le développeur d'application.

— *Par communication indirecte*

Lors du raisonnement, si un attribut d'une instance d'objet ou une variable globale est indéterminé et qu'il existe un spécialiste capable de le déterminer, le spécialiste courant est interrompu, un message de calcul global est envoyé au contrôleur général. Ce dernier identifie le spécialiste capable de résoudre le problème et lui transfère le contrôle. Au retour, le contrôleur redonne le contrôle au spécialiste en attente qui continue son raisonnement au point d'interruption.

Les communications indirectes potentielles sont établies par le compilateur. Ce dernier indique dans chaque attribut d'objet déductible toutes les sources de connaissances possibles. Cette liste sera exploitée, à l'exécution, par le gestionnaire de blackboard pour savoir laquelle de ces sources utiliser.

— *Par communication différée*

Lorsqu'une opération de modification a lieu dans le blackboard, un ensemble de messages sont postés à destination des spécialistes qui avaient utilisé l'attribut ou la variable globale modifiée.

Dès qu'un spécialiste a le contrôle, il lit sa boîte aux lettres. Cela lui permet de mettre à jour sa base de données locale. La propagation des modifications se fait de proche en proche grâce aux liens de dépendance établis à la compilation du spécialiste.

### IV.2.1.6 Expression des connaissances

Les connaissances s'expriment en langage quasi naturel. Deux méthodes sont utilisées pour donner l'impression que l'outil comprend le langage naturel : les grammaires de cas et la traduction du modèle iconique.

Grammaires de cas

La technique mise en oeuvre s'inspire des grammaires de cas de Fillmore [76-COULON, 39-SABAH]. A la base, il existe un dictionnaire rudimentaire dans lequel le développeur de l'application peut introduire des mots d'usage courant et des mots spécifiques au domaine d'expertise. Pour chaque mot on indique :

– le genre : masculin, féminin, (neutre).

Le genre est utilisé par le sous-programme qui se charge de formuler les questions à l'utilisateur. De cette façon, les fautes relatives au genre qui se glisseraient dans le texte des connaissances sont corrigées. Par exemple une fois que le mot hauteur est déclaré comme féminin dans le dictionnaire les expressions suivantes sont équivalentes :

*« la hauteur du bâtiment est supérieure à 30 m.  
le hauteur du bâtiment est supérieure à 30 m.  
l'hauteur du bâtiment est supérieure à 30 m.  
hauteur du bâtiment est supérieure à 30 m. »*

Elles produiront toutes la même question :

*« Quelle est la hauteur du bâtiment ? »*

– une interprétation :

unité de mesure,  
objet physique,  
substance.

– le type de variable le plus courant qu'il sous-entend :

entier,  
réel,  
symbolique,  
logique.

De plus, le mécanisme de traduction s'appuie sur des « cas » prédéfinis pour certains groupes verbaux. La liste ci-dessous n'est pas exhaustive :

*est  
est supérieur à  
...  
est dans  
est composé/e de  
est un/une,  
a  
possède  
...*

Quelques « cas » de la négation sont aussi prédéfinis :

*aucun/e... ne*  
*ne/n'... pas*

La négation n'est pas considérée si elle apparaît dans une proposition subordonnée introduite par les conjonctions « que » ou « qui ».

Par ailleurs, les informations du dictionnaire sont plutôt considérées comme des indications et non des déductions obligatoires. C'est, en définitive, le contexte qui déterminera le type final d'une variable. Par exemple, on peut indiquer dans le dictionnaire que le mot « *nombre* » renvoie à une idée de variable entière. Dans une phrase telle que « *le nombre de niveaux du bâtiment est élevé* », l'indication du dictionnaire est ignorée ; et la phrase est interprétée comme une variable logique.

### Traduction du modèle iconique

La mise en oeuvre de la sémographie structurelle aboutit à l'existence de trois modèles iconiques :

- Le modèle iconique primitif qui est un ensemble de règles écrites par le développeur d'application. Ces règles assurent l'auto-organisation des objets structurés descriptibles par l'utilisateur.
- Le modèle iconique externe qui est créé par l'utilisateur. C'est ce que ce dernier voit à l'écran.
- Ensuite, il y a la traduction du modèle iconique externe. C'est l'ensemble des déductions qui peuvent être faites à partir du modèle iconique externe.

La traduction du modèle iconique externe apporte une grande souplesse dans la description des relations complexes entre objets. Par exemple les déductions suivantes sont possibles :

- *le local L1 est enterré,*
- *le local L1 est entouré par le local L2,*
- *le local L1 est au-dessus du local L2,*
- *le local L1 est contigu au local L2 via le mur M1.*

Sans la traduction automatique, il faudrait au moins une question pour chacune des situations citées ci-dessus. Il suffit d'avoir une dizaine de locaux entretenant de telles relations pour que ces questions deviennent, rapidement, un facteur de découragement à l'utilisation du système.

La manière exacte dont on s'y prend pour effectuer la traduction du modèle iconique est décrite au point IV.2.3 dédié à l'outil ICONOGRAPH.

## IV.2.2 L'outil ARBRE

### IV.2.2.1 Présentation générale

L'outil ARBRE est un ensemble de quatre programmes (fig.2) servant au traitement des arbres d'hypothèses indépendamment du système NASS. Il s'agit de deux traducteurs (CONVERT, INVERT), d'un compilateur (NODECOMP) et d'un programme de calage (MAKENODE).

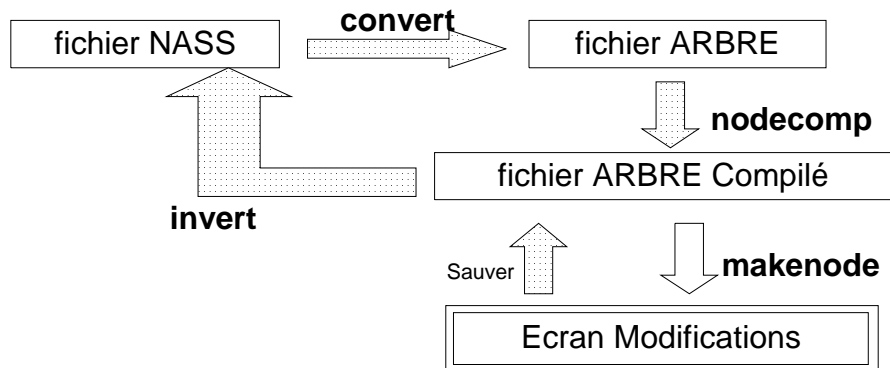


fig. IV/2. Outils de traitement des arbres

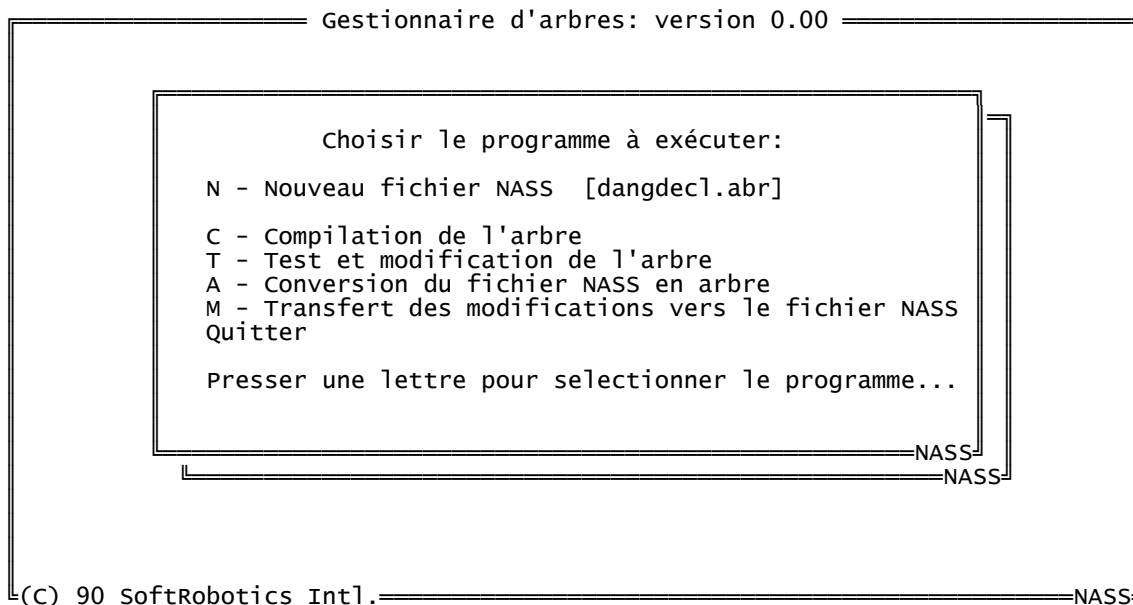


fig. IV/2bis. Ecran principal de l'outil ARBRE

Il s'agit d'un outil d'acquisition de connaissances destiné aux experts. Cette acquisition commence par la rédaction des hypothèses dans la syntaxe de NASS. Cela permet de bénéficier de toutes les fonctionnalités de NASS. Notamment des règles et des tables peuvent compléter les hypothèses à l'exécution.

Ces connaissances initiales sont traduites en fiches par le programme CONVERT. Lors de la conversion, seul les paquets d'hypothèses sont retenus. Chaque fiche comporte une hypothèse « décision » et des hypothèses conditions tel que nous l'avons indiqué au point III.2.3 sur la méthode des arbres.

Le résultat fourni par CONVERT peut être compilé par NODECOMP qui produit un code utilisable par MAKENODE. Ce programme, que nous décrivons ci-après, permet alors aux experts d'expérimenter des « situations » et d'ajuster progressivement les coefficients subjectifs attachés aux hypothèses : c'est le calage.

Une fois le calage terminé, il faut transférer les coefficients modifiés vers le fichier NASS initial. Cela est assuré par le programme INVERT.

#### IV.2.2.2 Description du programme de calage MAKENODE

Les figures suivantes expliquent les différentes fonctionnalités du programme MAKENODE destiné au calage des arbres d'hypothèses pondérées.

Au départ, trois fenêtres sont présentées aux experts.

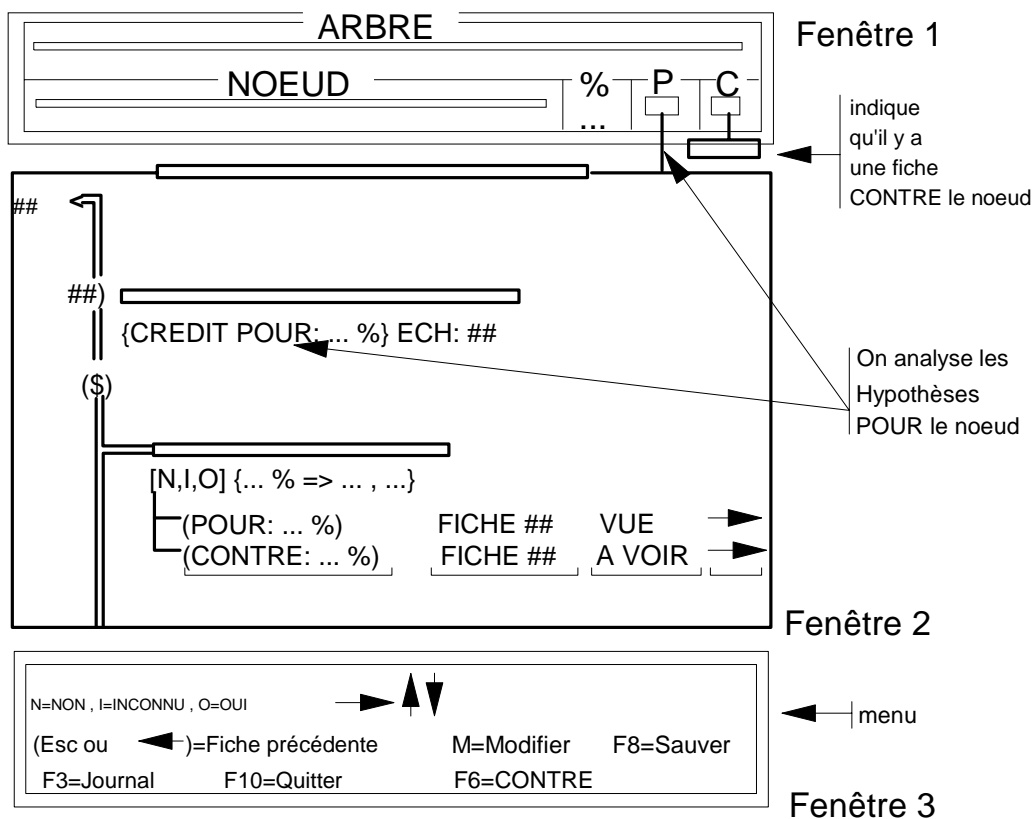


fig. IV/3. Les trois fenêtres de MAKENODE, composante de l'outil ARBRE

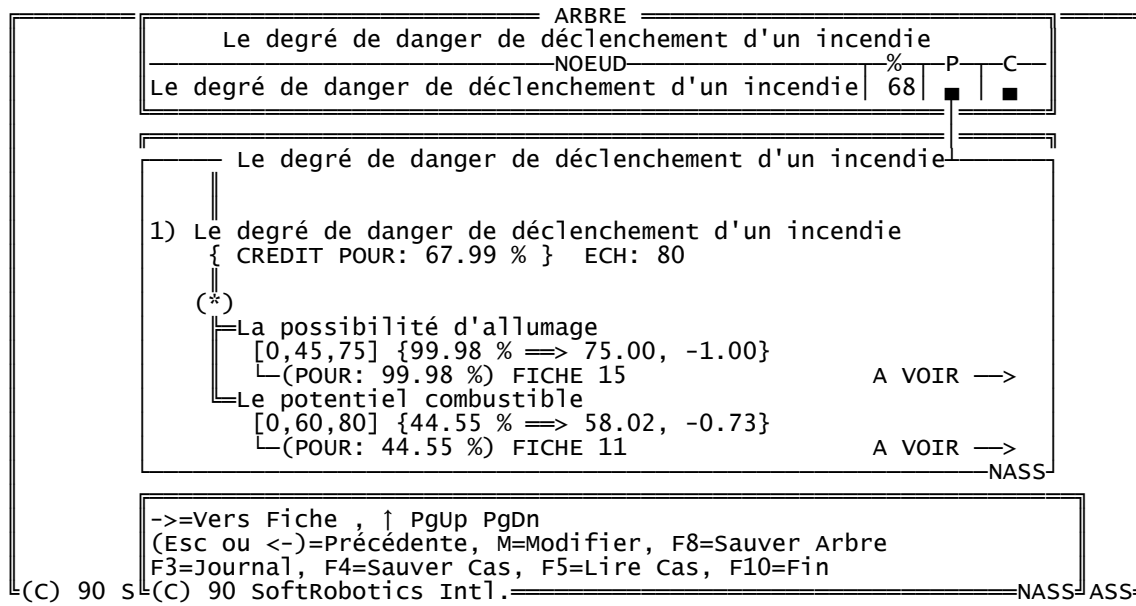


fig. IV/3bis. Exemple

La première fenêtre contient, entre autres, l'hypothèse racine de l'arbre et le noeud en cours d'examen. La deuxième fenêtre contient, entre autres, les hypothèses conditions et l'opérateur de combinaison.

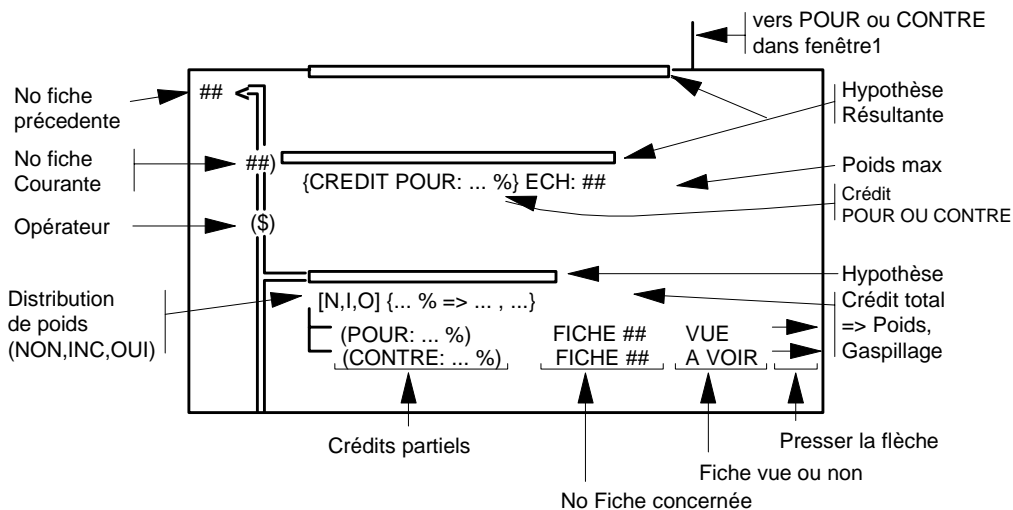


fig. IV/4. Description fenêtre 2 : Hypothèses logiques

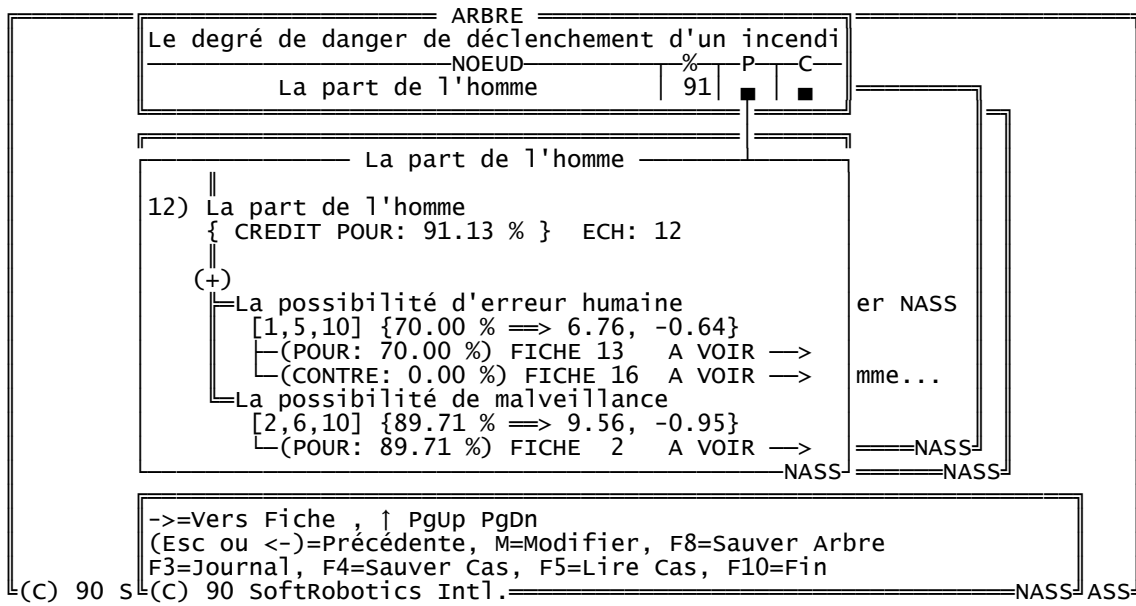


fig. IV/4bis. Exemple d'hypothèses logiques

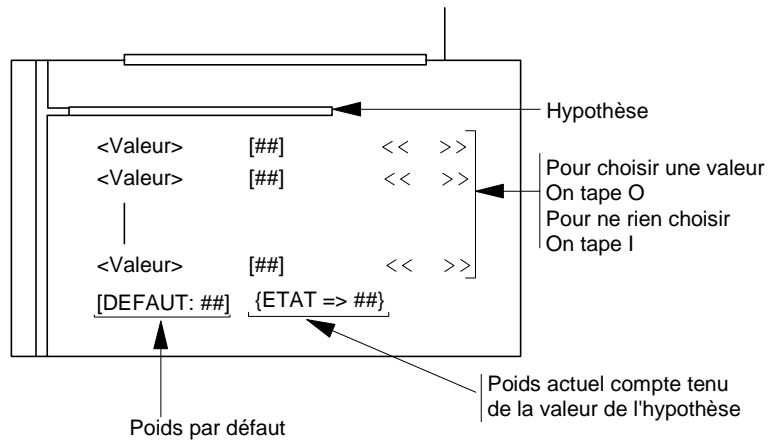


fig. IV/5. Description fenêtre 2 : Hypothèses à valeurs nominales



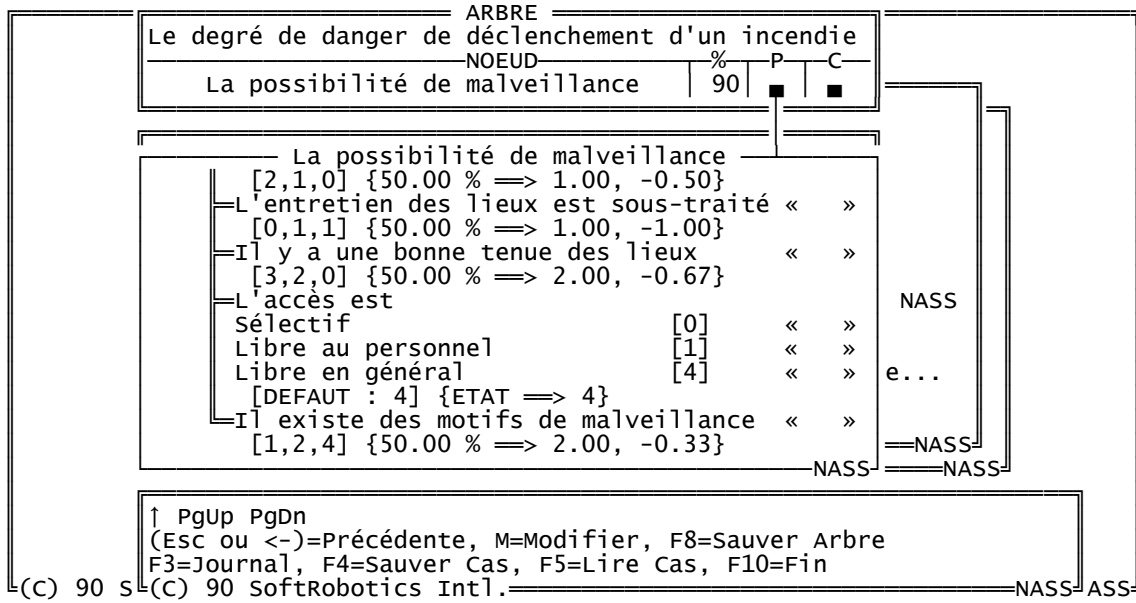


fig. IV/5bis. Exemple d'hypothèse à valeurs nominales

Lors de la modification des poids, les experts voient sur une même page d'écran les hypothèses favorables et les hypothèses défavorables au nœud courant.

