

Prototype de système expert d'aide à la réalisation d'évaluation des incidences environnementaux

F. Ouzilleau

**Rapport manuscrit préparé pour le
Conseil canadien de la recherche sur
l'évaluation environnementale
septembre 1988**

REMERCIEMENTS

Le present travail est le **résultat** de plus d'une **année** de recherche environnementale et de **développement** informatique. **J'aimerais** tout d'abord remercier M. Jean-Baptiste **Sérodes** pour ses conseils et son appui tout au long de ce travail.

Pour leur appui financier, je tiens **à** remercier le Conseil **canadien** de la recherche sur les **évaluations** environnementales et le **département** de Genie civil de **l'université** Laval.

Finalement, j'adresse un **merci** tout particulier **à** M. Patrick **Suel** qui fut mon plus **proche** collaborateur **à** l'université Laval et qui m'apporta une aide considerable **à** chacune des étapes de **réalisation** de mon **projet**.

AVANT-PROPOS

L'évolution de l'homme l'amène à relever des défis toujours plus grands, l'obligeant ainsi à mettre en oeuvre tout son savoir et son ingéniosité pour mener à bien ses projets. Il est primordial que tous les membres de cette société qu'est la nôtre, soient conscients des effets, à court et à long terme, engendrés par la réalisation de tels projets. C'est donc des nombreux conflits provoqués par l'homme envers son environnement, qu'est né un souci de protection, de conservation et même de réparation des erreurs passées.

Les concepteurs d'aujourd'hui et de demain doivent assumer les responsabilités associées au pouvoir qu'ils ont de modifier l'environnement collectif d'une population. L'évolution culturelle et technologique des communautés humaines ne sera plus, dans l'avenir, seulement associée aux capacités d'assimiler, de conserver et d'utiliser leurs connaissances de manière habile, mais aussi à la faculté de clairvoyance dans la conduite d'actes devant s'hannoniser à leur milieu de vie.

Nous en sommes à une phase de remise en question de notre rôle d'exploiteur et de destructeur aveugle de nos ressources. De ce fait le progrès ne pourrait-il pas résider d'abord dans le connaître, le comprendre et la réflexion, plutôt que dans le désir de contrôler et de modifier ce qui nous entoure. Ce n'est pas par la satisfaction d'aspirations personnelles que les objectifs et les problèmes d'une société peuvent être résolus.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	LES APPORTS DE L'INFORMATIQUE.....	4
	2.1 Les modèles mathématiques.....	4
	2.2 Les systèmes à base de connaissances (SBC).....	7
3.	PRINCIPES DE BASE D'UNE EIE.....	11
	3.1 L'identification des impacts.....	11
	3.2 L'évaluation des impacts.....	12
	3.3 La communication des résultats.....	13
	3.4 Critères d'analyse d'une méthode d'EIE.....	13
4.	ASPECTS DEGAGES DES METHODES EXISTANTES.....	15
5.	LE PROTOTYPE AREIE.....	22
	5.1 Utilité réelle du système.....	22

5.2 Rôles du système.....	25
5.3 Limites du système.....	26
5.3.1 L'étape identification.....	26
5.3.2 L'étape prévision.....	27
5.3.3 L'étape interpretation.....	29
6. CONCEPTUALISATION ET FORMALISATION DU SAVOIR.....	31
6.1 Univers de travail.....	31
6.2 Caractérisation de l'approche préconisée.....	33
6.3 Interaction entre les composantes.....	39
6.4 Représentation matricielle en 3D.....	44
6.5 Formalisation par réseau sémantique.....	46
6.5.1 Les noeuds du réseau.....	50
6.5.2 Les arcs du réseau.....	51

6.53 Les attributs du réseau	52
7. MODELISATION DU RAISONNEMENT	54
7.1 Niveau global	54
7.2 Niveau spécifique	55
7.2.1 L'identification des activités ESM	55
7.2.2 L'évaluation des impacts	57
8. ARCHITECTURE DU PROTOTYPE AREIE	60
8.1 La modularité du système	60
8.2 Identification / evaluation	62
8.3 Gestion de la consultation	62
8.4 Facilités supplémentaires	62
8.4.1 Bases de données	62
8.4.2 L'interface graphique	63

8.43 L'interface utilisateur.....	64
9. IMPLEMENTATION AVEC L'OUTIL NEXPERT OBJECT.....	66
9.1 Les specifications de Nexpert Object version 1.0.....	67
9.1.1 Vue d'ensemble du système.....	68
9.1.2 L'élaboration de la base de connaissances.....	72
9.1.3 Le raisonnement.....	74
9.1.4 La mise au point de la base	
de connaissances.....	75
9.1.5 L'interface utilisateur.....	76
9.1.6 Une architecture ouverte.....	77
9.2 Creation dynamique des mondes paralleles d'objets..	.77
9.2.1 Résultats de la phase identification.....	79
9.2.2 Résultats de la phase evaluation.....	82

9.3 Structuration orientée objets	83
9.3.1 Les classes et leurs attributs*	85
9.3.2 Les objets et leurs attributs	96
9.4 Le raisonnement	102
9.4.1 Les règles de production	104
9.4.2 Les strategies d'inférences*	116
9.5 Les procédures externes	117
10. VALIDATION DE L'APPROCHE PAR UN EXEMPLE	118
10.1 Mise en situation	118
10.2 Construction de la base de .connaissances	
spécifiques.....*	120
10.2.1 Le réseau d'impacts	121
10.2.2 Les règles d'inférences	127
10.2.3 La base de données	133

10.3 Consultation du système	134
10.4 Représentation graphique des résultats	139
10.5 Synthèse des résultats	144
11. PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT *	148
12. CONCLUSION ET COMMENTAIRES	154
BIBLIOGRAPHIE	163
ANNEXE A: Le logiciel Nexpert Object	A-1
ANNEXE B: Liste des classes	A-15
ANNEXE C: Liste des objets	A-19
ANNEXE D: Liste des propriétés	A-23
ANNEXE E: Liste des règles	A-25
ANNEXE F: Les routines externes	A-31
ANNEXE G: Listing du fichier N.O. de la BC d'AREIE	A-35

LISTE DES FIGURES

Fig. 