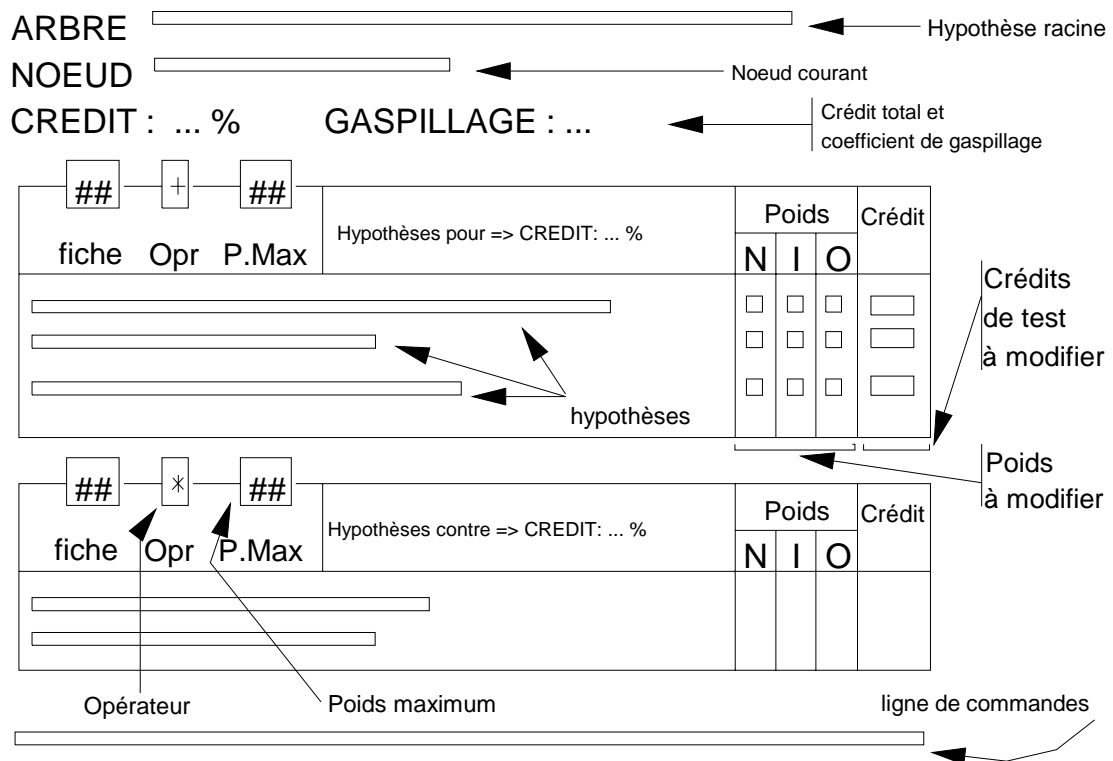


fig. IV/6. Modification des poids

ARBRE : Le degré de danger de déclenchement d'un incendie  
 NOEUD : La possibilité d'erreur humaine  
 CREDIT: 70 % GASPILLAGE:-0.64

13 ↑ Fiche Opr P.max	\$	10 ↑	Hypothèses pour => CREDIT: 0 %			Crédit %
			N	I	O	
il y a toujours possibilité d'erreur humaine			7	7	7	50

16 ↑ Fiche Opr P.max	\$	7 ↑	Hypothèses contre => CREDIT: 0 %			Crédit %
			N	I	O	
Le personnel est motivé en matière de sécurité			0	0	2	50
Le personnel est formé à la sécurité			0	0	3	50
l'efficacité des consignes générales de sécurité est				INC	OUI	POIDS
Normale				0	2	0
Diminuée				0	1	0
Nulle				0	0	0

F2=Faire Changements, Esc=Fin, P=P.Max, O=Opr, F6=->POUR, <Chiffres>, ←↑↓→

*fig. IV/6bis. Exemple de modification des poids*

D'autres fonctionnalités existent dans MAKENODE :

- possibilité d'utiliser des fichiers de réponses permettant de poursuivre le processus de calage sur plusieurs jours ;
- possibilité de conserver dans un journal la trace complète des cas traités par un arbre.

## IV.2.3 L'outil ICONOGRAPH

L'outil ICONOGRAPH est une interface destinée à rendre aisée pour l'utilisateur la description de systèmes complexes. Il est constitué de deux couches : la première est indépendante de l'application, la seconde prend en compte la sémantique propre à un domaine d'expertise.

### IV.2.3.1 La couche de base

La couche de base de l'outil ICONOGRAPH est constituée d'un ensemble d'algorithmes qui traitent des objets élémentaires et des relations élémentaires entre ces objets. Ces algorithmes produisent ce que nous appellerons, par analogie, la structure de données de base. Il est possible d'effectuer des opérations dites « élémentaires » sur cette structure de données.

#### *Les objets élémentaires*

Les objets élémentaires sont tous repérés dans un espace à trois dimensions (O, X, Y, Z). Ils peuvent avoir eux-mêmes plusieurs dimensions.

- la dimension zéro comporte des objets ponctuels ;
- la dimension un comporte des segments parallèles à l'un des axes OX, OY, OZ ;
- la dimension deux comporte des rectangles parallèles à l'un des plans XOY, XOZ, YOZ ;
- la dimension trois comporte des prismes à base rectangulaire.

A ces objets élémentaires correspondent, lors des visualisations en deux dimensions, des formes élémentaires qui sont le point, le segment de droite et le rectangle.

### Les opérations élémentaires

Les opérations élémentaires sont :

- L'ajout d'un nouvel objet élémentaire,
- La suppression d'un objet élémentaire.

### Cotes

Parallèlement à chaque plan (XOY, XOZ, YOZ) on distingue un nombre variable de cotes. Quelques-unes de celles-ci ont une signification particulière dans la structure de données de base :

- l'infacote est la cote la plus basse de l'objet complexe,
- la supracote est la cote la plus élevée,
- le datum général est une cote à position variable située entre l'infacote et la supracote.

## **IV.2.3.2 La couche spécifique à un domaine d'expertise**

### Formes de base

Le modèle iconique peut indiquer sous quelles formes les objets élémentaires doivent être dessinés suivant le plan de coupe.

Exemples :

Pour la classe d'objets « Local »

XOY : rectangle,  
XOZ : rectangle,  
YOZ : rectangle.

Pour la classe d'objets « Plancher »

XOY : rectangle,  
XOZ : segment,  
YOZ : segment.

Pour la classe d'objets « Poutre »

XOY : segment,  
XOZ : segment, point,  
YOZ : segment, point.

---

*Traduction*

Des règles de traduction spécifiques au domaine d'expertise peuvent indiquer les déductions qui doivent être faites dès que l'utilisateur a fini de modifier le modèle iconique externe. Ces règles peuvent être de deux types : les règles d'état qui indiquent l'état d'un sous-objet dans la structure d'un objet complexe, les règles de relation qui indiquent des relations entre sous-objets d'un objet complexe.

Quelques exemples de règles d'état :

– si un local est situé entre le datum général et l'fracote, alors il est enterré.

Groupe verbale : est enterré.

Quelques exemples de règles de relation :

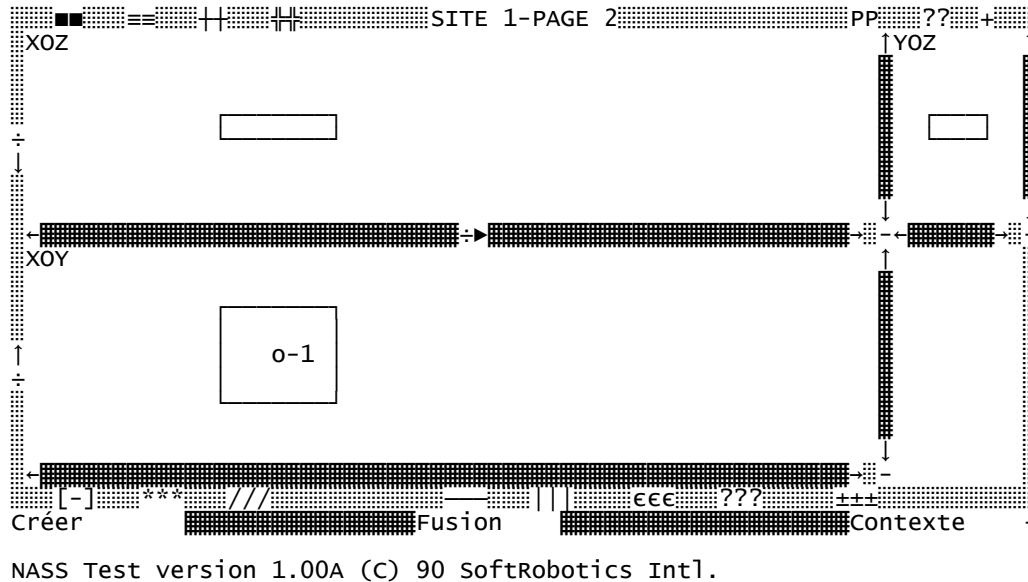
– si un local L1 situé à une cote supérieure à un local L2 et L1 est tangent à L2 ou L1 et L2 sont imbriqués, alors L1 est situé au-dessus de L2 et L2 est situé au-dessous de L1.

Groupe verbal : est (situé) au-dessus de/ est (situé) au-dessous de.

### IV.2.3.3 Fonctionnement de l'outil ICONOGRAPH

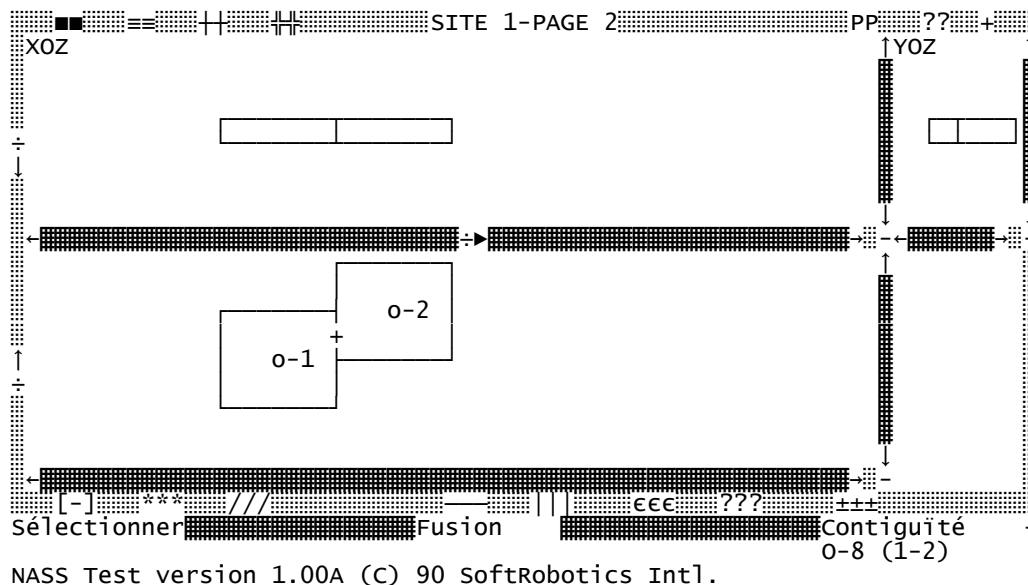
#### CREATION D'UN PREMIER LOCAL

Ce local est créé par une simple pression de bouton de la souris. L'utilisateur peut faire varier sa taille globalement par pression d'un autre bouton et déplacement simultané de la souris. Les trois plans de coupe sont visibles et changent simultanément.

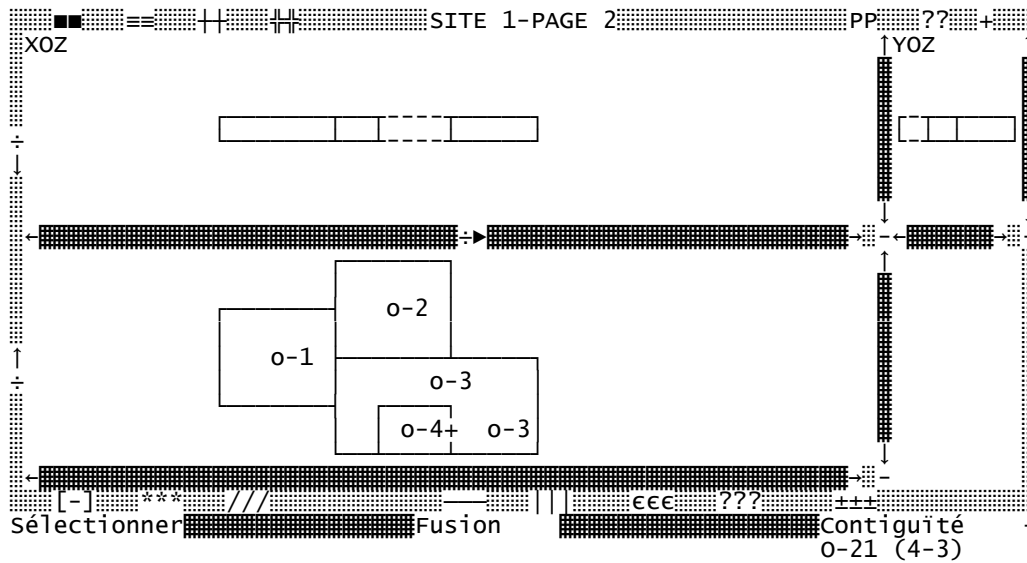


#### CREATION D'UN LOCAL CONTIGU AU PREMIER ET POINTAGE D'UN OBJET DE LA SCENE

L'utilisateur pointe l'endroit où il y a la croix. Alors, en bas à droite apparaît le message **Contiguïté : O-8 (1-2)**. L'objet O-8 est le mur qui sépare les locaux 1 et 2. D'où la notation (1-2). Cette notation tient compte du sens : (1-2) signifie que le local 1 est à gauche et le local 2 à droite du mur O-8.



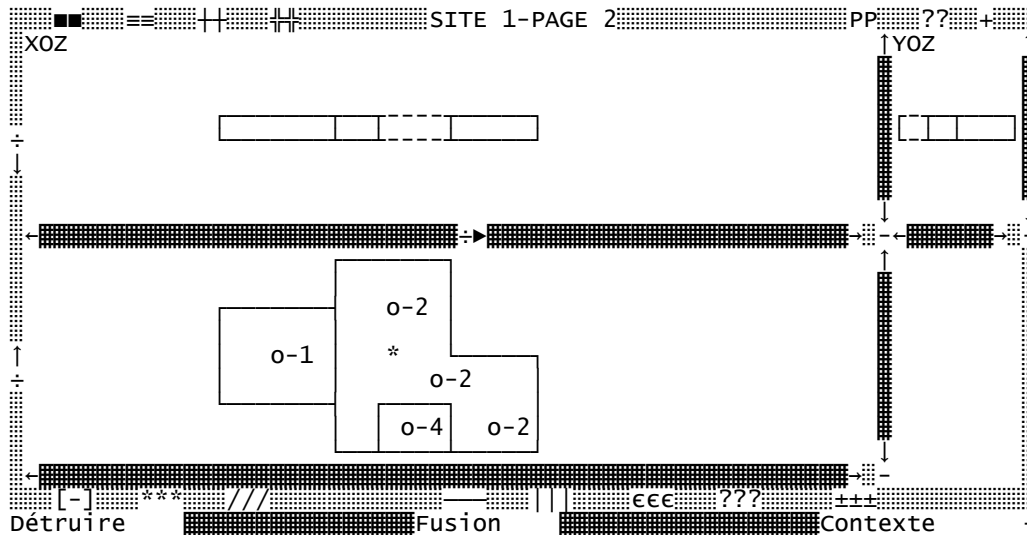
## CREATION D'UN QUATRIEME LOCAL A L'INTERIEUR DU TROISIEME ET POINTAGE D'UN AUTRE MUR



NASS Test version 1.00A (C) 90 SoftRobotics Intl.

## DESTRUCTION DU MUR O-9

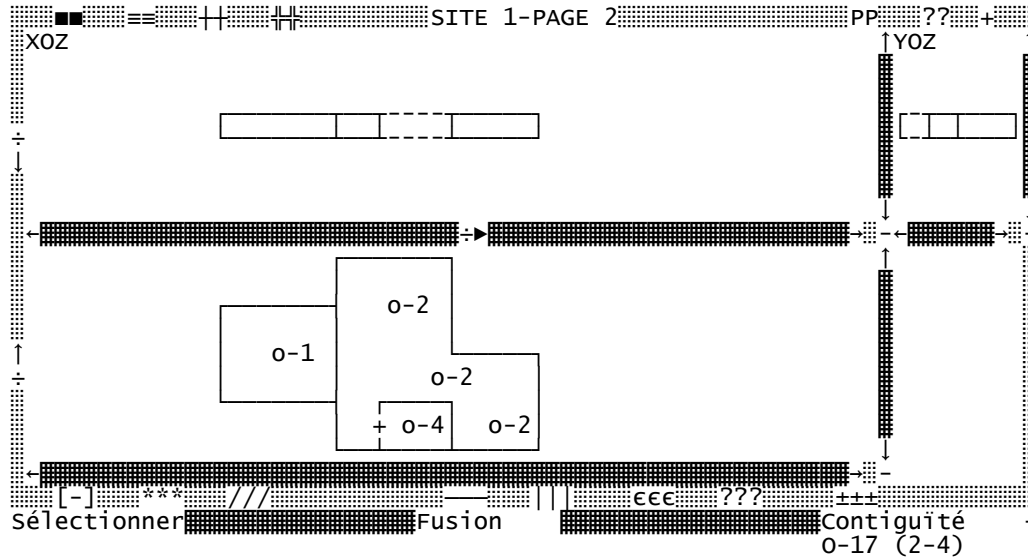
On constate la fusion des locaux O-2 et O-3. Le nouvel objet est nommé O-2. La duplication des textes de marquage indique les pavées élémentaires constituant le nouvel objet O-2. Le signe \* indique l'endroit où se trouvait l'objet détruit.



NASS Test version 1.00A (C) 90 SoftRobotics Intl.

### POINTONS A NOUVEAU LE MUR O-17

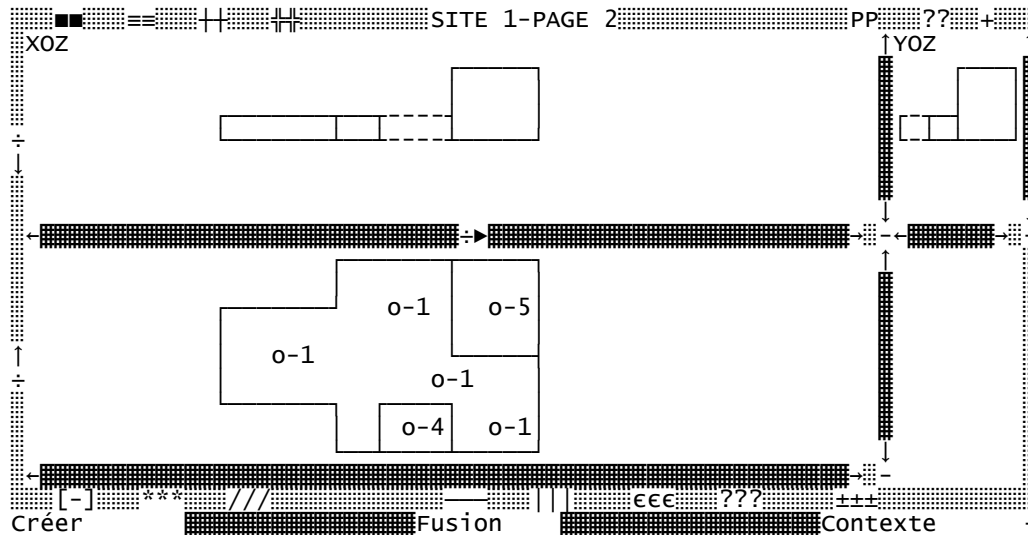
Nous constatons que la relation de contiguïté a changé pour cet objet. De O-17(3-4) nous passons à O-17(2-4).



NASS Test version 1.00A (C) 90 SoftRobotics Intl.

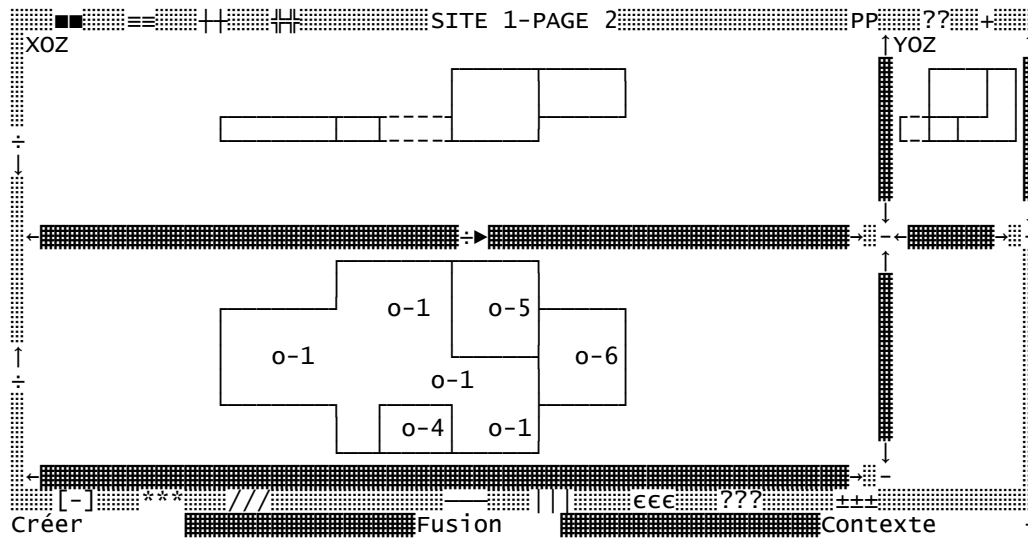
### ON PEUT CHANGER LA HAUTEUR DES OBJETS

Pour cela, il suffit de passer dans le plan XOZ et de modifier la hauteur (suivant OZ).



NASS Test version 1.00A (C) 90 SoftRobotics Intl.

## CREATION D'UN LOCAL DENIVELE



NASS Test version 1.00A (C) 90 SoftRobotics Intl.

### IV.2.4 Conclusion

Trois outils principaux permettent d'assurer l'évolution du système multi-expert TRIAGE. NASS est un générateur de systèmes multi-experts d'ordre 0+ et orienté objet. Son interface en langage quasi naturel permet à des non-informaticiens de continuer à alimenter TRIAGE en connaissances.

Pour la mise à jour des connaissances de nature prédictive, il y a l'outil ARBRE. Cet outil permet aux experts d'expérimenter des cas et d'ajuster, s'il le faut, la pondération des hypothèses.

Enfin, l'outil ICONOGRAPH est destiné à améliorer le confort d'usage de l'utilisateur final. Son rôle est de faciliter la description de la structure d'objets complexes par un nombre restreint d'opérations simples.



## **IV.3 Limites et perspectives de TRIAGE**

### **IV.3.1 Limites de TRIAGE**

Le système TRIAGE n'est pas encore opérationnel. Il y a plusieurs explications à cela :

- nous n'avons pas atteint la phase de VALIDATION dans la méthode NASSE d'acquisition des connaissances. Cette validation, nous l'avons dit, doit être effectuée par un groupe d'experts n'ayant pas participé au projet.
- certains arbres n'ont pas été suffisamment calés de l'avis même des experts du projet.
- le but du projet était de faire un démonstrateur et non un système commercialisable. L'existence de plusieurs modules satisfaisants du point de vue des experts du projet et partageant des informations semble être suffisamment démonstratif.
- de tous les outils, l'interface graphique est le moins avancé. Toutes les techniques décrites au chapitre IV.2.3 n'ont pas pu être appliquées par manque de temps. Mais leur mise en œuvre ne pose aucun problème majeur.

### **IV.3.2 Perspectives de TRIAGE**

Pour remédier aux faiblesses énumérées ci-dessus, le projet d'étoffer les modules est en cours de montage. D'une durée de deux ans, ce projet devrait être réalisé à partir du démonstrateur par des travaux internes à chacune des entreprises ayant participé au projet initial. Une coordination forte n'est plus nécessaire, puisque la structure de travail est déjà établie.

# **CONCLUSION GENERALE**

Le but des travaux présentés dans cette thèse était de chercher des apports potentiels des techniques d'intelligence artificielle à la mise au point d'une méthode d'analyse globale de la sécurité incendie de bâtiments.

Cette formulation du problème cachait en réalité un problème plus vaste : la conception des systèmes multi-experts basés sur une approche nouvelle d'un problème.

La tentation a été forte de dire qu'en cas d'approche nouvelle d'un problème, l'expertise devant faire l'objet du système expert n'est pas assez mûre. Nous avons montré que cette situation d'innovation de la connaissance ne rend pas impossible la réalisation du système expert. Il fallait se donner une méthode et des outils appropriés.

C'est dans cet esprit que nous avons été amenés à concevoir, dans un premier temps, la méthode globale d'étude pluridisciplinaire de la sécurité incendie de bâtiments. Cette méthode repose sur le concept de vulnérabilité d'un bâtiment et sur la possibilité de combiner des modèles physiques simplifiés à des modèles intuitifs et subjectifs représentant le savoir-faire des experts. L'évaluation des risques s'effectue par une approche originale exploitant des arbres d'hypothèses à coefficients subjectifs qui sont ajustés par les experts au cours de simulations. Cette approche prend en compte de manière explicite les éléments favorables et défavorables à chaque facteur de risque ou de réduction de risque.

Pour gérer les problèmes d'ordre organisationnel et cognitif nés de l'interaction entre un chercheur et un groupe d'experts, nous avons eu recours aux concepts de la systémique, de l'ergonomie cognitive, de la linguistique et bien d'autres sciences de l'artificiel. Il en est résulté une technique que nous avons baptisée sémographie, dont le principe fondamental est d'établir une liste d'atomes de sens destinée à assurer l'anticipation chez un ingénieur de la connaissance et l'auto-organisation chez un modèle informatique d'un objet structuré.

Avec cette nouvelle technique, nous avons débouché sur la méthode NASSE destinée à l'acquisition des connaissances pour les systèmes multi-experts et sur la notion de modèle iconique destiné à décrire des objets complexes à l'aide de trois opérations simples.

Sur la base des techniques et méthodes proposées, nous avons réalisé plusieurs outils, dont un démonstrateur : le système expert TRIAGE.

Nous ne saurions prétendre que TRIAGE est opérationnel. Mais ses connaissances, quoique incomplètes, dépassent aujourd'hui la compétence d'un expert unique en sécurité incendie du bâtiment. Nous pensons voir posé, dans cette thèse, les bases pour la réalisation d'outils susceptibles de faire avancer TRIAGE et mêmes d'aller au-delà du but initial.

Les démarches et méthodes proposées sont applicables à d'autres domaines que le risque incendie de bâtiments :

- La sémographie permet d'analyser un problème de développement de systèmes experts dans sa globalité, depuis la façon de recueillir les informations utiles jusqu'à leur assemblage en système logiciel.

- L'utilisation d'un outil de maquettage *in situ*, permettant aux experts de constater immédiatement le comportement des connaissances délivrées, se révèle très stimulant pour l'acquisition des connaissances. L'outil informatique utilisé (NASS) tient compte des aspects multi-sources des connaissances, de leur diversité et de la souplesse nécessaire à l'acquisition directe.
- La méthode d'appréciation des risques est extensible à tout raisonnement à caractère probabiliste, mais pour lequel on ne connaît pas les probabilités des événements de base.

# **ANNEXES**

<b>ANNEXE A</b>
-----------------

**FORMULAIRE POUR LES ETAPES IDENTIFICATION  
ET FORMULATION DU PROBLEME DANS LA METHODE NASSE**

*(tel qu'il a été utilisé)*

*(une liste de références était annexée au document)*

**Niveau 1 : Identification**

L'initiation de cette identification incombe, à notre avis, au commanditaire lui-même. Car lui seul sait en quoi il serait utile de disposer d'un tel outil (*le système expert*).

– Il y aura une plus grande homogénéité des déclarations parce qu'elles seront faites dans une même structure globale.

– Dans toute opération pluripartite, une information consultative et reconnue par toutes les parties est toujours souhaitable. Elle facilite la progression et le contrôle des opérations. Le cas échéant, elle permet de trancher les litiges.

Certains peuvent croire qu'il est inutile d'insister sur le sujet ou encore que dire qu'il faut préciser la tâche du système expert est une affirmation simpliste. Cependant, il est prouvé [BENCHIMOL86] que, souvent, certaines personnes entrevoient le problème à résoudre et estiment en avoir une vision claire, mais que c'est à grand-peine qu'on arrive à le leur faire expliciter.

Pour nous, identifier le problème, c'est non seulement le découvrir, mais encore imaginer les conditions qui doivent être remplies pour qu'on le considère comme résolu.

Nous ne nions pas qu'il s'agisse là d'un problème difficile. Mais s'il est difficile d'exprimer ses besoins, il l'est encore plus pour d'autres de les deviner.

La troisième partie est un formulaire qui prétend servir de guide aux commanditaires dans la définition de leurs besoins. On peut l'interpréter comme un ensemble de spécifications pré-formatées. Toutefois, la démarche n'est guère limitative. L'analyse de ces documents devrait permettre de définir la tâche du système expert. Le résultat sera soumis à l'approbation des commanditaires puis corrigé, s'il le faut, jusqu'à satisfaction générale ou globale.

Il n'est pas question ici de la manière dont est née l'idée de système expert. On suppose qu'elle existe. Nous essayons de présenter quelques formes de raisonnement susceptibles de présider à son enrichissement.

A partir de ce point, la démarche logique consiste à faire une vérification (même sommaire) de l'idée. Il s'agit pour l'entreprise de vérifier que le créneau est bon, c'est-à-dire porteur de bénéfices.

A ce moment, l'expression de l'intérêt du programme peut s'exprimer de différentes manières. On en présente quatre (FEIGENBAUM84).

...  
(ici, exemples de définitions d'intérêts)

...

Dans les définitions précédentes l'expression de la tâche du système est implicite. Il s'agit surtout d'expressions d'intérêts. A ces derniers, il convient d'ajouter les ressources disponibles. Ce sont ces deux éléments qui, combinés avec d'autres, permettront de choisir une délimitation raisonnable du problème qui sera vraiment traité.

## Niveau 2 : Formulation

Il est reconnu [FEIGENBAUM84, BENCHIMOL86, RAULT84...] que les systèmes experts fonctionnent mieux lorsque le problème est bien cerné : c'est-à-dire champ d'utilisation restreint, clairement délimité et beaucoup de connaissance à propos du champ. Certains (RAULT84) n'hésitent pas à ranger ce caractère des systèmes experts avec les limitations actuelles.

### 1. Délimitez le Domaine et Champ du système expert

Il s'agit d'identifier par ce questionnaire, le domaine, le champ et la catégorie du système expert visé. Le graphe suivant est certainement incomplet. Mais il donne une idée de la façon dont on peut procéder pour délimiter le domaine. Sur le schéma, les commentaires situés à gauche indiquent comment il faut interpréter les arcs.

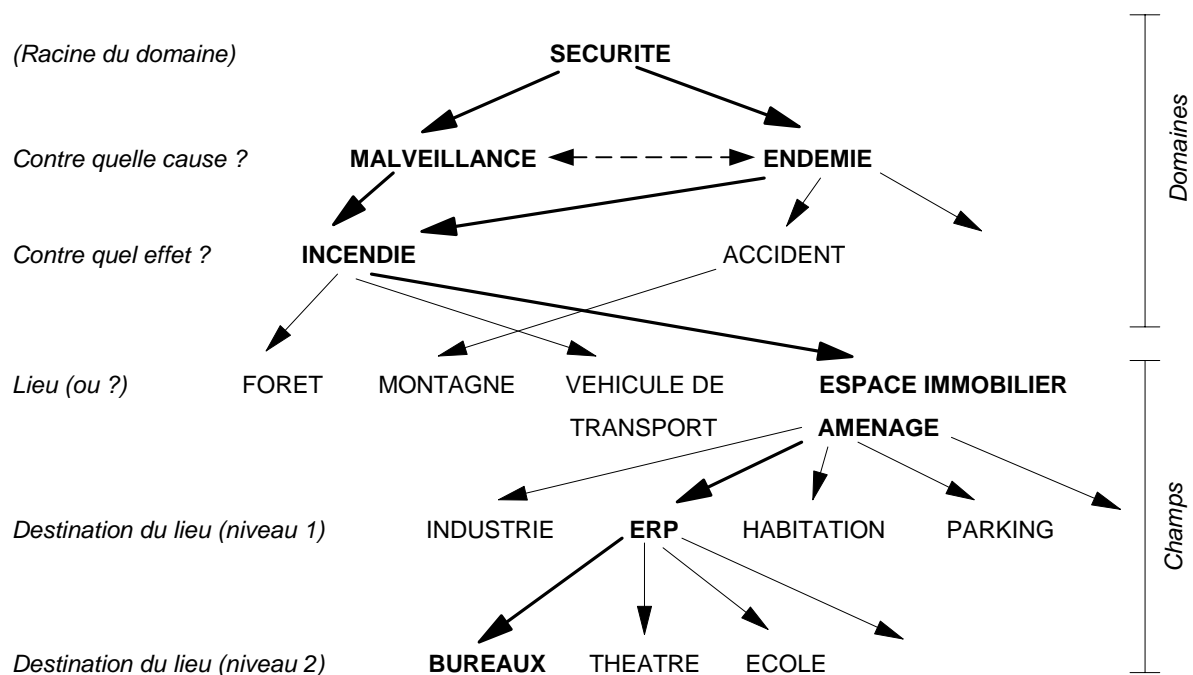


fig. A/1. Délimitation du problème de sécurité incendie

On peut :

- enlever les arcs non licites,
- ajouter les nœuds manquants,
- ajouter les arcs manquants.

On disposera alors du graphe complet dans lequel on choisira le ou les chemins.

Nb :

- \* On appellera domaine le ou les chemins arrivant jusqu'au niveau de l'effet.
- \* On suppose que le champ partira du lieu jusqu'à un nœud terminal.
- \* Le vol est supposé inclus dans la malveillance.
- \* Endémie représente toute cause involontaire (erreur, négligence, défaillance...)
- \* Les ... signifient qu'on peut ajouter des nœuds
- \* La flèche en pointillé indique qu'un accident peut provoquer un incendie et vice versa.

Exemple :

Le chemin tracé en gras représente la situation suivante :

*Domaine = sécurité contre les incendies d'origine malveillante ou non.  
Champ = un espace immobilier aménagé à usage de bureaux et recevant du public.*

Il est évident que le problème se simplifie si l'on enlève le sous-chemin passant par malveillance.

On n'a pas mentionné, jusqu'à présent, la catégorie du système expert. Comme nous l'avions dit à l'étape de formulation, pour nous, la catégorie est fournie par la ou les actions à effectuer sur le champ. On peut :

- concevoir (dans le domaine et pour le champ)
- diagnostiquer
- concevoir et diagnostiquer
- ...

En vous aidant des éléments précédents, indiquez les aspects que vous avez identifiés dans vos besoins.

Domaine : ...

Champ : ...

Catégorie : ...

## **2. Donnez une brève définition de la tâche du système.**



Deux ou trois lignes suffisent. Le fait de se sentir obligé d'utiliser beaucoup de lignes ou de ne pas y parvenir donne à croire que le problème est compliqué ou mal structuré.

Exemple de définition de la tâche :

« *MYCIN, système expert en diagnostic et en traitement des maladies infectieuses d'origine bactérienne du sang. Les données sont des résultats d'analyses sanguines.* »

### **3. Connaissez-vous :**

- \* un expert
- \* plusieurs experts

traitant :

- \* une partie de la question
- \* toute la question

conformément à la définition que vous avez donnée ?

En cas de réponse positive, adjoindre le nom ou la liste des noms des experts ainsi que leurs coordonnées et la partie traitée par chacun d'eux.

Remarque : Un système expert est un programme qui imite un expert dans un domaine précis. Il est donc de bonne stratégie de penser à la fois au programme et aux experts (ou à l'expert) dont on va transférer la connaissance. Si aucun expert humain n'existe, il est indispensable de recourir à la fusion de plusieurs compétences [FEIGNEBAUM84].

### **4. De la connaissance**

A part les experts, il peut exister des sources de moindre performance. Tel est le cas de la documentation écrite. Son apport est moindre parce que les mécanismes de raisonnement n'y sont pas décrits (ou alors rarement). Néanmoins, elle peut servir à l'initiation de ceux qui vont aborder les experts. Aussi serait-il souhaitable que vous fournissiez les références qui collent de près à la question telle que vous la percevez. Si vous le faites de concert avec les experts de votre choix, ce sera encore mieux.

Remarque : Envoyer les articles concernés à la FNB.

### **5. De la difficulté du problème**

Comme il est prévu dans le planning, à un certain degré d'avancement de la conception du système on devra vérifier la compatibilité des procédures d'obtention des caractéristiques avec les possibilités actuelles des systèmes experts.

Nous rappelons deux types de problèmes que l'on considère comme très difficiles à résoudre [BENCHIMOL86, FEIGENBAUM84, MANGIN84...] et qui ne peuvent faire l'objet d'un système expert :

- lorsqu'on ne connaît pas de solution théorique,
- lorsque les raisonnements mis en jeu dans les procédures sont trop intuitifs.

On peut toujours ignorer ces remarques. Cependant, les performances du système risquent d'être médiocres au point que son utilisation ne suscite aucun enthousiasme.

D'autre part, résoudre un problème dont la solution est purement procédurale à l'aide d'un système expert n'est pas considéré comme un exploit (problème trop facile) [FARRENY84].

A la lumière de ces réflexions considérez-vous que le problème est très facile ou très difficile ? Pour répondre à cette question, il serait avantageux d'essayer de retrouver grosso-modo le comportement des experts face au problème.

## 6. Décrivez l'environnement d'utilisation selon votre conception

- utilisateur (s)
- lieu d'utilisation
- machine

Exemple :

*MYCIN*

- *utilisateur : médecin traitant*
- *lieu d'utilisation : hôpital*
- *machine : ordinateur (DEC PDP 10)*

Notez qu'il existe des systèmes assez performants sur micro-ordinateurs. La dégradation des performances augmente avec la taille de la base des connaissances et la complexité du raisonnement.

## 7. Description grossière d'une session d'utilisation.

Exemple :

*MYCIN*

*(le système traite les cas patient par patient)*

- \* *saisie de l'identité (nom, sexe, âge...)*
- \* *saisie des résultats d'analyses de cultures de sang*
- \* *(c'est le système qui pose les questions afin d'obtenir du médecin traitant les informations qui lui sont nécessaires. Aussi dès ce stade, il est capable*

*d'expliquer, à la demande du médecin, les raisons pour lesquelles il pose certaines questions ou l'état des déductions faites).*

- \* *proposition d'une thérapie*
- \* *modification de la thérapie selon la volonté du médecin*
- \* *le système propose au médecin de voir le cheminement qui l'a conduit des symptômes au diagnostic*
- \* *si le médecin est agréé, le système lui permet de corriger certaines règles.*

## 8. Quelques informations

### Ordre de grandeur du temps nécessaire pour avoir une maquette

- \* quelques semaines selon [FEIGENBAUM84]
- \* 4 à 6 mois selon [BENCHIMOL86] (exemple XCON -> 4 mois)
- \* 3 à 4 mois selon [BONNET84].

### Ordre de grandeur du temps nécessaire pour avoir un système opérationnel

- \* « le temps nécessaire à la construction d'un système expert est passé de cinquante à cinq ans » [FEIGENBAUM84]
- \* utilisation réelle de XCON 3 ans après le prototype [BENCHIMOL86]
- \* le système CADUCEUS couvre environ 80 % de la médecine interne au prix du travail à temps complet d'un interne, aidé d'étudiants et de collègues, sur une période de 10 ans (1977-1987) [RAULT84].

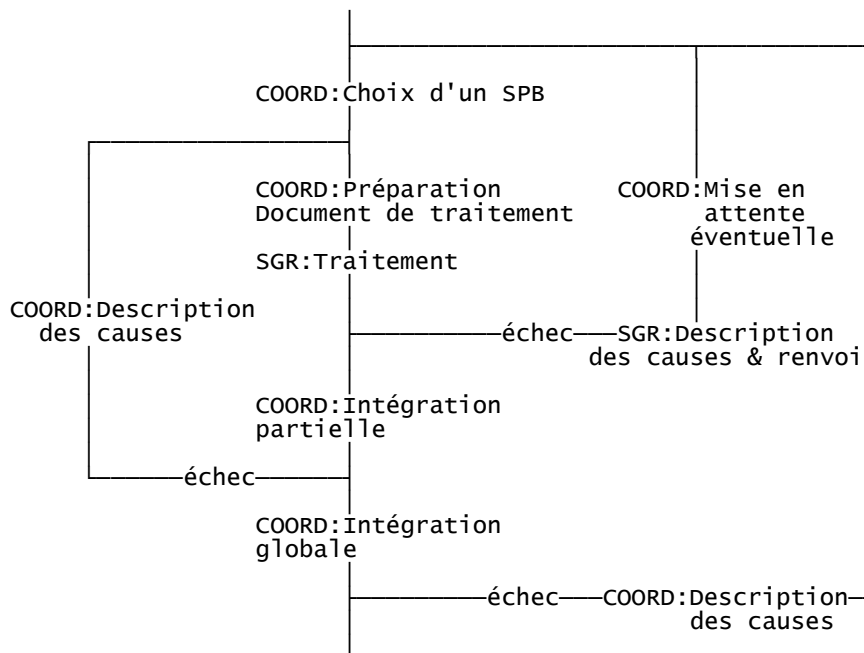
### Comment le questionnaire sera traité :

*Question 1 :* On fusionnera les graphes complétés. Après le choix du chemin à traiter, ce qui est laissé de côté (temporairement ou totalement) sera évident.

*Question 2 :* Elle sert à apporter des renforcements ou dévoiler des contradictions par rapport aux réponses fournies en 1.

<b>ANNEXE B</b>
-----------------

### SCHEMA DE COLLECTE DES PRINCIPES DE SOLUTION




---

Schéma de Collecte des principes de solution

COORD : Coordonnateur,  
 SGR : Sous-Groupe d'experts,  
 SPB : sous-problème

<b>ANNEXE C</b>
-----------------

## **DOCUMENT DE TRAITEMENT D'UN PRINCIPE DE SOLUTION**

Ce document contient :

### **A. Généralités**

1. Date, nom du coordonnateur, nom du responsable du sous-groupe d'experts
2. Niveau de conception considéré
3. Intitulé du niveau
4. Numéro d'itération sur le sous-problème courant
5. Caractéristiques concernées par le sous-problème (SPB)

Le cas échéant :

6. Rappels de faits importants pour le SPB
7. Résumé du sujet couvert
8. Remarques

### **B. Détails du travail attendu**

1. Limites : point de départ (acquis) ; point d'arrivée.
2. Nature du travail :  
Ex. : données de première importance, sorties désirées, signalétique de l'opérateur de résolution, raisons du choix de cet opérateur, références bibliographiques, type de méthode à proscrire.
3. Degré d'approfondissement : indique ce qui est considéré comme dépassant les limites fixées
4. Formulaire de présentation des résultats :  
On indique la forme précise sous laquelle on attend les résultats, avec exemples à l'appui (si possible empruntés au domaine).

<b>ANNEXE D</b>
-----------------

## RAPPELS D'ELEMENTS DE PROBABILITES

---

### *Définitions et notations*

\* Univers de possibilités ( $\Omega$ ) : toutes les situations élémentaires susceptibles de se réaliser.

\* Evénement (E) : séquence de situations élémentaires. C'est une partie de  $\Omega$  :

$$E \subset \mathcal{P}(\Omega)$$

\*  $\Omega$  est l'événement certain. Sa probabilité est 1 :

$$p(\Omega) = 1$$

\*  $\{\}$  est l'événement impossible. Sa probabilité est 0 :

$$p(\{\}) = 0$$

\*  $E^c$  est le complémentaire de E dans  $\Omega$  :

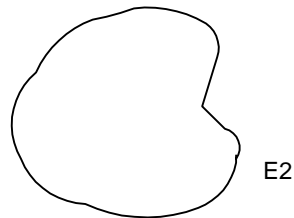
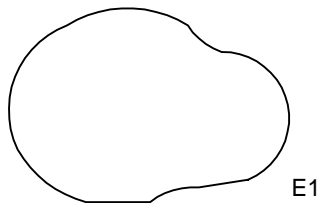
$$E^c \cup E = \Omega$$

---

### *Formules et notations*

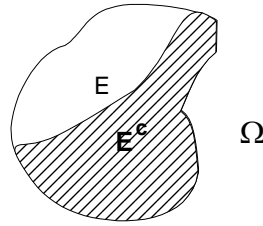
\* Si  $E_1$  et  $E_2$  s'excluent mutuellement, ie.  $E_1 \cap E_2 = \{\}$ , probabilité de la réunion :

$$p(E_1 \cup E_2) = p(E_1) + p(E_2)$$



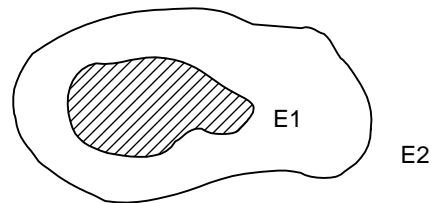
\* Probabilité du complémentaire :

$$p(E^c) = 1 - p(E)$$



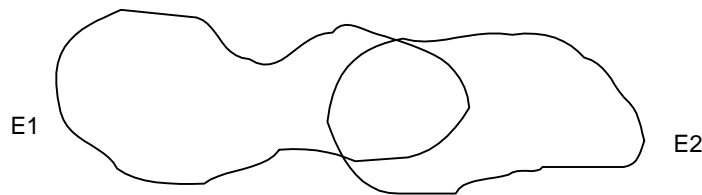
\* Inclusion :

$$E_1 \subset E_2 \Rightarrow p(E_1) \leq p(E_2)$$

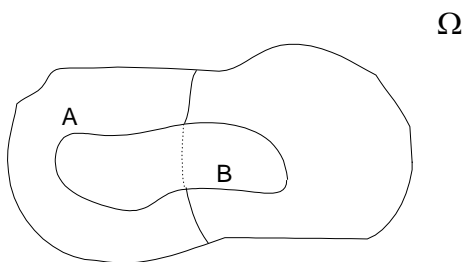


\* Réunion, cas général :

$$p(E_1 \cup E_2) = p(E_1) + p(E_2) - p(E_1 \cap E_2)$$



\* Probabilité conditionnelle :



$$\text{Si } p(A) \neq 0, \\ p(B/A) = p(A \cap B)/p(A)$$

C'est la probabilité de B, sachant que A s'est réalisé.

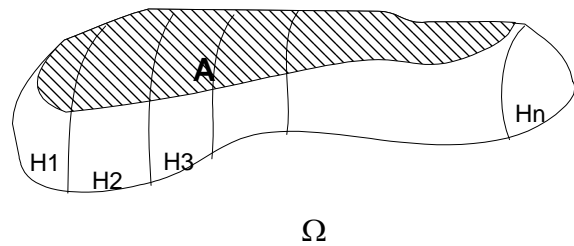
\* Indépendance :

$$E_1 \text{ et } E_2 \text{ sont indépendants si : } p(E_1 \cap E_2) = p(E_1) * p(E_2)$$

L'information sur l'un ne modifie pas l'information sur l'autre.

\* Probabilités totales :

$$p(A) = \sum_{i=1}^n p(H_i) \cdot p(A/H_i)$$



$$\text{avec } \bigcup_{i=1}^n H_i = \Omega, \quad H_i \cap H_j = \{\} \quad \forall i, \quad \forall j \quad i \neq j$$

\* Formules de BAYES :

Probabilité des causes ou probabilité des hypothèses. C'est un développement de la probabilité conditionnelle :

$$p(H_i/A) = p(H_i) \cdot p(A/H_i) / p(A)$$

$$p(H_i/A) = p(H_i) \cdot p(A/H_i) / \left[ \sum_{j=1}^n p(H_j) \cdot p(A/H_j) \right]$$

$p(H_i/A)$  est la probabilité que  $H_i$  soit la bonne conclusion parmi les  $H_1 \dots H_n$  possibles. La formule transforme la probabilité *a priori*  $p(H_i)$  de  $H_i$  en probabilité *a posteriori*  $p(H_i/A)$  de  $H_i$

Remarques :

– Les  $p(H_k)$  et  $p(A/H_k)$  doivent être déterminées :

- . soit par les statistiques,
- . soit par appréciation subjective d'experts.

Il faut de longues séries d'observations pour obtenir les  $p(A/H_k)$ .

– Cette formule est surtout utilisée en diagnostic (détermination de  $p(H_i/A)$ ) et n'est d'aucune utilité en prédiction (ie. pour déterminer  $p(A)$ ) étant donné qu'on a l'expression directe de  $p(A)$ .



<b>ANNEXE E</b>
-----------------

### Méthodes de traitement de probabilités subjectives

#### E1. Coefficients de certitudes

Dans MYCIN [13-FARRENY], chaque proposition est affectée d'un coefficient de certitude compris entre -1 et +1 ; -1 signifie certainement faux, +1 certainement vrai et entre -0.2 et +0.2, il y a incertitude.

Soient deux événements E1 et E2.

Si  $C(E1)$  et  $C(E2) > 0$ , alors

$$C(E1 \cup E2) = C(E1) + C(E2) - C(E1) * C(E2)$$

Si  $C(E1)$  et  $C(E2) < 0$ , alors

$$C(E1 \cup E2) = C(E1) + C(E2) + C(E1) * C(E2)$$

Autrement (l'une des certitudes est positive et l'autre négative) :

$$C(E1 \cup E2) = \frac{C(E1) + C(E2)}{1 - \min(|C(E1)|, |C(E2)|)}$$

Les règles aussi ont des coefficients de certitude.

$$E1 \xrightarrow{(CR)} E2$$

$$C(E2) = C(E1) * CR$$

$$C(E1 \cap E2) = \min(C(E1), C(E2))$$

#### E2. Méthode de plausibilité [54-BLACK]

Soit  $H = \{H1, H2, \dots, Hn\}$

Soit l'implication :  $H \Rightarrow Ho$

##### **a) Chance de Ho : définition**

$$c(Ho) = \frac{p(Ho)}{1 - p(Ho)} = \frac{p(Ho)}{p(Ho^c)} \in [0, +\infty[$$

##### **b) Calculons $c(Ho/Hi)$**

$$\begin{aligned}
c(Ho/Hi) &= \frac{p(Ho/Hi)}{p(Ho^C/Hi)} \\
&= p(Hi/Ho) \cdot \frac{p(Ho)}{p(Hi)} \cdot \frac{1}{p(Hi/Ho^C) \cdot p(Ho^C)/p(Hi)} \\
&= \frac{p(Hi/Ho)}{p(Hi/Ho^C)} \cdot \frac{p(Ho)}{p(Ho^C)} \\
&= \frac{p(Hi/Ho)}{p(Hi/Ho^C)} \cdot c(Ho) \\
&= SL(Hi, Ho) \cdot c(Ho)
\end{aligned}$$

$$\text{où } SL(Hi, Ho) = \frac{p(Hi/Ho)}{p(Hi/Ho^C)}$$

$SL(Hi, Ho)$  est la suffisance logique de  $Hi$  pour vérifier  $Ho$ . Plus  $SL(Hi, Ho)$  est élevée, plus  $Hi$  suffit à vérifier  $Ho$ . En effet, plus  $p(Hi/Ho)$  { probabilité que  $Hi$  soit vraie sachant que  $Ho$  est vraie } est grande plus  $SL$  est grande ; alors que plus  $p(Hi/Ho^C)$  est petite { probabilité que  $Hi$  soit vraie sachant que  $Ho$  n'est pas vraie } plus  $SL$  est grande.

Comme nous supposons que  $p(Hi/Ho^C) \leq p(Hi/Ho)$ , alors  $SL \in [1, +\infty[$

### c) Calculons $c(Ho/Hi^C)$

$$\begin{aligned}
c(Ho/Hi^C) &= \frac{p(Ho/Hi^C)}{1 - p(Ho/Hi^C)} \\
&= \frac{p(Ho/Hi^C)}{p(Ho^C/Hi^C)}
\end{aligned}$$

$$= \frac{p(H_i^c/H_o)}{p(H_i^c/H_o^c)} \cdot c(H_o)$$

$$= NL(H_i, H_o) \cdot c(H_o)$$

$$\text{où } NL(H_i, H_o) = \frac{p(H_i^c/H_o)}{p(H_i^c/H_o^c)}$$

$$p(H_i/H_o) = p(H_i/H_o^c) \Leftrightarrow p(H_i^c/H_o^c) = p(H_i^c/H_o)$$

$$\Rightarrow NL \in [0, 1]$$

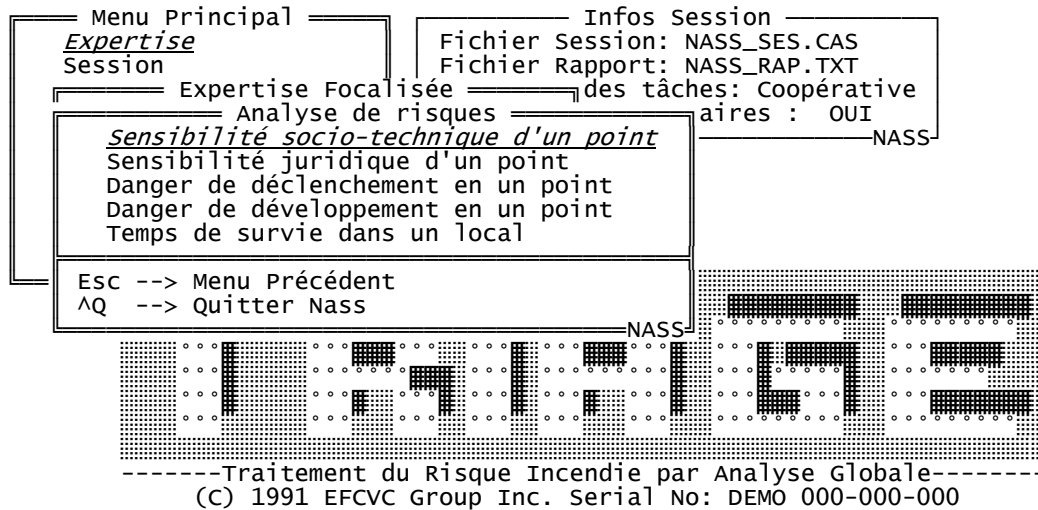
Plus  $p(H_i^c/H_o^c)$  est grande { probabilité que  $H_i$  soit fausse sachant que  $H_o$  est fausse } plus  $NL$  est petite. Plus  $p(H_i^c/H_o)$  est petite { probabilité que  $H_i$  soit fausse sachant que  $H_o$  est vraie } plus  $NL$  est petite.

$NL(H_i, H_o)$  est la nécessité logique de  $H_i$  pour vérifier  $H_o$ . Plus  $NL$  est faible plus cette nécessité est importante.

## ANNEXE F

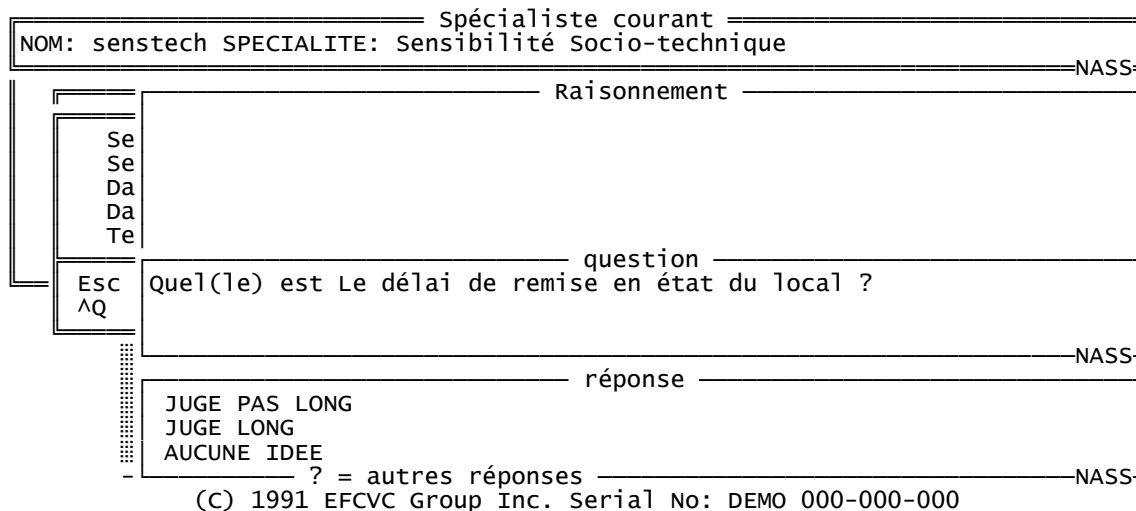
## AF.1 Fonctionnement des modules experts

## AF.1.1 Analyse des risques



## AF.1.1.1 Utilisation d'un des arbres de sensibilité

L'utilisateur ne voit pas l'arbre. Il n'a qu'à répondre à des questions « logiques », « numériques » ou « symboliques » qui lui sont posées.



## L'UTILISATEUR BENEFICIE QUAND MEME DE COMMENTAIRES

NO	Capacité technique et financière. exemple: possession d'un local identique, c-à-d. de secours.	NASS
Se Da Da Te	question	
Esc AQ	Est-ce que L'entreprise a la capacité de remettre le local en état ?	NASS
	réponse	
	Oui Non ? = autres réponses	NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## L'EXPLICATION DU POURQUOI EST ENCORE DISPONIBLE

spécialiste courant		
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique		NASS
	Raisonnement	
Se Se Da Da Te	question	
Esc AQ	Quel(le) est Le délai de réapprovisionnement ?	NASS
	gestion session Granule courant	
AUCUNE IDEE <u>ACCEPTABLE</u> INACCEPTABLE ? = au	<u>Pourquoi</u> Inconnu Modification Expliciter	NASS
Je cherche à voir si Sensibilité due aux marchandises du local		NASS

## LISTE DES QUESTIONS ET DES REPONSES

Pour alléger la présentation, nous montrons uniquement la liste des questions et des réponses. Signalons que bon nombre de ces questions sont accompagnées de commentaires à l'écran.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique
=====
Phase d'exploitation | Coopérative |
Liste des questions de senTech
Se  NOM: Le local est spécifique à la mission
Se  ETAT: < OUI >
Da  SOURCE: Utilisateur
Da
Te
Esc  NOM: Le délai de remise en état du local
AQ  ETAT: < JUGE LONG >
SOURCE: Utilisateur

NOM: L'entreprise a la capacité de remettre le local en
etat
ETAT: < OUI >
SOURCE: Utilisateur

NOM: Les outils du local sont spécifiques à la mission
ETAT: < NON >

Esc --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
=====

```

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique
=====
Phase d'exploitation | Coopérative |
Liste des questions de senTech
Se  SOURCE: Utilisateur
Se
Da  NOM: Le délai de reconstitution des outils du local
Da  ETAT: < JUGE SUPPORTABLE >
Te  SOURCE: Utilisateur

Esc  NOM: L'entreprise a la capacité de remise en état du local
AQ  de l'activité
ETAT: < OUI >
SOURCE: Utilisateur

NOM: Les outils sont sensibles à la chaleur, l'eau ou la
fumée
ETAT: < NON >
SOURCE: Utilisateur

Esc --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
=====

```

Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation	
Coopérative	
Liste des questions de senSTech	
Se	NOM: Le nombre de personnes du local
Se	ETAT: < 10 >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	
Esc	NOM: la catégorie des personnes du local
^Q	ETAT: < PERSONNEL >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: La distribution des personnes du local {en nombre/m2}
	ETAT: < 0.1 >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Les personnes du local sont jugées plus vulnérables que d'ordinaire
	Esc --> Echappement
	↑,↓, --> Curseur
	NASS

Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation	
Coopérative	
Liste des questions de senSTech	
Se	ETAT: < NON >
Se	SOURCE: Utilisateur
Da	
Da	NOM: Le délai de réapprovisionnement
Te	ETAT: < ACCEPTABLE >
	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: L'entreprise a la capacité de se réapprovisionner
^Q	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Les marchandises sont fragiles à la chaleur, l'eau, la fumée
	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
	Esc --> Echappement
	↑,↓, --> Curseur
	NASS

Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation	
Coopérative	
Liste des questions de senSTech	
Se	NOM: Il y aurait des nuisances pour l'environnement
Se	ETAT: < NON >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	
Esc	NOM: L'impact serait important
^Q	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: L'environnement est fragile
	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Le pourcentage de production de la mission concernée
	ETAT: < <= 25 % >
	Esc --> Echappement
	↑,↓, --> Curseur
	NASS

Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de sensTech	
Se	SOURCE: Utilisateur
Se	NOM: Le délai de rétablissement en cas d'arrêt de
Da	l'activité
Da	ETAT: < > 15 jours >
Te	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: Le produit concerné est stratégique
^Q	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Le pourcentage de service impliqué
	ETAT: < <= 25 % >
	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de sensTech	
Se	NOM: Le délai de reconstitution du service en jours
Se	oeuvrés
Da	ETAT: < <= 8 jours >
Da	SOURCE: Utilisateur
Te	NOM: Le service a une importance stratégique
Esc	ETAT: < OUI >
^Q	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Le pourcentage de production des missions aval
	imputable à l'activité
	ETAT: < <= 20 % >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Le délai de reconstitution de la production des
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de sensTech	
Se	missions aval
Se	ETAT: < >15 jours oeuvrés >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	NOM: Les missions aval sont stratégiques
Te	ETAT: < OUI >
Esc	SOURCE: Utilisateur
^Q	NOM: Le pourcentage des services aval imputable à
	l'activité
	ETAT: < <= 10 % >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Le délai de reconstitution des services aval
	ETAT: < <=5 jours oeuvrés >
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	



Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation	
Coopérative	
Liste des questions de senSTech	
Se	SOURCE: Utilisateur
Se	
Da	NOM: Les services aval ont une importance stratégique
Da	ETAT: < NON >
Te	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: Il y aurait une influence probable sur l'image de
^Q	marque
:	ETAT: < NON >
-	SOURCE: Utilisateur
:	NOM: Il y aurait une incidence négative sur la clientèle
-	ETAT: < NON >
-	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique	
NASS	
Phase d'exploitation	
Coopérative	
Liste des questions de senSTech	
Se	ETAT: < NON >
Se	SOURCE: Utilisateur
Da	
Da	NOM: Il y aurait une incidence négative sur la clientèle
Te	ETAT: < NON >
Esc	SOURCE: Utilisateur
^Q	NOM: Il y aurait une diminution de la crédibilité auprès
:	des banques
-	ETAT: < NON >
-	SOURCE: Utilisateur
-	NOM: Il y aurait une incidence négative sur l'emploi
-	ETAT: < NON >
-	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

## RESULTATS DU MODULE DE SENSIBILITE SOCIO-TECHNIQUE

Les nombres indiquent le pourcentage de crédit accordé aux hypothèses.

Spécialiste courant

NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique NASS

Rapport

CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE

-----

nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,  
 50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),  
 100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de sensibilité socio-technique du local 100 :  
 Sensibilité directe de l'activité 69  
 Sensibilité indirecte de l'activité 68

Détail de la sensibilité directe:  
 Sensibilité due au local abritant l'activité 40  
 Sensibilité due aux outils du local de l'activité 0  
 Sensibilité due aux personnes du local 1  
 Sensibilité due aux marchandises du local 8

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: senstech SPECIALITE: Sensibilité Socio-technique NASS

Rapport

Sensibilité directe de l'activité 69  
 Sensibilité indirecte de l'activité 68

Détail de la sensibilité directe:  
 Sensibilité due au local abritant l'activité 40  
 Sensibilité due aux outils du local de l'activité 0  
 Sensibilité due aux personnes du local 1  
 Sensibilité due aux marchandises du local 8  
 Sensibilité due à l'environnement 4

Détail de la sensibilité indirecte:  
 Sensibilité due à la production impliquée 100  
 Sensibilité due à l'incidence sur d'autres missions 100  
 Sensibilité due aux incidences immatérielles 100

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

### AF.1.1.2 L'arbre de danger déclenchement d'incendie

Spécialiste courant

NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie NASS

Raisonnement

Se  
Se  
Da  
Da  
Te

question

Esc  
^Q

Est-ce que Le personnel est motivé en matière de sécurité ? NASS

réponse

*Oui*  
NON

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

NO	Pas de turnover, c-à-d. personnel stable. Bonne communication patron-employés. Pas de grèves répétées et longues.	NASS
Se Se Da Da Te		
Esc ^Q	question Est-ce que L'entreprise a un bon climat social ?	NASS
	réponse	NASS
	Oui <u>Non</u> ? = autres réponses	NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

spécialiste courant		
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie		NASS
	Raisonnement	
Se Se Da Da Te		
Esc ^Q	question Quel(le) est L'accès ?	NASS
	réponse	NASS
	sélectif <u>Libre au personnel</u> Libre en général ? = autres réponses	NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## POUR ABREGER PRESENTONS LA LISTE DES QUESTIONS ET DES REPONSES

spécialiste courant		
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie		NASS
	Phase d'exploitation	Coopérative
	Liste des questions de DangDecl	
Se Se Da Da Te	NOM: Le personnel est motivé en matière de sécurité ETAT: < OUI > SOURCE: Utilisateur	
Esc ^Q	NOM: Le personnel est formé à la sécurité ETAT: < NON > SOURCE: Utilisateur	
	NOM: il existe des consignes générales de sécurité ETAT: < NON > SOURCE: Utilisateur	
	NOM: L'entreprise a un bon climat social ETAT: < NON > SOURCE: Utilisateur	
	Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur	NASS

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: L'entretien des lieux est sous-traité
Se	ETAT: < OUI >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	
ESC	NOM: Il y a une bonne tenue des lieux
^Q	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: L'accès
	ETAT: < Libre au personnel >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Il existe des motifs de malveillance
	ETAT: < NON >
ESC --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	SOURCE: Utilisateur
Se	
Da	NOM: Il existe des pièces en frottement lubrifié
Da	ETAT: < NON >
Te	SOURCE: Utilisateur
ESC	NOM: Il existe des pièces en frottement non lubrifié
^Q	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Il existe des objets subissant des chocs
	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: la puissance développée par ces pièces ou objets
ESC --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	ETAT: < 1..10 kw >
Se	SOURCE: Utilisateur
Da	
Da	NOM: il existe consignes pour limiter l'échauffement
Te	mécanique anormal
	ETAT: < NON >
ESC	SOURCE: Utilisateur
^Q	
	NOM: le chauffage
	ETAT: < Indirect >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: le type de fluide caloporteur
	LABEL: fluid
	ETAT: < Incombustible >
ESC --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	SOURCE: Utilisateur
Se	
Da	NOM: la puissance du chauffage
Da	LABEL: puis
Te	ETAT: < 5 >
	SOURCE: Utilisateur
ESC	NOM: la part du conditionnement d'air
^Q	ETAT: < moyenne >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Il y a des équipements techniques fonctionnant par flamme nue
	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
ESC --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: Il y a des équipements techniques fonctionnant par catalyse
Se	ETAT: < NON >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	NOM: Il y a des équipements techniques fonctionnant par résistance électrique
	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: le fluide caloporteur de ces équipements est combustible
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
ESC --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: Il y a présence possible de sources auxiliaires
Se	ETAT: < OUI >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	NOM: Des interventions humaines par point chaud sont possibles
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: il existe consignes pour limiter l'échauffement thermique anormal
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
ESC --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: La tension
Se	ETAT: < BT <=1000 v >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	
Esc	NOM: La puissance
^Q	ETAT: < <= 100 kw >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: L'installation est soumise aux contrôles réglementaires
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: il existe des consignes pour limiter l'échauffement électrique anormal
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	ETAT: < NON >
Se	SOURCE: Utilisateur
Da	
Da	NOM: le procédé implique des réactions endothermiques
Te	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: le procédé implique des réaction exothermiques
^Q	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: il existe des consignes pour limiter l'échauffement chimique anormal
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: Mise a la terre
Se	ETAT: < NON >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	
Esc	NOM: Ligne équipotentielle
^Q	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: il existe un système dissipateur et évacuateur d'énergie
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Inflammation par élévation de température
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	ETAT: < OUI >
Se	SOURCE: Utilisateur
Da	
Da	NOM: il existe des consignes relatifs aux produits
Te	explosifs
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: La part liée à la destination du local
^Q	ETAT: < Moyenne >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: L'usage
	ETAT: < Développement (ex semi-industriel) >
	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: La maintenance des équipements du procédé est
Se	correcte
Da	ETAT: < OUI >
Da	SOURCE: Utilisateur
Te	
Esc	NOM: Il y a un système de protection contre la foudre
^Q	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: Il y a un dispositif de protection intérieur contre
	le soleil
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: Le site est proche d'une forêt
Se	ETAT: < OUI >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	NOM: la distance du site à la forêt
	ETAT: < 50 à 100 m >
	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: les alentours et la forêt sont périodiquement
^Q	débroussaillés
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: un mur coupe feu est installé
	ETAT: < OUI >
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	SOURCE: Utilisateur
Se	
Da	NOM: un déluge extérieur est installé
Da	ETAT: < NON >
Te	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: le matériau de couverture est au minimum de classe
^Q	T30/1
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: La façade exposée comporte des ouvertures
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: le bâtiment le plus proche est plus haut
Se	ETAT: < NON >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	NOM: La stabilité chimique du combustible
	ETAT: < 2 >
	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: Le potentiel calorifique
^Q	ETAT: < 2000 à 4000'' >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: La charge calorifique
	ETAT: < >50'' >
	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de DangDec1	
Se	NOM: Le point d'éclair
Se	ETAT: < >55 °C >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	NOM: L'inflammabilité {selon la classification du CEA}
	ETAT: < 2 >
	SOURCE: Utilisateur
Esc	NOM: la hauteur de stockage
^Q	ETAT: < <=4 m >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: le Foisonnement
	ETAT: < >1 >
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	



```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-----NASS-----
Phase d'exploitation | Coopérative |
Liste des questions de DangDecl
Se  NOM: Le point d'éclair
Se  ETAT: < >55 °C >
Da  SOURCE: Utilisateur
Da
Te  NOM: L'inflammabilité {selon la classification du CEA}
Te  ETAT: < 2 >
Esc SOURCE: Utilisateur
^Q
NOM: la hauteur de stockage
ETAT: < <=4 m >
SOURCE: Utilisateur

NOM: le Foisonnement
ETAT: < >1 >
SOURCE: Utilisateur

Esc --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
-----NASS-----

```

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-----NASS-----
Rapport
CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE
-----
nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,
50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),
100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de danger de déclenchement d'un incendie 79 :
La possibilité d'allumage 100,
Le potentiel combustible 71 .

Détail de la possibilité d'allumage :
La part de l'homme 84 ,
La part du matériel 99 ,
La part du produit 60 ,
La part du procédé 12 ,
-----NASS-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

## RESULTATS DU MODULE DANGER DE DECLENCHEMENT D'INCENDIE

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-----NASS-----
Rapport
La part de l'homme 84 ,
La part du matériel 99 ,
La part du produit 60 ,
La part du procédé 12 ,
La part de l'environnement 0 .

Détail de la part du matériel :
La possibilité d'avoir un échauffement mécanique 38 ,
La possibilité d'avoir un échauffement thermique 58 ,
La possibilité d'avoir un échauffement électrique 89 ,
La possibilité d'avoir un échauffement chimique 0 :

Détail de la part de l'homme :
La possibilité d'erreur humaine 55 ,
La possibilité de malveillance 81 .
-----NASS-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

## AJOUTONS DES CONSIGNES EN MATIERE D'ELECTRICITE

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
=====NASS=====

Phase d'exploitation | Coopération |
----- Liste des questions de DangDecl -----
Se  ETAT: < >1 >
Se  SOURCE: Utilisateur
Da
Da  NOM: il existe des consignes pour limiter l'échauffement
Te  électrique anormal
Esc ETAT: < OUI >
AQ  SOURCE: Utilisateur

NOM: Mise a la terre
ETAT: < NON >
SOURCE: Utilisateur

NOM: Ligne équipotentielle
ETAT: < NON >
SOURCE: Utilisateur

Esc --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
=====NASS=====

```

## NOUVEAUX RESULTATS

La possibilité d'allumage diminue par diminution du danger électrique. Mais cela est insuffisant au niveau global du danger de déclenchement.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
=====NASS=====

Rapport
CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE
-----
nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,
    50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),
    100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de danger de déclenchement d'un incendie 79 :
La possibilité d'allumage 97 ,
Le potentiel combustible 71 .

Détail de la possibilité d'allumage :
La part de l'homme 84 ,
La part du matériel 82 ,
La part du produit 60 ,
La part du procédé 12 ,
=====NASS=====

```

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-----NASS

```

```

----- Rapport -----
La part de l'homme 84 ,
La part du matériel 82 ,
La part du produit 60 ,
La part du procédé 12 ,
La part de l'environnement 0 .

Détail de la part du matériel :
La possibilité d'avoir un échauffement mécanique 38 ,
La possibilité d'avoir un échauffement thermique 58 ,
La possibilité d'avoir un échauffement électrique 21 ,
La possibilité d'avoir un échauffement chimique 0 :

Détail de la part de l'homme :
La possibilité d'erreur humaine 55 ,
La possibilité de malveillance 81 .
-----NASS

```

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## AJOUTONS D'AUTRES MESURES

Ajoutons des consignes contre l'échauffement d'origine thermique, améliorons la tenue des lieux, ajoutons un contrôle d'accès.

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-----NASS

```

```

----- Phase d'exploitation ----- Coopérative |
----- Liste des questions de DangDecl -----
Se  ETAT: < OUI >
Se  SOURCE: Utilisateur
Da
Da  NOM: Il y a une bonne tenue des lieux
Te  ETAT: < OUI >
Te  SOURCE: Utilisateur

Esc
^Q  NOM: Il existe un contrôle de ces consignes
    ETAT: < OUI >
    SOURCE: Utilisateur

    NOM: il existe consignes pour limiter l'échauffement
    thermique anormal
    ETAT: < OUI >
    SOURCE: Utilisateur

Esc --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
-----NASS

```

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie
-----NASS

```

```

----- Rapport -----
CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE
-----
nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,
    50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),
    100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de danger de déclenchement d'un incendie 77 :
La possibilité d'allumage 92 ,
Le potentiel combustible 71 .

Détail de la possibilité d'allumage :
La part de l'homme 44 ,
La part du matériel 62 ,
La part du produit 60 ,
La part du procédé 12 ,
-----NASS

```

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant  
 NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie

NASS

Rapport

La part de l'homme 44 ,  
 La part du matériel 62 ,  
 La part du produit 60 ,  
 La part du procédé 12 ,  
 La part de l'environnement 0 .

Détail de la part du matériel :

La possibilité d'avoir un échauffement mécanique 38 ,  
 La possibilité d'avoir un échauffement thermique 19 ,  
 La possibilité d'avoir un échauffement électrique 21 ,  
 La possibilité d'avoir un échauffement chimique 0 :

Détail de la part de l'homme :

La possibilité d'erreur humaine 0 ,  
 La possibilité de malveillance 31 .

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## AJOUTONS DES CONSIGNES CONTRE LES ECHAUFFEMENTS MECANIQUES

Spécialiste courant  
 NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie

NASS

Phase d'exploitation

Coopérative |

Liste des questions de DangDecl

Se	NOM: I1 existe des objets subissant des chocs
Se	ETAT: < OUI >
Da	SOURCE: Utilisateur
Da	
Te	
Esc	NOM: la puissance développée par ces pièces ou objets
^Q	ETAT: < 1..10 kw >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: il existe consignes pour limiter l'échauffement
	mécanique anormal
	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: le chauffage
	ETAT: < Indirect >

Esc --> Echappement

↑,↓, --> Curseur

NASS

Spécialiste courant  
 NOM: dangdecl SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie

NASS

Rapport

CREDIT ACCORDE AUX HYPOTHESES EN POURCENTAGE

-----  
 nb: 0 => Hypothèse certainement fausse,  
 50 => Incertitude (difficulté à se prononcer),  
 100 => Hypothèse certainement vraie.

Le degré de danger de déclenchement d'un incendie 76 :

La possibilité d'allumage 91 ,  
 Le potentiel combustible 71 .

Détail de la possibilité d'allumage :

La part de l'homme 44 ,  
 La part du matériel 56 ,  
 La part du produit 60 ,  
 La part du procédé 12 ,

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant	
NOM: dangdec1 SPECIALITE: Analyse du déclenchement d'incendie	
NASS	
Rapport	
<p>La part de l'homme 44 ,          La part du matériel 56 ,          La part du produit 60 ,          La part du procédé 12 ,          La part de l'environnement 0 .</p> <p>Détail de la part du matériel :          La possibilité d'avoir un échauffement mécanique 17 ,          La possibilité d'avoir un échauffement thermique 19 ,          La possibilité d'avoir un échauffement électrique 21 ,          La possibilité d'avoir un échauffement chimique 0 :</p> <p>Détail de la part de l'homme :          La possibilité d'erreur humaine 0 ,          La possibilité de malveillance 31 .</p>	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

## AF.1.2 Réduction des risques

### AF.1.2.1 Organisation humaine

#### QUESTIONS SUR L'ORGANISATION HUMAINE

NO	<p>On considère que le personnel est sensibilisé au problème d'incendie si:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le personnel est informé des risques de son outil de travail et des risques qu'il peut provoquer.</li> <li>2. L'information du personnel temporaire est prise en compte.</li> <li>3. Les points dangereux sont correctement signalés (ie:interdiction de fumer dans les locaux dangereux, précautions de manipulation de produits dangereux).</li> </ol>	NASS
Ge Ev Dé Ex	question	NASS
Le personnel est-il sensibilisé au problème incendie ?		NASS
Esc AQ	réponse	NASS
<p><u>Oui</u> NON</p> <p>⋮ ? = autres réponses</p>		NASS
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----		
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000		

NO	On considère que le personnel est formé si: 1. Le personnel connaît le responsable de sécurité. 2. Le personnel connaît les agents de sécurité de sa zone d'activité. 3. Le personnel participe à des exercices d'évacuation programmés. 4. Le personnel est formé aux consignes de sécurité (ie: signaux d'alerte, d'évacuation, chemin d'évacuation). 5. L'utilisation des appareils d'extinction par le personnel a été vérifiée
Ev Dé Ex	question le personnel est-il formé ?
Esc ^Q	réponse Oui <u>Non</u>
	? = autres réponses
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale----- (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

spécialiste courant	
NOM: orgHum SPECIALITE: Etude de l'organisation humaine	
	Raisonnement
Ar Co Fo Or Dé Ge Ev Dé Ex	question Est-ce qu'il existe un responsable de sécurité ?
Esc ^Q	réponse <u>Oui</u> Non
	? = autres réponses
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale----- (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

spécialiste courant	
NOM: orgHum SPECIALITE: Etude de l'organisation humaine	
	Raisonnement
Ar Co Fo Or Dé Ge Ev Dé Ex	question Est-ce qu'il existe une procédure permettant d'informer rapidement le responsable de sécurité de toute anomalie pouvant entraîner un risque ?
Esc ^Q	réponse <u>Oui</u> Non
	? = autres réponses
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale----- (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant

NOM: orgHum SPECIALITE: Etude de l'organisation humaine NASS

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Est-ce qu'il existe une information spécifique pour le personnel travaillant temporairement dans l'entreprise ? NASS

réponse

Esc  
^Q

Oui  
Non

... ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: orgHum SPECIALITE: Etude de l'organisation humaine NASS

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Est-ce que le personnel connaît les agents de sécurité de sa zone d'activité ? NASS

réponse

Esc  
^Q

Oui  
Non

... ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## RESULTATS DU MODULE ORGANISATION HUMAINE

Spécialiste courant

NOM: orgHum SPECIALITE: Etude de l'organisation humaine NASS

Rapport

Lorsque je peux conclure sur l'organisation humaine d'une entreprise, l'échelle globale d'appréciation est la suivante:

- satisfaisante,
- acceptable,
- non satisfaisante.

Dans le cas présent l'organisation humaine est non satisfaisante

Parce que non seulement une des conditions fondamentales (la formation du personnel) n'est pas remplie, mais encore seulement 1 des 10 conditions favorables secondaires sont réunies.

Pour atteindre le niveau satisfaisant il faudrait:  
(la formation du personnel) NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## AF.1.2.2 Type de détection automatique

## DETERMINATION DU TYPE DE DETECTEUR

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
Esc AQ	question
Dé Ex	Quel est le type de traitement désiré ?
NASS	
Esc AQ	réponse
⋮	<u>Entrée par destination du bâtiment</u> Par type de locaux (bâtiment quelconque) ? = autres réponses
NASS	
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale----- (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
Esc AQ	question
Dé Ex	Quelle est la destination du bâtiment ?
NASS	
Esc AQ	réponse
⋮	<u>Bâtiment industriel</u> Hôpital, hospice, pouponnière, maternité, pharmacie Théâtre, musée, cinéma, ... Restaurant, hôtel, café, ... Magasin de vente Bâtiment administratif, banque ? = autres réponses
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
Esc AQ	question
Dé Ex	Quel est le secteur d'activité ?
NASS	
Esc AQ	réponse
⋮	Chimie Travail du bois Travail du métal Textile: fabrication, traitement, stockage <u>automobile</u> Électronique, électrique ? = autres réponses
NASS	



Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
ESC ^Q	question
Dé EX	Quel est le type de local branche automobile ?
NASS	
ESC ^Q	réponse
⋮ -	Banc d'essai moteur Atelier d'usinage <i>Atelier de montage</i> Chaîne de contrôle Chaîne de peinture, séchage Dépôt de pièces détachés ? = autres réponses
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
ESC ^Q	question
Dé EX	Quelle est la température de l'environnement ?
NASS	
ESC ^Q	réponse
⋮	20 ? = autres réponses
NASS	

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
ESC ^Q	question
Dé EX	Quel est le taux d'humidité de l'environnement (en %) ?
NASS	
ESC ^Q	réponse
⋮	45 ? = autres réponses
NASS	

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
ESC ^Q	question
Dé EX	Quel(le) est l'altitude de l'environnement (en m) ?
NASS	
ESC ^Q	réponse
	600
	? = autres réponses
NASS	
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale----- (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
ESC ^Q	question
Dé EX	Quelle est la hauteur du local (en m) ?
NASS	
ESC ^Q	réponse
	5
	? = autres réponses
NASS	
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale----- (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant	
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement	
NASS	
Raisonnement	
Ch No	
ESC ^Q	question
Dé EX	Quelle est la vitesse d'air dans le local ?
NASS	
ESC ^Q	réponse
	<u>Continue et inférieure ou égale à 8 m/s</u> Transitoire et inférieure ou égale à 10 m/s Forts courants d'air (continus ou non)
	? = autres réponses
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

## RESULTATS SUR LES TYPES DE DETECTEURS

```

----- Spécialiste courant -----
NOM: typDet SPECIALITE: Type de détecteur pour un environnement
-----NASS-----

----- Rapport -----
2 types de détecteur adaptés au cas étudié.
Détecteur de fumée à ionisation (fixe).
Détecteur de fumée à ionisation (réglable).
-----NASS-----

Esc
^Q
-----
Dé
Ex
-----NASS-----
^Q --> Quitter Nass
Esc
^Q --> Quitter Nass
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

### AF.1.2.3 Organisation d'alarme

#### ORGANISATION D'ALARME

```

----- Spécialiste courant -----
NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme
-----NASS-----

----- Raisonement -----
Ar
Co
Fo
Or
Dé
Ge
Ev
Dé
Ex
-----
question
y a-t-il détection précoce ?
-----NASS-----

Esc
^Q
-----
réponse
Oui
Non
-----NASS-----
? = autres réponses
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

---

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Est-ce qu'il existe une équipe de pompiers d'entreprise ? NASS

---

réponse

Esc  
^Q

Oui  
Non

... ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

---

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Quel est le nombre de personnes de l'équipe ? NASS

---

réponse

Esc  
^Q

3

... ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

---

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Est-ce que vous connaissez la durée d'arrivée des pompiers externes ? NASS

---

réponse

Esc  
^Q

Oui  
Non

... ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

---

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Quelle est la localisation du site ? NASS

Esc  
^Q  
:  
-

urbaine grande v  
en plaine  
village

gestion session  
Granule courant  
Pourquoi  
Inconnu  
Modification  
Expliciter NASS

? = au NASS

---

Je cherche à déterminer la durée d'arrivée des pompiers externes NASS

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

---

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Quel(le) est l'effectif du personnel d'entreprise ? NASS

Esc  
^Q  
:  
-

réponse

50 NASS

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

---

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Quel est le risque ? NASS

Esc  
^Q  
:  
-

réponse

grand  
très grand  
faible  
moyen

? = autres réponses NASS

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Est-ce que l'équipe dispose de lances,RIA,tenu de pompiers ?

ESC  
^Q

Oui  
Non

gestion session  
Granule courant  
Pourquoi  
Inconnu  
Modification  
Expliciter

-----Traitement d

lyse Globale-----

Je cherche à voir si l'équipe a un bon support logistique NASS

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

Raisonnement

Ar  
Co  
Fo  
Or  
Dé  
Ge  
Ev  
Dé  
Ex

question

Est-ce que les pompiers acceptent d'être alertés automatiquement ?

ESC  
^Q

Oui  
NON

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

### RESULTATS DE L'ORGANISATION D'ALARME

Spécialiste courant

NOM: alarm SPECIALITE: Etude de l'organisation de l'alarme NASS

Rapport

Organisation d'alarme: Branchement direct aux pompiers externes  
indispensable

Catégorie d'entreprise-----: petite  
Nombre minimal d'intervenants internes: 2  
Arrivée des pompiers externes-----: 12.5 min  
Durée de reconnaissance-----: 12 min

Paramètres:  
Type de risque-----: moyen  
Distance des pompiers externes-----: 5 km

Remarque particulière:  
Déclenchement de l'alarme générale d'évacuation

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## AF.1.2.4 Evacuation

## TYPE D'EVACUATION

Spécialiste courant

NOM: evacType SPECIALITE: Détermination du type d'évacuation

Raisonnement

Ty  
Et  
Et

ESC question  
^Q Quel est le cloisonnement du bâtiment ?

EX

ESC réponse  
^Q bâtiment à simple rez-de-chaussée:volumes multiples  
bâtiment à simple rez-de-chaussée:volume unique  
plusieurs niveaux au-dessus du sol  
? = autres réponses

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: evacType SPECIALITE: Détermination du type d'évacuation

Raisonnement

Ty  
Et  
Et

ESC question  
^Q Est-ce qu'il existe des locaux recevant du public ?

EX

ESC réponse  
^Q Oui  
Non  
? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

NO

dépassant 28 m pour la réglementation,  
mais en général au-delà de 7 niveaux

Ty  
Et  
Et

ESC question  
^Q le bâtiment est-il de grande hauteur ?

EX

ESC réponse  
^Q Oui  
Non  
? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: evactype SPECIALITE: Détermination du type d'évacuation NASS

---

Raisonnement

Ty  
Et  
Et

Esc  
ΛQ

question

Quelle est la destination du bâtiment ? NASS

Ex

Esc  
ΛQ

réponse

bureau  
industrielle  
prison, hôpital psychiatrique ou assimilé  
hôpital

? = autres réponses NASS

Spécialiste courant

NOM: evactype SPECIALITE: Détermination du type d'évacuation NASS

---

Raisonnement

Ty  
Et  
Et

Esc  
ΛQ

question

Est-ce qu'il existe des malades en situation médicale difficile ? NASS

Ex

Esc  
ΛQ

réponse

Oui  
Non

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: evactype SPECIALITE: Détermination du type d'évacuation NASS

---

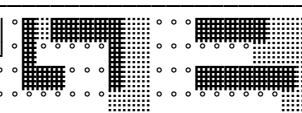
le type d'évacuation-----: Rapport  
la forme d'évacuation-----: impossible  
la chronologie d'évacuation--: organisée  
la partie à évacuer-----: immédiate  
la zone sinistrée

Remarque particulière:  
il faut prévoir un sauvetage

Ex

ΛQ --> Quitter Nass NASS

Esc  
ΛQ --> Quitter Nass NASS



-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000



## AF.1.2.5 Désenfumage

## PARTIES DU BATIMENT A DESENFUMER

spécialiste courant

NOM: partFum SPECIALITE: Parties du bâtiment à désenfumer

Raisonnement

Pa  
Be  
Dé  
Vé  
Te

question

le bâtiment a-t-il une partie hors-sol ?

Esc  
AQ

réponse

Oui  
Non

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

spécialiste courant

NOM: partFum SPECIALITE: Parties du bâtiment à désenfumer

Raisonnement

Pa  
Be  
Dé  
Vé  
Te

question

Quel est le temps d'évacuation dans la partie hors-sol (en min) ?

Esc  
AQ

réponse

15

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

spécialiste courant

NOM: partFum SPECIALITE: Parties du bâtiment à désenfumer

Raisonnement

Pa  
Be  
Dé  
Vé  
Te

question

Quel est le nombre de niveaux en sous-sol ?

Esc  
AQ

réponse

2

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant  
 NOM: partFum SPECIALITE: Parties du bâtiment à désenfumer

NASS

Rapport

N'ont pas besoin de désenfumage:  
 - les couloirs a l'air libre (ie: %ouvertures sur l'extérieur>50).  
 - les couloirs desservant exclusivement des locaux techniques.  
 - les escaliers a l'air libre.

Ont besoin d'être désenfumés:  
 Remarques particulières:

Les couloirs de la partie hors-sol  
 Les escaliers hors-sol  
 Les couloirs du sous-sol  
 Les escaliers du sous-sol

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant  
 NOM: partFum SPECIALITE: Parties du bâtiment à désenfumer

NASS

Rapport

Remarques particulières:

Les couloirs de la partie hors-sol  
 Les escaliers hors-sol  
 Les couloirs du sous-sol  
 Les escaliers du sous-sol

-> REMARQUE GENERALE

Eviter d'avoir des escaliers continus du sous-sol a la partie hors-sol  
 du bâtiment

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## TYPE DE DESENFUMAGE D'UN LOCAL

Spécialiste courant  
 NOM: typFumLo SPECIALITE: Type de désenfumage d'un local

NASS

Raisonnement

Dé  
 p  
 Lo  
 ES  
 CO

Esc  
 ^Q Création de local-1. Pressez une touche SVP.

^Q --> Quitter Nass

Esc  
 ^Q --> Quitter Nass

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: typFumLo SPECIALITE: Type de désenfumage d'un local NASS

Raisonnement

Dé  
p  
Lo  
Es  
Co

question

Quel(le) est nombre de niveaux au-dessus local local-1 ? NASS

Esc  
^Q

réponse

3 NASS

⋮ ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: typFumLo SPECIALITE: Type de désenfumage d'un local NASS

Raisonnement

Dé  
p  
Lo  
Es  
Co

question

Quel(le) est numéro de niveau local local-1 ? NASS

Esc  
^Q

réponse

1 NASS

⋮ ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: typFumLo SPECIALITE: Type de désenfumage d'un local NASS

Raisonnement

Dé  
p  
Lo  
Es  
Co

question

Quelle est la distance du point le plus éloigné d'un ouvrant (en m) ? NASS

Esc  
^Q

réponse

20 NASS

⋮ ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

===== spécialiste courant =====
NOM: typFumLo SPECIALITE: Type de désenfumage d'un local
-----NASS-----

Raisonnement

Dé
p
Lo
Es
Co

question
Quel(le) est hauteur local local-1 (en m) ?

Esc
^Q

réponse
2.5

? = autres réponses
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

```

===== spécialiste courant =====
NOM: typFumLo SPECIALITE: Type de désenfumage d'un local
-----NASS-----

Rapport

Local -----: local-1
Le type de désenfumage du local: Naturel-Mécanique
-----NASS-----

p
Lo
Es
Co

Lister les paramètres demandables
Etablir le rapport
Modifier des paramètres
Visualiser des connaissances
Réinitialiser les paramètres

Esc
^Q

Esc --> Menu Précédent
^Q --> Quitter Nass

Esc
^Q --> Quitter Nass
-----NASS-----

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

### AF.1.2.6 Extinction

#### DETERMINATION DE L'AGENT EXTINCTEUR

```

===== spécialiste courant =====
NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs
-----NASS-----

Raisonnement

Na
Et

Esc
^Q

question
Quel est le type de traitement désiré ?

Dé
Ex

Esc
^Q

réponse
Entrée par destination du bâtiment
Par type de locaux (bâtiment quelconque)

? = autres réponses
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```

Spécialiste courant	
NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs	
NASS	
Raisonnement	
Na Et	
Esc AQ	question
Dé Ex	Quel est le secteur d'activité ?
NASS	
Esc AQ	réponse
⋮ -	Chimie <u>Travail du bois</u> Travail du métal Textile: fabrication, traitement, stockage automobile Electronique, électrique ? = autres réponses
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs	
NASS	
Raisonnement	
Na Et	
Esc AQ	question
Dé Ex	Quel est le type de travail du bois ?
NASS	
Esc AQ	réponse
⋮ -	Stockage de bois (toutes formes) Cabine de peinture <u>Locaux d'usinage</u> ? = autres réponses
NASS	

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant	
NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs	
NASS	
Raisonnement	
Na Et	
Esc AQ	question
Dé Ex	y a-t-il des personnes présentes en permanence ?
NASS	
Esc AQ	réponse
⋮ -	<u>Oui</u> Non ? = autres réponses
NASS	

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs NASS

---

Raisonnement

---

Na  
Et

---

Esc  
^Q

question

Quel est le temps d'évacuation des personnes ? NASS

---

Dé  
Ex

---

Esc  
^Q

réponse

10 NASS

---

... ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs NASS

---

Raisonnement

---

Na  
Et

---

Esc  
^Q

question

Quel est le temps de survie des personnes ? NASS

---

Dé  
Ex

---

Esc  
^Q

réponse

12 NASS

---

... ? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs NASS

---

Rapport

L'EAU PULVERISEE est très bien adaptée.  
L'EAU PULVIRISEE + ADDITIF est très bien adaptée.

Par ADDITIF j'entends un produit opacifiant,  
épaississant(retardant), ignifugeant, mouillant.  
L'ajout d'un produit antigel ou anticorrosion est possible,  
bien qu'il n'intervienne pas dans le processus d'extinction. NASS

---

Dé  
Ex

---

^Q --> Quitter Nass NASS

---

Esc  
^Q --> Quitter Nass NASS

---

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000



## CHANGEONS LOCAUX D'USINAGE EN CABINE DE PEINTURE

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs
=====NASS=====

Phase d'exploitation | Coopérative |
----- Liste des questions de ProExtin -----
Na
Et
  ETAT: < NON >
  SOURCE: Utilisateur
Esc
^Q
  NOM: il y a des personnes présentes en permanence
  ETAT: < OUI >
  SOURCE: Utilisateur
Dé
Ex
  NOM: le temps d'évacuation des personnes
  ETAT: < 10 >
  SOURCE: Utilisateur
Esc
^Q
  NOM: le type de travail du bois
  LABEL: typTraBois
  ETAT: < Cabine de peinture >
  SOURCE: Utilisateur
-----
Esc --> Echappement
↑,↓, --> Curseur
=====NASS=====

```

## NOUVEAUX RESULTATS

```

===== Spécialiste courant =====
NOM: proExtin SPECIALITE: Détermination d'agents extincteurs
=====NASS=====

Rapport
-----
Le halon 1211 est très bien adapté:
Concentration entre 5 et 7 % pour la sécurité des personnes.
Ventiler le local après extinction.
Le halon 1301 très bien adapté:
Concentration entre 5 et 7 % pour la sécurité des personnes.
ventiler le local après extinction.
Moins toxique que le halon 1211.
-----NASS-----

Dé
Ex
  ^Q --> Quitter Nass
Esc
^Q --> Quitter Nass
-----NASS-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

```



## AF.1.2.7 Calcul de pertes

## ESTIMATION DES PERTES

Menu Principal  
 Expertise  
 Session

Infos Session  
 Fichier Session: NASS\_SES.CAS  
 Fichier Rapport: NASS\_RAP.TXT  
 des tâches: Coopérative  
 Intermédiaires : OUI

Expertise Focalisée  
 Analyse de risques  
Coûts  
 Moyens de réduction du risque

ESC --> Menu Précédent  
 ^Q --> Quitter Nass

NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
 (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Menu Principal  
Expertise  
 Session

Infos Session  
 Fichier Session: NASS\_SES.CAS  
 Fichier Rapport: NASS\_RAP.TXT  
 des tâches: Coopérative  
 Intermédiaires : OUI

Expertise Focalisée  
 Coûts  
Pertes potentielles directes(SRE, SMP)  
 Pertes potentielles indirectes  
 Coût du système de détection

ESC --> Menu Précédent  
 ^Q --> Quitter Nass

NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
 (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

NO Un réseau d'eau est adéquat et fiable s'il est capable de fournir sans caviter la demande en eau pour les besoins les plus élevés du site concerné en cas d'incendie.

Pe  
 Pe  
 Co

ESC  
 ^Q

question  
 le réseau d'eau est-il adéquat ?

réponse  
Oui  
 Non

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
 (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

NO

↑ Pression

. \* <--- courbe de besoin en eau

\* .

\* B .

A . <--- courbe de la source d'eau

> débit

en A densité en eau est très large par rapport au besoin  
en B le besoin en eau sont couverts mais la marge n'est pas grande.

question

la densité en eau disponible est-elle très large par rapport au besoin ?

réponse

Oui  
Non

? = autres réponses

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)

Raisonnement

Pe  
Pe  
Co

Esc  
AQ

question

Quelle est la branche d'industrie ?

réponse

Transformation primaire du métal  
Carrières de calcaire  
aéronautique  
Mines de charbon  
Transformation du métal-finition  
Industrie textile

? = autres réponses

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)

Raisonnement

Pe  
Pe  
Co

Esc  
AQ

question

Quelle est l'activité dans le bâtiment {cas aéronautique} ?

réponse

entretien, réparations, essais, peinture  
assemblage final  
calibrage d'instruments de mesure, électronique  
assemblage partiel  
ateliers, tôlerie, hydraulique, électricité

? = autres réponses

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP) NASS

Raisonnement

Pe  
Pe  
Co

Esc  
^Q

question

Quelle est la valeur des marchandises du bâtiment (en KF) ? NASS

réponse

10000 NASS

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP) NASS

Raisonnement

Pe  
Pe  
Co

Esc  
^Q

question

Quelle est la valeur des équipements du bâtiment (en KF) ? NASS

réponse

15000 NASS

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP) NASS

Raisonnement

Pe  
Pe  
Co

Esc  
^Q

question

Est-ce que les marchandises sont sensibles à l'eau ? NASS

réponse

Oui  
Non NASS

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP) NASS

Raisonnement

Pe  
 Pe  
 Co

Esc  
 ^Q

question

Est-ce que les équipements sont sensibles à l'eau ? NASS

réponse

Oui  
Non NASS

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
 (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP) NASS

Raisonnement

Pe  
 Pe  
 Co

Esc  
 ^Q

question

la position des équipements est-elle surélevée par rapport au sol ? NASS

réponse

Oui  
Non NASS

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
 (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP) NASS

Raisonnement

Pe  
 Pe  
 Co

Esc  
 ^Q

question

Quelle est la fragilité des marchandises aux fumées ? NASS

réponse

moyenne  
faible  
forte NASS

? = autres réponses NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Raisonnement	
Pe Pe Co	
Esc AQ	
question	
Quelle est la fragilité des équipements aux fumées ?	
NASS	
réponse	
<u>moyenne</u> faible forte	
NASS	
? = autres réponses	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

### RESULTATS DU SRE (Sinistre Raisonnement Escomptable)

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Rapport	
Montant du SRE pertes directes:	14450 KF
Réparties comme suit	
Le SRE incendie-----:	2700 KF
Le SRE dégâts des eaux-----:	1750 KF
Le SRE fumées-----:	10000 KF
Valeur en jeu-:	
-bâtiment-----:	5000 KF
-contenu-----:	10000 KF
-équipement--:	15000 KF
Pourcentage SRE incendie applicable au:	
-bâtiment--:	90 %
-contenu---:	90 %
-équipement:	90 %
Etendue du sinistre:	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Rapport	
-bâtiment--:	90 %
-contenu---:	90 %
-équipement:	90 %
Etendue du sinistre:	
surface sinistre incendie--:	100 m2
surface dégâts des eaux---:	500 m2
Paramètres:	
industrie-----:	aéronautique
bâtiment-----:	bac acier 1 léger
activité-----:	stockage
surface de la zone étudiée--:	500 m2
surface du bâtiment -----:	1000 m2
la zone est sprinklée-----:	OUI
stabilité au feu des cloisons de la zone:	2 h
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

## DIMINUONS LA FRAGILITE DES EQUIPEMENTS A LA FUMEE

Spécialiste courant						
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)						
NASS						
Phase d'exploitation   Coopérative						
Liste des questions de SreSmp						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Pe</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pe</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Co</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Esc</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">^Q</td></tr> </table>	Pe	Pe	Co	Esc	^Q	<p>NOM: la position des équipements est surélevée par rapport au sol            ETAT: &lt; NON &gt;            SOURCE: Utilisateur</p> <p>NOM: la fragilité des marchandises aux fumées            LABEL: fragMar            ETAT: &lt; moyenne &gt;            SOURCE: Utilisateur</p> <p>NOM: la fragilité des équipements aux fumées            LABEL: fragEq            ETAT: &lt; <u>moyenne</u> &gt;            SOURCE: Utilisateur</p>
Pe						
Pe						
Co						
Esc						
^Q						
-	<p>ESC --&gt; Echappement            ↑,↓, --&gt; Curseur</p>					
NASS						

Spécialiste courant						
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)						
NASS						
Phase d'exploitation   Coopérative						
Liste des questions de SreSmp						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Pe</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Pe</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Co</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Esc</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">^Q</td></tr> </table>	Pe	Pe	Co	Esc	^Q	<p>NOM: la position des équipements est surélevée par rapport au sol            ETAT: &lt; NON &gt;            SOURCE: Utilisateur</p> <p>NOM: la fragilité des marchandises aux fumées            LABEL: fragMar            ETAT: &lt; moyenne &gt;            SOURCE: Utilisateur</p> <p>NOM: la fragilité des équipements aux fumées            LABEL: fragEq            ETAT: &lt; <u>faible</u> &gt;            SOURCE: Utilisateur</p>
Pe						
Pe						
Co						
Esc						
^Q						
-	<p>ESC --&gt; Echappement            ↑,↓, --&gt; Curseur</p>					
NASS						

## NOUVEAUX RESULTATS

Spécialiste courant		
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)		
NASS		
Rapport		
Montant du SRE pertes directes:	9200	KF
Réparties comme suit		
Le SRE incendie-----:	2700	KF
Le SRE dégâts des eaux-----:	1750	KF
Le SRE fumées-----:	4750	KF
Valeur en jeu-:		
-bâtiment----:	5000	KF
-contenu-----:	10000	KF
-équipement--:	15000	KF
Pourcentage SRE incendie applicable au:		
-bâtiment--:	90	%
-contenu---:	90	%
-équipement:	90	%
Etendue du sinistre:		
NASS		
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000		

## AMELIORONS L'ENTRETIEN

Spécialiste courant		
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)		
NASS		
Phase d'exploitation   Coopérative		
Liste des questions de SreSmp		
Pe	NOM:	la procédure de contrôle des travaux de découpe et
Pe	ETAT:	< NON >
Co	SOURCE:	Utilisateur
Esc	NOM:	il y a des poteaux incendie et robinets d'incendie
^Q	ETAT:	< OUI >
	SOURCE:	Utilisateur
	NOM:	l'entretien est satisfaisant
	ETAT:	< <i>NON</i> >
	SOURCE:	Utilisateur
Esc --> Echappement		
↑,↓, --> Curseur		
NASS		

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Phase d'exploitation   Coopérative	
Liste des questions de SreSmp	
Pe Pe Co	NOM: la procédure de contrôle des travaux de découpe et par points chauds est satisfaisante
	ETAT: < NON >
	SOURCE: Utilisateur
Esc ^Q	NOM: il y a des poteaux incendie et robinets d'incendie armés en nombre suffisant
	ETAT: < OUI >
	SOURCE: Utilisateur
	NOM: l'entretien est satisfaisant
	ETAT: < <u>OUI</u> >
	SOURCE: Utilisateur
Esc --> Echappement	
↑,↓, --> Curseur	
NASS	

### NOUVEAUX RESULTATS

Spécialiste courant	
NOM: sre SPECIALITE: Estimation des pertes directes (SRE ou SMP)	
NASS	
Rapport	
Montant du SRE pertes directes:	7200 KF
Réparties comme suit	
Le SRE incendie-----:	2700 KF
Le SRE dégâts des eaux-----:	1750 KF
Le SRE fumées-----:	2750 KF
valeur en jeu-:	
-bâtiment----:	5000 KF
-contenu-----:	10000 KF
-équipement--:	15000 KF
Pourcentage SRE incendie applicable au:	
-bâtiment--:	90 %
-contenu---:	90 %
-équipement:	90 %
Etendue du sinistre:	
NASS	

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000



### AF.1.2.8 Exploitation de programmes classiques

#### EXEMPLE DE MISE EN OEUVRE DE PROGRAMMES EXTERNES

Invitation à créer les objets de travail de départ

Menu Principal Expertise Session Contextes <u>Instances</u> Objets de travail Variables globales Spécialistes Modifications Quitter Nass Info Nass	Infos Session Fichier Session: NASS_SES.CAS Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT Exécution des tâches: Coopérative Rapports intermédiaires : OUI
--	---

-----

Voulez-vous créer des instances de départ (O/N)

-----

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
 (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

#### MODES DE PRESENTATIONS POSSIBLES DES CONTEXTES

Menu Principal Expertise Session Co In Ob Va Sp MO Qu In	Opérations sur Contextes Hiérarchie des Contextes <u>Morphologie des Contextes</u> Contextes Libres ESC --> Menu Précédent ^Q --> Quitter Nass	Infos Session Fichier Session: NASS_SES.CAS Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT es tâches: Coopérative termédiaires : OUI
--	---	---

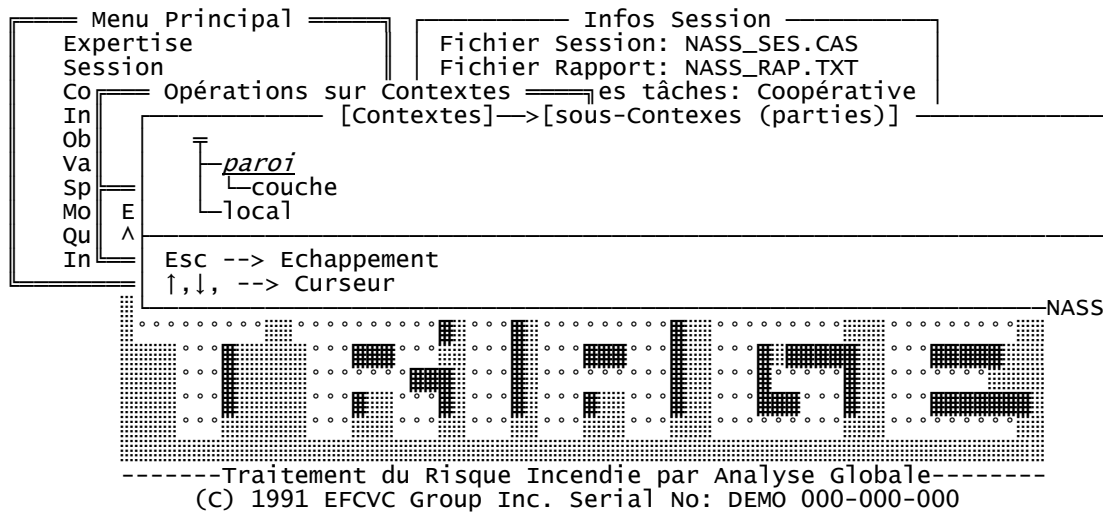
-----

Voulez-vous créer des instances de départ (O/N)

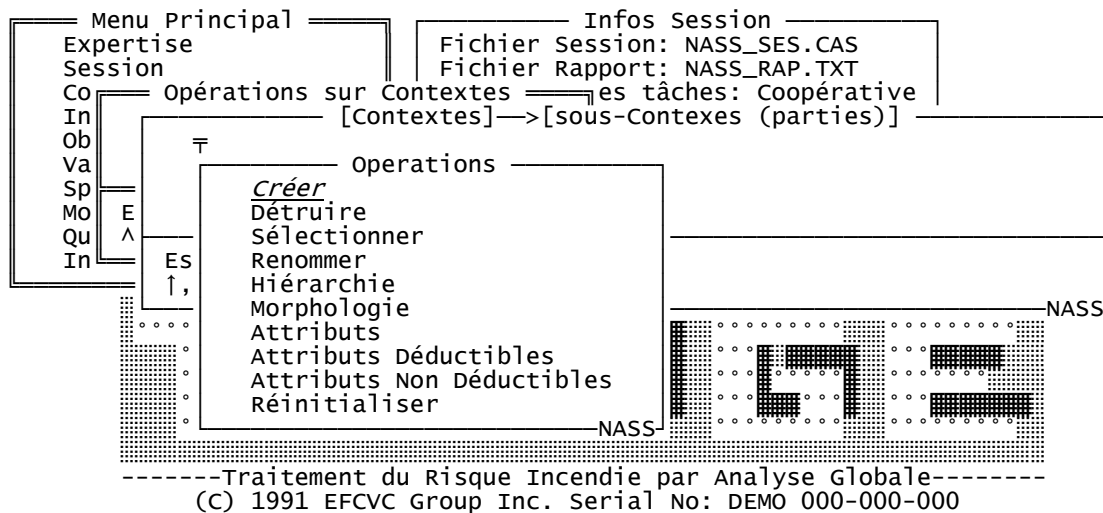
-----

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
 (C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## MORPHOLOGIE POUR LE CAS COURANT



## OPERATIONS POSSIBLES SUR UN CONTEXTE OU UNE INSTANCE





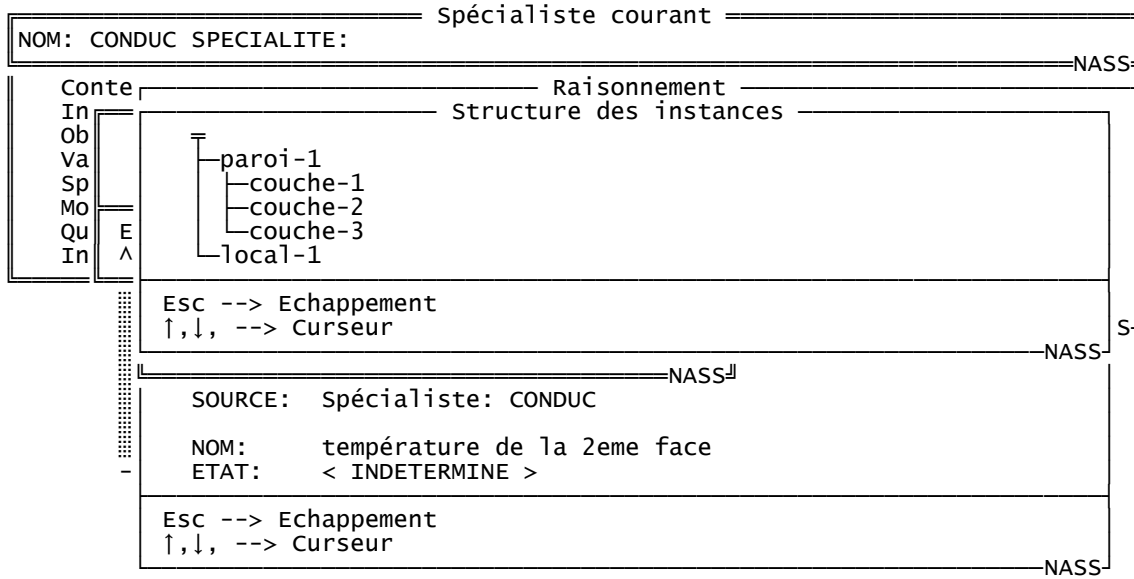
## ATTRIBUTS DEDUCTIBLES DE LA PAROI A L'ETUDE

Menu Principal		Infos Session	
Expertise		Fichier Session: NASS_SES.CAS	
Session		Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT	
Contextes		Exécution des tâches: Coopérative	
In		Attributs de paroi-1 (déductibles)	
Ob		NOM: orientation	
Va		ETAT: < INDETERMINE >	
Sp		SOURCE: Spécialiste: CONDOC	
Mo			
Qu	E	NOM: température initiale de la 2eme face	
In	^	UNITE: °C	
		ETAT: < INDETERMINE >	
		SOURCE: Spécialiste: CONDOC	
		NOM: temps pour la 2eme face	
		ETAT: < INDETERMINE >	
		SOURCE: Spécialiste: CONDOC	
		NOM: température de la 2eme face	
		ETAT: < <u>INDETERMINE</u> >	
		Esc --> Echappement	
		↑,↓, --> Curseur	
			NASS

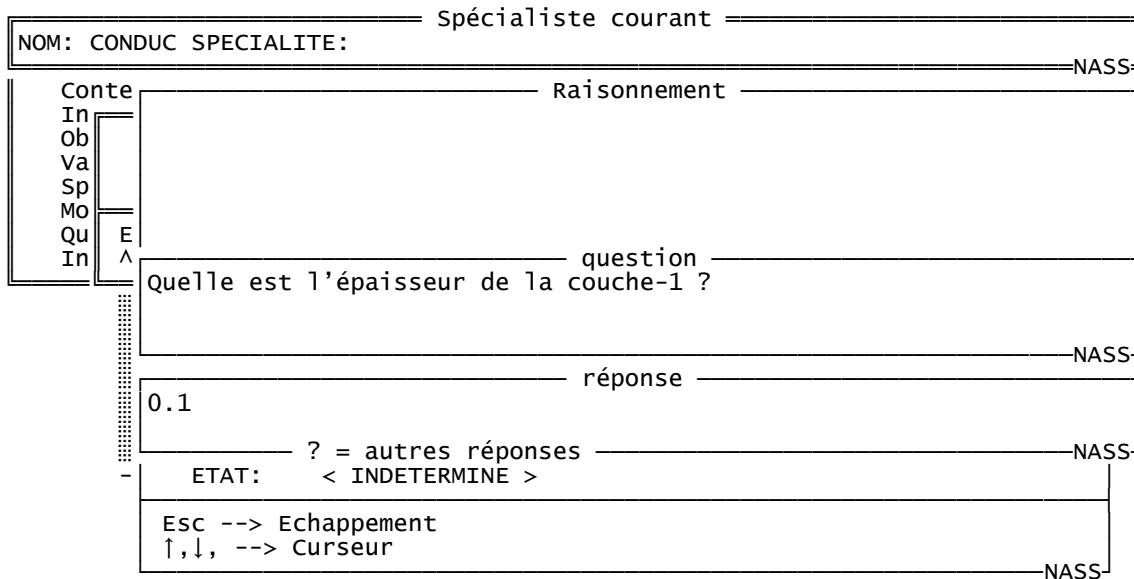
## INVITATION A CREER UNE CLASSE PRECISE D'OBJET

		Spécialiste courant	
NOM: CONDOC SPECIALITE:			
		NASS	
Conte		Raisonnement	
In			
Ob			
Va			
Sp			
Mo			
Qu	E	Il faudrait CREER ou CHOISIR un local	
In	^		
		NASS	
		NASS	
		^Q --> Quitter Nass	
		NASS	
		SOURCE: Spécialiste: CONDOC	
		NOM: température de la 2eme face	
		ETAT: < INDETERMINE >	
		Esc --> Echappement	
		↑,↓, --> Curseur	
		NASS	

## NOUVELLE STRUCTURE DES INSTANCES APRES CREATION DU LOCAL



## SUITE DU RAISONNEMENT



Spécialiste courant

---

NOM: CONDOC SPECIALITE: NASS

Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	E ^	Raisonnement
question		
Quel est le matériau de la couche-1 ? <span style="float: right;">NASS</span>		
réponse		
FIBERFRAX DURABLANKET 128KG FENDOLITE MII- ISO <i>CARREAU DE PLATRE PLEIN</i> FENDOLITE MII- HYDROCARBURE BETON CELLULAIRE DOSSALACK- HYDROCARBURE ? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>		

NASS

Spécialiste courant

---

NOM: CONDOC SPECIALITE: NASS

Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	E ^	Raisonnement
question		
Quelle est l'épaisseur de la couche-2 ? <span style="float: right;">NASS</span>		
réponse		
0.05 <span style="float: right;">NASS</span>		
? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>		
ETAT: < INDETERMINE >		
Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur		

NASS

Spécialiste courant

---

NOM: CONDOC SPECIALITE: NASS

Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	E ^	Raisonnement
question		
Quelle est l'épaisseur de la couche-3 ? <span style="float: right;">NASS</span>		
réponse		
0.1 <span style="float: right;">NASS</span>		
? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>		
ETAT: < INDETERMINE >		
Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur		

NASS

Spécialiste courant	
NOM: CONduc SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quel est le modèle d'incendie ?
	réponse
	Incendie Naturel Incendie ISO ? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>
	ETAT: < INDETERMINE >
	Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>

Spécialiste courant	
NOM: CONduc SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quelle est la durée de la simulation ?
	réponse
	120 ? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>
	ETAT: < INDETERMINE >
	Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>

Spécialiste courant	
NOM: CONduc SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quelle est la longueur local local-1 ?
	réponse
	20 ? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>
	ETAT: < INDETERMINE >
	Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>

Spécialiste courant	
NOM: CONDOC SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quelle est la hauteur local local-1 ?
	réponse
	2.5
? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>	
- ETAT: < INDETERMINE >	
Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>	

Spécialiste courant	
NOM: CONDOC SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quelle est la largeur local local-1 ?
	réponse
	10
? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>	
- ETAT: < INDETERMINE >	
Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>	

Spécialiste courant	
NOM: CONDOC SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quel(le) est somme des largeurs des ouvertures local local-1 ?
	réponse
	20
? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>	
- ETAT: < INDETERMINE >	
Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>	



Spécialiste courant	
NOM: CONDUC SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quelle est la hauteur moyenne des ouvertures local local-1 ? <span style="float: right;">NASS</span>
	réponse
	2 <span style="float: right;">NASS</span>
-	? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>
	ETAT: < INDETERMINE >
	Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>

Spécialiste courant	
NOM: CONDUC SPECIALITE: <span style="float: right;">NASS</span>	
Conte In Ob Va Sp Mo Qu In	Raisonnement
	question
	Quel(le) est charge incendie local local-1 ? <span style="float: right;">NASS</span>
	réponse
	180 <span style="float: right;">NASS</span>
-	? = autres réponses <span style="float: right;">NASS</span>
	ETAT: < INDETERMINE >
	Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur <span style="float: right;">NASS</span>

Spécialiste courant	
NOM: CONDOC SPECIALITE: _____	
Conte	Raisonnement
In	
Ob	
Va	
Sp	
Mo	
Qu	
In	
E	question
^	Quel est le matériau de construction local local-1 ?
	_____
	réponse
	<u>BETON CELLULAIRE</u> BETON DE GRANULATS DE MOSELLE BETON DE GRANULATS SILICEUX BLOC ACIER - PROPRIETES CONSTANTES BETON DE GRANULATS CALCAIRES BRIQUE ORDINAIRE PLEINE
	_____ ? = autres réponses
	_____

### DEVELOPPEMENT D'INCENDIE NATUREL DANS LE LOCAL 1

Programme externe tasnat.exe	
_____	
_____	

Spécialiste courant	
NOM: CONDOC SPECIALITE: _____	
Conte	Raisonnement
In	
Ob	
Va	
Sp	
Mo	
Qu	
In	
E	question
^	Quel(le) est émissivité de la 1ere face paroi paroi-1 ?
	_____
	réponse
	0.9
	_____ ? = autres réponses
	ETAT: < INDETERMINE >
	Esc --> Echappement ↑,↓, --> Curseur
	_____

Spécialiste courant	
NOM: CONduc	SPECIALITE:
Conte	Raisonnement
In	
Ob	
Va	
Sp	
Mo	
Qu	
In	
E ^	question
	Quel est le type paroi paroi-1 ?
	réponse
	<i>verticale</i>
	Horizontale
	? = autres réponses
	ETAT: < INDETERMINE >
	Esc --> Echappement
	↑,↓, --> Curseur

### MAILLAGE DES TROIS COUCHES CREE PAR LE PROGRAMME EXTERNE

Programme externe conduc.exe	
MAILLAGE	:
COUCHE N° 1 :	4 Mailles
COUCHE N° 2 :	6 Mailles
COUCHE N° 3 :	4 Mailles
PAS DE TEMPS DU CALCUL :	
	180.00 secondes

Menu Principal		Infos Session	
Expertise		Fichier Session: NASS_SES.CAS	
Session		Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT	
Contextes		Exécution des tâches: Coopérative	
In		Attributs de paroi-1 (déductibles)	
Ob		NOM: orientation	
Va		ETAT: < 1 >	
Sp		SOURCE: Spécialiste: CONduc	
Mo		NOM: température initiale de la 2eme face	
Qu		UNITE: °C	
In		ETAT: < 20 >	
E ^		SOURCE: Spécialiste: CONduc	
		NOM: temps pour la 2eme face	
		ETAT: < 120 >	
		SOURCE: Spécialiste: CONduc	
		NOM: température de la 2eme face	
		ETAT: < 20.004 >	
		Esc --> Echappement	
		↑,↓, --> Curseur	

## TEMPERATURE ET DUREE D'INCENDIE CALCULES POUR LE LOCAL 1

C'est le module appelé CONDOC qui contient l'interface avec le programme externe TASNAT qui fait les calculs relatifs au développement naturel du feu dans le local. C'est pourquoi son nom est indiqué comme le spécialiste source pour cette tâche.

```

Menu Principal
Expertise
Session
Contextes
In
Ob
Va
Sp
Mo
Qu
In
E
^

Infos Session
Fichier Session: NASS_SES.CAS
Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT
Exécution des tâches: Coopérative

Attributs de local-1 (déductibles)
NOM: durée incendie
ETAT: < 32.727 >
SOURCE: granule 24 (Spécialiste: CONDOC)

NOM: température maximum du feu
ETAT: < 1126.485 >
SOURCE: granule 24 (Spécialiste: CONDOC)

Esc --> Echappement
↑,↓, --> Curseur

-----
NASS
-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000
  
```

### AF.2 Fonctionnement des modules purement réglementaires

#### EXPERTISE FOCALISEE SUR LES EQUIPEMENTS FONCTIONNELS

```

Menu Principal
Expertise
Session
Expertise Focalisée
Analyse de risques
Coûts
Moyens de réduction du risque

Infos Session
Fichier Session: NASS_SES.CAS
Fichier Rapport: NASS_RAP.TXT
des tâches: Coopérative
ntermédiaires : OUI

Esc --> Menu Précédent
^Q --> Quitter Nass

-----
NASS
-----
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000
  
```

## ELECTRICITE

Menu Principal

Expertise Session

Expertise Focalisée

Moyens de réduction du risque Fonctionnel

Réglementation Electricité 1

Réglementation Electricité 2

Réglementation Chauffage

Réglementation Thermique

Infos Session

Fichier Session: NASS\_SES.CAS

Fichier Rapport: NASS\_RAP.TXT

des tâches: Coopérative

aires : OUI

NASS

Esc --> Menu Précédent

^Q --> Quitter Nass

NASS

Esc --> Menu Précédent

^Q --> Quitter Nass

NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

## QUESTIONS

Spécialiste courant

NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection

NASS

Raisonnement

Ré

Ré

Ré

Ré

question

Esc

^Q

Quel est le sujet à étudier ?

NASS

réponse

Esc

^Q

Production-Transformation

Câblage-Distribution

Protection électrique

Appareillage

Installations de sécurité

? = autres réponses

NASS

Spécialiste courant

NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection

NASS

Raisonnement

Ré

Ré

Ré

Ré

question

Esc

^Q

Quel(le) est l'élément de sécurité à étudier ?

NASS

réponse

Esc

^Q

Eclairage de sécurité

Détection incendie

Protection incendie

? = autres réponses

NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Raisonnement	
Ré	
Ré	
Ré	
Ré	
Esc ^Q	question Quel(le) est l'association d'éléments relative à l'éclairage de sécurité à étudier ?
NASS	
Esc ^Q	réponse
⋮	<u>Eclairage de sécurité</u>
-	Eclairage de sécurité-Accumulateurs
	Eclairage de sécurité-Générateurs
	Eclairage de sécurité-Câbles
	? = autres réponses
NASS	

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Raisonnement	
Ré	
Ré	
Ré	
Ré	
Esc ^Q	question Quel(le) est l'élément (6) que vous désirez étudier ?
NASS	
Esc ^Q	réponse
⋮	protection contre les court-circuits,contacts indirects...
-	réaction au feu des appareils d'éclairage de sécurité
	classification des éclairages de sécurité
	<u>obligation d'éclairage d'ambiance</u>
	obligation d'éclairage de balisage
	lampes à décharge pour éclairage de sécurité
	? = autres réponses
NASS	

## RESULTATS DU MODULE ELECTRIQUE

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Rapport	
Sujet à étudier: Installations de sécurité	
Elément à étudier: Eclairage de sécurité	
Association d'éléments à étudier: Eclairage de sécurité	
ANALYSE DU PROBLEME ELECTRIQUE	
Problème posé: obligation d'éclairage d'ambiance	
Référence: réglementation E.R.P. (EC7)	
NASS	

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Rapport	
Critères de sélection: effectif par local:>100 personnes (étage ou Rdc) ou >50 personnes (sous-sol)	
Type d'équipement à retenir: flux lumineux minima:5 lumens/m2 - éclairage uniforme - dans les couloirs et dégagements,espacement maximal des foyers lumineux:15 m	
Commentaires: Les appareils assurant le balisage peuvent contribuer à l'éclairage d'ambiance	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

### RESULTATS DE LA PROTECTION ELECTRIQUE

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Rapport	
Sujet à étudier: Protection électrique	
Elément à étudier: Surveillance et coupure	
ANALYSE DU PROBLEME ELECTRIQUE	
Origine des surintensités: court-circuit	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité,Protection	
NASS	
Rapport	
Définition: liaison accidentelle de résistance négligeable entre 2 conducteurs à des potentiels différents	
Conséquences de l'absence de protection: courants de grande intensité susceptibles de faire fondre les conducteurs et provoquer des dégâts aux objets avoisinants	
Dispositifs de protection: coupe circuits à fusibles type AM,gF,gT,gI,gII,ou disjoncteurs ou discontacteurs équipés de relais magnétiques	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

(suite)

Spécialiste courant	
NOM: ELECPLUS SPECIALITE: Réglementation Electricité, Protection	
NASS	
Rapport	
Conséquences de l'absence de protection:	
courants de grande intensité susceptibles de faire fondre les conducteurs et provoquer des dégâts aux objets avoisinants	
Dispositifs de protection:	
coupe circuits à fusibles type AM,gF,gT,gI,gII,ou disjoncteurs ou discontacteurs équipés de relais magnétiques	
Critères de sélection:	
pouvoir de coupure du dispositif - courant de fonctionnement en 5 secondes (fusibles) - seuil de fonctionnement magnétique (disjoncteurs)	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

### THERMIQUE

Spécialiste courant	
NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique	
NASS	
Raisonnement	
Ré Ré Ré Ré	
Esc ^Q	question
Quel est le sujet à étudier ?	
NASS	
Esc ^Q	réponse
<u>Production de chaleur</u> Eau chaude sanitaire Aéraulique	
⋮	? = autres réponses
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant	
NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique	
NASS	
Raisonnement	
Ré Ré Ré Ré	
Esc ^Q	question
Quel est le mode de production de chaleur ?	
NASS	
Esc ^Q	réponse
Combustion <u>Echange ou mélange</u>	
⋮	? = autres réponses
NASS	
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	



Spécialiste courant

NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique NASS

---

Phase d'exploitation Coopérative |

Liste des questions de FonTherm

Ré  
Ré  
Ré  
Ré

NOM: le sujet à étudier  
LABEL: SUJET  
ETAT: < Production de chaleur >  
SOURCE: Utilisateur

ESC  
^Q

question  
Quel est le type de bâtiments ? NASS

ESC  
^Q

réponse

E.R.P.  
I.G.H.  
Habitation  
Bureaux

? = autres réponses NASS

↑,↓, --> Curseur NASS

Spécialiste courant

NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique NASS

---

Raisonnement

Ré  
Ré  
Ré  
Ré

question  
Quelle est la puissance utile des appareils de production (en kw) ? NASS

ESC  
^Q

réponse

15 NASS

? = autres réponses NASS

-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----  
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant

NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique NASS

---

Raisonnement

Ré  
Ré  
Ré  
Ré

question  
Quel est le type d'installation ? NASS

ESC  
^Q

réponse

Haute Pression  
Haute Température  
Basse Pression  
Basse Température

? = autres réponses NASS

Spécialiste courant	
NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique	
NASS	
Raisonnement	
Ré	
Ré	
Ré	
Ré	
Esc	question
ΛQ	le fluide primaire est-il de la vapeur ?
NASS	
Esc	réponse
ΛQ	<i>Oui</i> Non
NASS	
? = autres réponses	
-----Traitement du Risque Incendie par Analyse Globale-----	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

### RESULTATS DU MODULE THERMIQUE

Spécialiste courant	
NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique	
NASS	
Rapport	
ANALYSE DE LA SOUS-STATION	
JUSTIFICATION	
Une sous-station est nécessaire: NON	
IMPLANTATION	
Selon l'arrêté du 23 Juin 1978	
Pas de contrainte particulière	
ENVIRONNEMENT	
Pas de communication directe avec des locaux et dégagements	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant	
NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique	
NASS	
Rapport	
accessibles au public.	
Séparation par un sas à portes pleines, comportant une	
ventilation haute débouchant directement sur l'extérieur et	
d'une surface de 4 [dm <sup>2</sup> ] au moins.	
ACCES A LA SOUS-STATION	
Nombre d'accès directs depuis l'extérieur: 1	
Sens d'ouverture:	
De l'intérieur vers l'extérieur. Les portes doivent pouvoir être	
ouvertes de l'intérieur même si le dispositif permettant le	
verrouillage est fermé.	
VENTILATION	
NASS	
(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000	

Spécialiste courant  
 NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique NASS

Rapport

Introduction d'air frais:  
 -en partie basse  
 -prises d'air protégées par grillage  
 Evacuation de l'air:  
 -en partie haute  
 -vers l'extérieur

Eléments de détermination du débit de ventilation:  
 -température ambiante de la sous-station inférieure à 30 [°C].

RESEAU PRIMAIRE

Implantation du réseau primaire Haute Pression:  
 Tuyauteries à l'extérieur des bâtiments NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

Spécialiste courant  
 NOM: therm SPECIALITE: Réglementation Incendie de la Thermique NASS

Rapport

ou tuyauteries en gaines techniques placées dans des locaux non accessibles au public

PREVENTION  
 Dans un endroit facilement accessible et parfaitement signalé, prévoir :  
 -un dispositif d'arrêt de l'admission du réseau primaire  
 -un dispositif de commande des circuits électriques NASS

(C) 1991 EFCVC Group Inc. Serial No: DEMO 000-000-000

**REFERENCES**

- [1] - **CURTAT, M.** *Point sur les méthodes d'analyse de la sécurité incendie*. Champs-Sur-Marne (Fr.) : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1989. 225 p.
- [2] - **HARMATY, T.Z.** *Fire Safety : Science and engineering*. Philadelphia : ASTM, 1985. 432 p.
- [3] - **CLUZEL, D. SARRAT, P.** *Evaluation du Risque Incendie par le Calcul : Méthode ERIC*. ST-REMY LES CHEVREUSE (Fr.) : Union Technique Inter-professionnelle, novembre 1978. Contrat de la Direction de la Sécurité Civile no 78-73-017. 46 p.
- [4] - **GUYONNET, J-F. DETRICHE, P. LANORE, J-C. LAUWICK, B.** *La maîtrise de l'incendie dans les bâtiments*. Paris (Fr.) : Maloine S.A., 1983. 307 p.
- [5] - **MOTTIER, C.G. HETRIAU, M.** La gestion des risques de l'entreprise. *Revue Générale de Sécurité*, février 1984, no.31, p.53-54.
- [6] - **MID. (Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation).** *Règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux établissements recevant du public*. Paris (Fr.) : France-Sélection, 1986. 327 p.
- [7] - **NEWELL, A. SIMON, H.A.** *Human Problem Solving*. New Jersey (USA) : Englewood Cliffs Prentice Hall, 1972, 920 p.
- [8] - **HARMATY, T.Z.** Fire Severity : Basis of Fire Safety Design. *In : Fire Safety of Concrete Structures*. American Concrete Institute, 1983, SP-80. p.115-149.
- [9] - **SIMON, H.A.** *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, Massachusetts (USA) : MIT Press, 1969.
- [10] - **WALLISER, B.** *Systèmes et modèles*. Paris (Fr.) : Seuil, 1977. 247 p.
- [11] - **GLEIZES, M.P. GLIZE, P.** *Les systèmes multi-experts*. Paris (Fr.) : Hermès, 1990. 61 p.
- [12] - **LAASRI, H. MAITRE, B. F. HATON, J.P.** Organisation, Coopération et Exploitation des Connaissances dans les Architectures de Blackboard : ATOME. *In : Actes des 8èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications*. Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.3, p.371-390.
- [13] - **FARRENY, H.** *Les systèmes experts : principes et exemples*. Toulouse (Fr.) : CEPADUES-Editions, 1985. 254 p.

- [14] - **CNPP (Ed.)**. *La maîtrise des risques*. Paris (Fr.) : CENTRE NATIONAL DE PREVENTION ET DE PROTECTION, octobre 1979, fiches no.156-161.
- [15] - **KRUPPA, J.** *Nouvelle approche de la réalisation au feu des éléments de construction*. Paris(Fr.) : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1986. 10 p.
- [16] - **BALDASSARA, C.F. ROMINE, L.M.** An analytical approach to fire protection engineering. *Building Design & Construction*, March 1988, p.132-135.
- [17] - **BENOURAICH, J. RIVIERE, Y.** *Comparaison de méthodes d'analyse de risque en sécurité incendie*. ST-REMY LES CHEVREUSE (Fr.) : Centre Technique et Industriel de la Construction Métallique, 1986. Rapport no 1006-4.
- [18] - **BESSIS, J.** *La probabilité et l'évaluation des risques*. Paris (Fr.) : Masson, 1984. 132 p.
- [19] - **LING, W-C. T.** *Application of Probabilistic Network to Fire Protection*. Thèse doctorat Science : University of California, Berkley, 1982. 119 p.
- [20] - **SCHEILDS, T.L. SILCOCK, G.W.H. DONEGAN, H.A. BELL, Y.A.** Methodological Problems Associated with the Use of the Delphi Technique. *Fire Technology*, vol.23, no.3, August 1987, p.175-185.
- [21] - **LAMERE, J.M.** *La sécurité informatique : Approche méthodologique*. Paris (Fr.) : Dunod, 1985. 205 p.
- [22] - **LAMERE, J.M. LEROUX, Y. TOURLY.** *La sécurité des réseaux : Méthodes et techniques*. Paris (Fr.) : Dunod, 1987. 372 p.
- [23] - **JEANNETTE, J.P. LIMNIOS, N.** Méthodes actuelles d'analyse de la sûreté des systèmes. *Revue Générale de Sécurité* , avril 1985, No.43, p.46-52.
- [24] - **CANTER, D. (Ed.)**. *Fires and Human Behavior*. New-York (USA) : John Willey & Sons, 1980. 338 p.
- [25] - **MIRAMOND, M.** *Méthodologie de conception de bâtiment*. Thèse de doctorat ès-sciences : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (Fr.), 1981. 208 p.
- [26] - **LMGCU INSA Lyon. LGCH Université de Savoie.** *X2A : pour un système de conception assistée par ordinateur en avant-projet sommaire de Bâtiment*. Lyon (Fr.) : Institut National des Sciences Appliquées - Laboratoire Méthodes, 1987. Rapport PLAN CONSTRUCTION no 84-61-012-00-223-75-01. 80 p.
- [27] - **DAGHOUM, M.** *Vers une méthodologie d'aide à la conception des bâtiments au niveau d'un avant-projet sommaire selon une démarche performancielle*. Thèse doctorat science : Ecole centrale des Arts et Manufactures, Chatenay-Malabry (Fr.), 1988. 390 p.
- [28] - **WINSTON, P.H.** *Artificial Intelligence*. Londres (Angl.) : Addison Wesley, 1984. 527 p.

- [29] - **HAYES-ROTH, F. WATERMAN, D. LENAT, D. (Ed.)**. *Building Expert systems*. Londres (Angl.) : Addison Wesley, 1983. 444 p.
- [30] - **LE MOIGNE, J.L.** *La théorie du système général - Théorie de la modélisation*. Paris (Fr.) : P.U.F. 1983. 258 p.
- [31] - **COOPER, D. CHAPMAN, C.** *Risk Analysis For Large Projects : Methods, Models and Cases* . New-York (USA.) : John Wiley & Sons, 1987. 260 p.
- [32] - **BONNET, A.** *L'intelligence artificielle, promesses et réalités*. Paris (Fr.) : InterEditions, 1984. 272 p.
- [33] - **FEIGENBAUM, E. Mc CORDUCK, P.** *La cinquième génération*. Paris (Fr.) : InterEditions, 1984. 310 p.
- [34] - **BENCHIMOL, G. LEVINE, P. POMEROL, JC.** *Les systèmes experts dans l'entreprise*. Paris (Fr.) : Hermès, 1986. 219 p.
- [35] - **BOBROW, D.G. MITTAL, S. STEFIK, M.J.** Expert systems : Perils and Promise. *ACM Computing Practices*, September 1986, Vol.29, No.9. p.880-894.
- [36] - **SABAH, G.** *L'intelligence artificielle et le Langage - volume 1: Processus de compréhension*. Paris (Fr.) : Hermès, 1988. 352 p.
- [37] - **PIAGET, J.** *L'épistémologie génétique*. Paris (Fr.) : P.U.F. (Que sais-je ?), 1970. 123 p.
- [38] - **MORIN, E.** *La méthode, tome 3 : La connaissance de la connaissance*. Paris (Fr.) : Seuil ; 1986. 236 p.
- [39] - **SABAH, G.** *L'intelligence artificielle et le Langage - volume 2: Représentation des connaissances*. Paris (Fr.) : Hermès, 1989. 411 p.
- [40] - **VOGEL, C.** *Génie cognitif*. Paris (Fr.) : Masson, 1988. 200 p.
- [41] - **SCHREIBER, G. BREUKER, J. BREDEWEG, B. WIELINGA, B.** Modelling in KBS Development. In : *Actes des 8èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications*. Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.1, p.283-296.
- [42] - **BISSERET, A.** *Les activités de conception et leur assistance*. Roquencourt (Fr.) : INRIA, 1988. Projet de Psychologie Ergonomique. 11 p.
- [43] - **MOSTOW, J.** Rutgers Workshop on Knowledge Based Design. *Sigart Newsletter*, October 1984, No.90, p.19-32.
- [44] - **MOSTOW, J.** Toward Better Models of the Design Process. *The AI Magazine*, Spring 1985. p.44-57.
- [45] - **KALAY, Y.E. SWERDLOFF, L.M. HARFMANN, A.C.** A Knowledge-Based Computable Model of Design. In : *Expert Systems in Computer-Aided Design*. Edited by J. Gero.( North Holland) : IFIP, 1987. p.203-227.

- [46] - **GASCUEL, O.** Un système expert pour la réalisation de diagnostics. *Technique et Science Informatiques*, 1985, Vol.4, No.4. p.359-372.
- [47] - **LAURIERE, J.L.** Un langage déclaratif: SNARK. *Techniques et Science Informatiques*, 1986, Vol.5, No.3, p.141-172.
- [48] - **MONTALBAN, M.** *Prise en compte de spécifications en ingénierie : Application aux systèmes experts.* Thèse de doctorat science : Université de Nice (Fr.), 1987. 176 p.
- [49] - **DOHENY, J. G. MONAGHAN, P.F.** IDABES : An expert system for the preliminary stages of conceptual design of building energy systems. *Artificial Intelligence in Engineering*, 1987, Vol.2, No.2, p.54-64.
- [50] - **RIEU, D. NGUYEN, G.T.** Semantics of CAD Objects for Generalized Databases. In : *23rd Design Automation Conference*, Las Vegas, July 1986. IEEE, Paper No.3.2. p.34-40.
- [51] - **NGUYEN, G.T. RIEU, D.** Expert Database Support for consistent Dynamic Objects. In : *Proceedings of the 13th VLDB Conference*, Brighton (Angl.), 1987. p.493-500.
- [52] - **ABITEBOUL, S. HULL, R.** IFO : A Formal Semantic Database Model. *ACM Transactions on Database Systems*, Vol.12, No.4, December 1987. p.525-565.
- [53] - **ADIBA, M.E.** Modelling Complex Objects for Multimedia Databases. In : *Proceedings of the 5th International Conference on Entity-Relationship Approach*, Dijon, November 1986. p.89-117.
- [54] - **BLACK, W.J.** *Les systèmes intelligents basés sur la connaissance.* Paris (Fr.) : Masson, 1988. 180 p.
- [55] - **HAYES-ROTH, B.** A Blackboard Architecture for control. In : *Artificial Intelligence*, Part.26. Amsterdam (North-Holland) : Elsevier, 1985. p.251-321.
- [56] - **MAITRE, B. LAASRI, H. MONDOT, T. CHARPILLET, F. HATON, J.P.** Coordination des Sources de Connaissances dans un Univers incomplet et Evolutif : Etudes & réalisation dans Atome. In : *Actes des 9èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications.* Avignon (Fr.) : EC2, juin 1989, Vol.3, p.237-251.
- [57] - **HART, A.** Knowledge Elicitation : Issues and methods. *Computer-Aided Design*, 1985, Vol.17, No.9. p.455-462.
- [58] - **RENDELL, L. POWELL, B. CHO, H. SESHU, R.** Improving the Design of Rule-Learning Systems. In : *Actes des 8èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications.* Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.2, p.587-607.

- [59] - **INOUE, K.** Pruning Search Trees in Assumption-Based Reasoning. *In : Actes des 8èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications.* Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.1, p.133-151.
- [60] - **ZADEH, L.A.** Fuzzy Sets. *Information and Control*, 1965, Vol.8, p.338-353.
- [61] - **AYYUB, B.M. HALDAR, A.** Project Scheduling Using Fuzzy Set Concepts. *Journal of Construction Engineering and Management*, June 1984, Vol.110, No.2. ASCE, Paper No.18889. p.189-203.
- [62] - **CARBONELL, J.G.** *Derivational Analogy : A theory of Reconstructive Problem Solving and Expertise Acquisition.* Pittsburgh (USA) : Carnegie Mellon University, Computer Science Department, march 1985. 22 p. Rapport No.CMU-CS-85-115.
- [63] - **RAULT, J.C.** Les systèmes experts : perspectives industrielles. *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, 1984. No.97.
- [64] - **TARDIEU, H. NANCI, D. PASCOT, D.** *Conception d'un système d'information : Construction de la base de données.* Paris (Fr.) : Editions d'Organisation, 1980. 192 p.
- [65] - **TARDIEU, H. ROCHEFELD, A. COLLETTI, R.** *La méthode MERISE : principes et outils.* Paris (Fr.) : Editions d'Organisation, 1984. 318 p.
- [66] - **KALAY, Y.E.** Redefining the role of computers in architecture : from drafting/modelling tools to knowledge-based design assistants. *Computer-Aided Design*, September 1985, Vol.17. No.7. p.319-328.
- [67] - **HART, A.** *Acquisition du savoir pour les systèmes experts.* Paris (Fr.) : Masson, 1988. 142 p.
- [68] - **MANGIN, J.C.** *Construction d'un système expert vue par l'expert : rapports avec l'ingénieur cognitif.* CHAMBERY (Fr.) : Université de Savoie - Laboratoire Génie Civil et Science de l'Habitat, 1984. 11 p. Rapport de laboratoire.
- [69] - **OLSON, J.R. REUTER, H.H.** Extracting expertise from experts : Methods for knowledge acquisition. *Expert Systems*, august 1987, Vol.4, No.3. p.152-168.
- [70] - **KAHNEMAN, D. TVERSKY, A.** On the Psychology of Prediction. *Psychological Review*, 1973, Vol.80, No.4, p.237-251.
- [71] - **D'CRUZ, N.A. RADFORD, A.D.** A Multicriteria Model for Building Performance and Design. *Building and Environment*, 1987, Vol.22, No.3, p.167-179.
- [72] - **LE GAUFFRE, P.** *Méthodologie de Conception et Intelligence Artificielle en Bâtiment. Etudes pour un Système Multi-Expert d'aide à la décision.* Thèse de doctorat science : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 1988. 214 p.



- [73] - **TVERSKY, A. KAHNEMAN, D.** Judgment under Uncertainty : Heuristics and Biases. *Science*, September 1974, Vol.185, p.1124-1131.
- [74] - **TVERSKY, A. KAHNEMAN, D.** Availability : A Heuristic for Judging Frequency and Probability. *Cognitive Psychology*, 1973, Vol.5, p.207-232.
- [75] - **SPETZLER, C.S. HOLSTEIN, C.S.** Probability Encoding in Decision Analysis. *Management Science*, November 1975, Vol.22, No.3, p.340-358.
- [76] - **COULON, D. KAYSER, D.** Informatique et langage naturel : Présentation générale des méthodes d'interprétation des textes écrits. *Technique et Science Informatiques*, 1986, Vol.5, No.2. p.103-126.
- [77] - **CHARLES, S. LE GAUFFRE, P. MIRAMOND, M. CLUZEL, D.** Méthodologie de conception d'un système expert pour l'analyse de vulnérabilité d'un établissement : La méthode NASSE. In : *Actes des Journées européennes sur les applications de l'intelligence artificielle en architecture bâtiment et génie civil, EuropIA 88, Paris, novembre 1988*. Paris (Fr.) : Hermès, 1988, p.447-462.

## BIBLIOGRAPHIE GENERALE

### BASE

---

**BISSERET, A.** *Les activités de conception et leur assistance*. Roquencourt (Fr.) : INRIA, 1988. Projet de Psychologie Ergonomique. 11 p.

**BOUDON, P.** Recherche fondamentale en architecture. *Architecture & Comportement*, 1989, Vol.5 , No.3, p.207-214.

**CONAN, M.** Urgence des recherches sur la conception architecturale : Réponse à Philippe Boudon. *Architecture & Comportement*, 1989, Vol.5 , No.3, p.215-230.

**DAGHOUM, M.** *Vers une méthodologie d'aide à la conception des bâtiments au niveau d'un avant-projet sommaire selon une démarche performancielle*. Thèse doctorat science : Ecole centrale des Arts et Manufactures, Chatenay-Malabry (Fr.), 1988. 390 p.

**D'CRUZ, N.A. RADFORD, A.D.** A Multicriteria Model for Building Performance and Design. *Building and Environment*, 1987, Vol.22, No.3, p.167-179.

**KAHNEMAN, D. TVERSKY, A.** On the Psychology of Prediction. *Psychological Review*, 1973, Vol.80, No.4, p.237-251.

**LMGCU INSA Lyon. LGCH Université de Savoie.** *X2A : pour un système de conception assistée par ordinateur en avant-projet sommaire de Bâtiment*. Lyon (Fr.) : Institut National des Sciences Appliquées - Laboratoire Méthodes, 1987. Rapport PLAN CONSTRUCTION no 84-61-012-00-223-75-01. 80 p.

**SPETZLER, C.S. HOLSTEIN, C.S.** Probability Encoding in Decision Analysis. *Management Science*, November 1975, Vol.22, No.3, p.340-358.

**SLOVIC, P. LICHTENSTEIN, S.** Comparison of Bayesian and Regression Approaches to the Study of Information Processing in Judgment. *Organizational Behavior and Human Performance*, 1971, Vol.6, p.649-744.

**TVERSKY, A. KAHNEMAN, D.** Judgment under Uncertainty : Heuristics and Biases. *Science*, September 1974, Vol.185, p.1124-1131.

**TVERSKY, A. KAHNEMAN, D.** Availability : A Heuristic for Judging Frequency and Probability. *Cognitive Psychology*, 1973, Vol.5, p.207-232.

## SECURITE

---

**BALDASSARA, C.F. ROMINE, L.M.** An analytical approach to fire protection engineering. *Building Design & Construction*, March 1988, p.132-135.

**BENOURAICH, J. RIVIERE, Y.** *Comparaison de méthodes d'analyse de risque en sécurité incendie*. ST-REMY LES CHEVREUSE (Fr.) : Centre Technique et Industriel de la Construction Métallique, 1986. Rapport no 1006-4.

**BESSIS, J.** *La probabilité et l'évaluation des risques*. Paris (Fr.) : Masson, 1984. 132 p.

**CANTER, D. (Ed.)**. *Fires and Human Behavior*. New-York (USA) : John Willey & Sons, 1980. 338 p.

**CLUZEL, D. SARRAT, P.** *Evaluation du Risque Incendie par le Calcul : Méthode ERIC*. ST-REMY LES CHEVREUSE (Fr.) : Union Technique Inter-professionnelle, novembre 1978. 46 p. Contrat de la Direction de la Sécurité Civile no 78-73-017.

**CNPP (Ed.)**. *La maîtrise des risques*. Paris (Fr.) : CENTRE NATIONAL DE PREVENTION ET DE PROTECTION, octobre 1979, fiches no.156-161.

**COOPER, D. CHAPMAN, C.** *Risk Analysis For Large Projects : Methods, Models and Cases*. New-York (USA.) : John Wiley & Sons, 1987. 260 p.

**CURTAT, M.** *Point sur les méthodes d'analyse de la sécurité incendie*. Champs-Sur-Marne (Fr.) : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1989. 225 p.

**GRANDJEAN, P. JOUVE, P.** *La sécurité incendie dans les bâtiments recevant du public*. Paris (Fr.) : Editions du Moniteur, 1984. 224 p.

**GUYONNET, J-F. DETRICHE, P. LANORE, J-C. LAUWICK, B.** *La maîtrise de l'incendie dans les bâtiments*. Paris (Fr.) : Maloine S.A., 1983. 307 p.

**HARMATY, T.Z.** Fire Severity : Basis of Fire Safety Design. In : *Fire Safety of Concrete Structures*. American Concrete Institute, 1983, SP-80. p.115-149.

**HARMATY, T.Z.** *Fire Safety : Science and engineering*. Philadelphia : ASTM, 1985. 432 p.

**JEANNETTE, J.P. LIMNIOS, N.** Méthodes actuelles d'analyse de la sûreté des systèmes. *Revue Générale de Sécurité*, avril 1985, No.43, p.46-52.

**KRUPPA, J.** *Nouvelle approche de la réalisation au feu des éléments de construction*. Paris(Fr.) : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1986. 10 p.

**LAMERE, J.M.** *La sécurité informatique : Approche méthodologique*. Paris (Fr.) : Dunod, 1985. 205 p.

**LAMERE, J.M. LEROUX, Y. TOURLY.** *La sécurité des réseaux : Méthodes et techniques*. Paris (Fr.) : Dunod, 1987. 372 p.

**LING, W-C. T.** *Application of Probabilistic Network to Fire Protection*. Thèse doctorat Science : University of California, Berkley, 1982. 119 p.

**MACGREGOR, S.J.** Queuing Networks and Facility Planning. *Building and Environment*, 1982, vol.17, No.1, p.33-45.

**MID. (Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation).** *Règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux établissements recevant du public*. Paris (Fr.) : France-Sélection, 1986. 327 p.

**MOTTIER, C.G. HETRIAU, M.** La gestion des risques de l'entreprise. *Revue Générale de Sécurité*, février 1984, no.31, p.53-54.

## METHODES

---

**LE MOIGNE, J.L.** *La théorie du système général - Théorie de la modélisation*. Paris (Fr.) : P.U.F. 1983. 258 p.

**PIAGET, J.** *L'épistémologie génétique*. Paris (Fr.) : P.U.F. (Que sais-je ?), 1970. 123 p.

**MIRAMOND, M.** *Méthodologie de conception de bâtiment*. Thèse de doctorat ès-sciences : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (Fr.), 1981. 208 p.

**MORIN, E.** *La Méthode, tome 1 : La nature de la Nature*. Paris (Fr.) : Seuil, 1977. 387 p.

**MORIN, E.** *La méthode, tome 3 : La connaissance de la connaissance*. Paris (Fr.) : Seuil ; 1986. 236 p.

**NEWELL, A. SIMON, H.A.** *Human Problem Solving*. New Jersey (USA) : Englewood Cliffs Prentice Hall, 1972, 920 p.

**ROTH, J. HASHIMSHONY, R.** Algorithms in graph theory and their use for solving problems in architectural design. *Computer-Aided Design*, September 1988, Vol.20, No.7, p.373-381.

**SCHEILDS, T.L. SILCOCK, G.W.H. DONEGAN, H.A. BELL, Y.A.** Methodological Problems Associated with the Use of the Delphi Technique. *Fire Technology*, August 1987, vol.23, no.3, p.175-185.

**SCHREIBER, G. BREUKER, J. BREDEWEG, B. WIELINGA, B.** Modelling in KBS Development. In : *Actes des 8èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications*. Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.1, p.283-296.

**SIMON, H.A.** *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, Massachusetts (USA) : MIT Press, 1969.

**TARDIEU, H. NANCI, D. PASCOT, D.** *Conception d'un système d'information : Construction de la base de données*. Paris (Fr.) : Editions d'Organisation, 1980. 192 p.

**TARDIEU, H. ROCHEFELD, A. COLLETI, R.** *La méthode MERISE : principes et outils*. Paris (Fr.) : Editions d'Organisation, 1984. 318 p.

**VOGEL, C.** *Génie cognitif*. Paris (Fr.) : Masson, 1988. 200 p.

**WALLISER, B.** *Systèmes et modèles*. Paris (Fr.) : Seuil, 1977. 247 p.

## INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET SYSTEMES EXPERTS

---

**ABITEBOUL, S. HULL, R.** IFO : A Formal Semantic Database Model. *ACM Transactions on Database Systems*, Vol.12, No.4, December 1987. p.525-565.

**ADIBA, M.E.** Modelling Complex Objects for Multimedia Databases. In : *Proceedings of the 5th International Conference on Entity-Relationship Approach, Dijon, November 1986*. p.89-117.

**ALEKSANDER, I.** *Introduction à la conception des systèmes intelligents*. Paris (Fr.) : Hermès, 1985. 165 p.

**AYYUB, B.M. HALDAR, A.** Project Scheduling Using Fuzzy Set Concepts. *Journal of Construction Engineering and Management*, June 1984, Vol.110, No.2. ASCE, Paper No.18889. p.189-203.

**AZIBI, N. BEAUTEMS, D.** Architecture d'un système expert appliqué à la réglementation incendie dans les bâtiments recevant du public. In : *Actes des Journées européennes sur les applications de l'intelligence artificielle en architecture bâtiment et génie civil, Europa 88, Paris, novembre 1988*. Paris (Fr.) : Hermès, 1988. p.99-117.

- BAILLY, C. GLOESS, P.** Combining an Expert System with a Data base for an Application that aids Decision Making. *In* : *Expert systems and languages in Modelling and Simulation, Barcelone, June 2-4, 1987.* p.273-279.
- BENCHIMOL, G. LEVINE, P. POMEROL, JC.** *Les systèmes experts dans l'entreprise.* Paris (Fr.) : Hermès, 1986. 219 p.
- BOBROW, D.G. MITTAL, S. STEFIK, M.J.** Expert systems : Perils and Promise. *ACM Computing Practices* , September 1986, Vol.29, No.9. p.880-894.
- BLACK, W.J.** *Les systèmes intelligents basés sur la connaissance.* Paris (Fr.) : Masson, 1988. 180 p.
- BONNET, A.** *L'intelligence artificielle, promesses et réalités.* Paris (Fr.) : InterEditions, 1984. 272 p.
- BONNET, A.** Système expert et cognitique. *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, 1984, No.97. p.29-31.
- CARBONELL, J.G.** *Derivational Analogy : A theory of Reconstructive Problem Solving and Expertise Acquisition.* Pittsburgh (USA) : Carnegie Mellon University, Computer Science Department, march 1985. 22 p. Rapport No.CMU-CS-85-115.
- CHARLES, S. LE GAUFFRE, P. MIRAMOND, M. CLUZEL, D.** Méthodologie de conception d'un système expert pour l'analyse de vulnérabilité d'un établissement : La méthode NASSE. *In* : *Actes des Journées européennes sur les applications de l'intelligence artificielle en architecture bâtiment et génie civil, EuroPIA 88, Paris, novembre 1988.* Paris (Fr.) : Hermès, 1988, p.447-462.
- CHARLES, S. KRUPPA, J. CLUZEL, D.** Expert System for fire Vulnerability Analysis. *In* : *Expert Systems in Civil Engineering, IABSE Colloquium, Bergamo (Ita.), October 1989.* Zurich : IABSE-AIPC-IVBH, 1989. Vol.58. p.163-173.
- CHOURAQUI, E. FARRENY, H. PRADE, H. KAYSER, D.** Modélisation du raisonnement et de la connaissance. *Enjeux*, 1985. No.61, p.47-51.
- COULON, D. KAYSER, D.** Informatique et langage naturel : Présentation générale des méthodes d'interprétation des textes écrits. *Technique et Science Informatiques*, 1986, Vol.5, No.2. p.103-126.
- DIXON, J.R. LIBARDI, E.C.Jr. LUBY, S.C. VAGHUL, M.** Expert Systems for Mechanical Design : Examples of Symbolic Representation of Design Geometries. *Engineering with Computers*, 1987, No.2, p.1-10.
- DOHENY, J. G. MONAGHAN, P.F. IDABES** : An expert system for the preliminary stages of conceptual design of building energy systems. *Artificial Intelligence in Engineering*, 1987, Vol.2, No.2, p.54-64.
- FARRENY, H.** *Les systèmes experts : principes et exemples.* Toulouse (Fr.) : CEPADUES-Editions, 1985. 254 p.

**FEIGENBAUM, E. Mc CORDUCK, P.** *La cinquième génération*. Paris (Fr.) : InterEditions, 1984. 310 p.

**GASCUEL, O.** Un système expert pour la réalisation de diagnostics. *Technique et Science Informatiques*, 1985, Vol.4, No.4. p.359-372.

**GLEIZES, M.P. GLIZE, P.** *Les systèmes multi-experts*. Paris (Fr.) : Hermès, 1990. 61 p.

**GLOESS, P.Y. ROFFE, R. BARHTES, J.P.** Parallel Experts Integrated in Data-Base Management System. In : *Proceedings 83 ICAR : International Conference on Advanced Robotics, Tokyo (Jap.)*, 1983. p.417-424.

**HAYES-ROTH, F. WATERMAN, D. LENAT, D. (Ed.)**. *Building Expert systems*. Londres (Angl.) : Addison Wesley, 1983. 444 p.

**HAYES-ROTH, B.** A Blackboard Architecture for control. In : *Artificial Intelligence*, Part.26. Amsterdam (North-Holland) : Elsevier, 1985. p.251-321.

**HART, A.** Knowledge Elicitation : Issues and methods. *Computer-Aided Design*, 1985, Vol.17, No.9. p.455-462.

**HART, A.** *Acquisition du savoir pour les systèmes experts*. Paris (Fr.) : Masson, 1988. 142 p.

**HERBSMAN, Z. WALL, R.A.** An Expert System for Estimating Construction Cost. In : *Technion IIT robotics & AI in Buildings construction 4th international Symposium, Haïfa (Israel)*, June 22-25, 1987. p.208-221.

**HILEYAN, H. HALLER, R. GROUSSET, D.** Un prototype de système expert pour l'aide au diagnostique de risque incendie. In : *Actes des journées internationales CAO et ROBOTIQUE en architecture et BTP*, Marseille (Fr.), 25-27 juin, 1986. p.217-235.

**INOUE, K.** Pruning Search Trees in Assumption-Based Reasoning. In : *Actes des 8èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications*. Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.1, p.133-151.

**JULLIEN, C. LEBLOND, A. LECOURVOISIER, J.** A Database Interface for an Integrated CAD System. In : *23rd Design Automation Conference*, Las Vegas, July 1986. IEEE, Paper No.42.3. p.760-767.

**KALAY, Y.E.** Redefining the role of computers in architecture : from drafting/modelling tools to knowledge-based design assistants. *Computer-Aided Design*, September 1985, Vol.17. No.7. p.319-328.

**KALAY, Y.E. SWERDLOFF, L.M. HARFMANN, A.C.** A Knowledge-Based Computable Model of Design. In : *Expert Systems in Computer-Aided Design*. Edited by J. Gero.( North Holland) : IFIP, 1987. p.203-227.

**LAASRI, H. MAITRE, B. F. HATON, J.P.** Organisation, Coopération et Exploitation des Connaissances dans les Architectures de Blackboard : ATOME. In : *Actes des 8èmes journées*

*internationales sur les systèmes experts et leurs applications*. Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.3, p.371-390.

**LAURENT, J.P.** Méthodologie des applications. *Enjeux*, 1985. No.61, p.59-60.

**LAURIERE, J.L.** Un langage déclaratif : SNARK. *Techniques et Science Informatiques*, 1986, Vol.5, No.3, p.141-172.

**LE GAUFFRE, P.** *Méthodologie de Conception et Intelligence Artificielle en Bâtiment. Etudes pour un Système Multi-Expert d'aide à la décision*. Thèse de doctorat science : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 1988. 214 p.

**MAITRE, B. LAASRI, H. MONDOT, T. CHARPILLET, F. HATON, J.P.** Coordination des Sources de Connaissances dans un Univers incomplet et Evolutif : Etudes & réalisation dans Atome. In : *Actes des 9èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications*. Avignon (Fr.) : EC2, juin 1989, Vol.3, p.237-251.

**MANGIN, J.C.** *Construction d'un système expert vue par l'expert : rapports avec l'ingénieur cognitif*. CHAMBERY (Fr.) : Université de Savoie - Laboratoire Génie Civil et Science de l'Habitat, 1984. 11 p. Rapport de laboratoire.

**MONTALBAN, M.** *Prise en compte de spécifications en ingénierie : Application aux systèmes experts*. Thèse de doctorat science : Université de Nice (Fr.), 1987. 176 p.

**MOESCHLER, J.** *Modélisation du dialogue : Représentation de l'inférence argumentative*. Paris (Fr.) : Hermès, 1989. 266 p.

**MOSTOW, J.** Rutgers Workshop on Knowledge Based Design. *Sigart Newsletter*, October 1984, No.90, p.19-32.

**MOSTOW, J.** Toward Better Models of the Design Process. *The AI Magazine*, Spring 1985. p.44-57.

**OLSON, J.R. REUTER, H.H.** Extracting expertise from experts : Methods for knowledge acquisition. *Expert Systems*, august 1987, Vol.4, No.3. p.152-168.

**NGUYEN, G.T. RIEU, D.** Expert Database Support for consistent Dynamic Objects. In : *Proceedings of the 13th VLDB Conference*, Brighton (Angl.), 1987. p.493-500.

**NIVAT, M.** Intelligence artificielle. *Enjeux*, 1985. No.61, p.36-42.

**RAULT, J.C.** Les systèmes experts : perspectives industrielles. *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, 1984. No.97.

**RENDELL, L. POWELL, B. CHO, H. SESHU, R.** Improving the Design of Rule-Learning Systems. In : *Actes des 8èmes journées internationales sur les systèmes experts et leurs applications*. Avignon (Fr.) : EC2, juin 1988, Vol.2, p.587-607.

**RIEU, D. NGUYEN, G.T.** Semantics of CAD Objects for Generalized Databases. In : *23rd Design Automation Conference*, 1986. IEEE, Paper No.3.2. p.34-40.



**SABAH, G.** *L'intelligence artificielle et le Langage - volume 1: Processus de compréhension.* Paris (Fr.) : Hermès, 1988. 352 p.

**SABAH, G.** *L'intelligence artificielle et le Langage - volume 2: Représentation des connaissances.* Paris (Fr.) : Hermès, 1989. 411 p.

**WINSTON, P.H.** *Artificial Intelligence.* Londres (Angl.) : Addison Wesley, 1984. 527 p.

**ZADEH, L.A.** Fuzzy Sets. *Information and Control*, 1965, Vol.8, p.338-353.

**THESE SOUTENUE DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON**

<b>NOM</b> : CHARLES	<b>Date de soutenance</b>
<b>Prénom</b> : Smith	12/05/92
<b>TITRE</b> : CONCEPTION D'UN SYSTEME EXPERT POUR L'ETUDE DE LA SECURITE INCENDIE DE BATIMENTS DANS UN CONTEXTE PLURIDISCIPLINAIRE	
<b>NATURE</b> : Doctorat	No d'ordre : 92 ISAL 00025
<b>Spécialité</b> : Méthodes de conception en Bâtiment, Aménagement et techniques urbaines	
Cote B.I.U. – Lyon : T 50/210/19	et Bis Classe :
<b>RESUME</b> :	
<p>Cette thèse étudie les possibilités offertes par l'intelligence artificielle pour l'identification et la circonscription des risques incendie de bâtiments.</p> <p>La sécurité incendie est une composante de la fonction technique du bâtiment. Elle peut donc être considérée dès la conception. Actuellement elle est traitée principalement par l'application de textes réglementaires. Nous proposons une approche différente ayant deux caractéristiques principales : premièrement elle privilégie la recherche des facteurs de risque et des meilleurs moyens de les éliminer ; deuxièmement elle est globale parce qu'elle réalise une intégration des connaissances (expertes ou autres) relatives aux autres fonctions du bâtiment (Architecture et Economie) ainsi qu'aux autres composantes de la fonction technique.</p> <p>La recherche a donc porté principalement sur : – La définition d'une méthode d'étude globale de la sécurité incendie du bâtiment, car les connaissances sont peu formalisées dans ce domaine. – La définition d'une méthodologie de réalisation d'un système multi-expert opérationnel et à caractère pédagogique.</p> <p>Les résultats des travaux présentés sont de deux types : – Un ensemble d'outils tels que TRIAGE, ARBRE, NASS, ICONOGRAPH. <b>TRIAGE</b> est le système destiné aux études pluridisciplinaires de la sécurité incendie de bâtiments. Deux modes de fonctionnement sont disponibles : l'expertise focalisée où l'utilisateur requiert un service à un spécialiste de manière isolée ; l'expertise générale où l'utilisateur est pris en main par un planificateur de tâches en fonction des buts fixés. <b>ARBRE</b> est un outil destiné aux experts pour la mise au point d'arbres des causes à probabilités subjectives (appelées crédits d'hypothèses). <b>NASS</b> est un environnement de développement de systèmes experts basés sur l'exploitation de multiples sources de connaissances exprimées en langage quasi naturel. Il contient, entre autres, le mécanisme de raisonnement de TRIAGE. <b>ICONOGRAPH</b> est un outil graphique pour la gestion des relations entre les objets d'un univers de discours structuré. Il met en oeuvre un modèle auto-organisationnel (dit à règles de mutation structurelle) fonction de l'univers considéré. – L'ensemble des éléments méthodologiques qui ont été mis en oeuvre pour arriver aux outils cités. Notamment, nous proposons une technique que nous appelons sémographie. Son rôle est d'orienter le concepteur de système expert sur la nature des connaissances à introduire dans un système expert et sur la façon de les acquérir. Basée sur la systémique et l'ergonomie cognitive, la sémographie apporte des modèles de structuration de l'univers du discours des experts et des techniques pour provoquer et analyser le discours lui-même.</p>	
<b>Mots clés</b> : Sécurité incendie, bâtiment / systèmes experts / multi-expertise / acquisition de connaissances / théorie des systèmes / théorie de la conception.	
<b>Laboratoire (s) de recherches</b> : METHODES	
Directeur de recherche : M. MIRAMOND	
<b>Président de Jury</b> :	
<b>Composition du jury</b> : MM. J.L. ERMINE / D. CLUZEL / J. DUBOYS / J. BRAU / H. BOTTA / M. MIRAMOND / P. LE GAUFFRE / J.C. MANGIN	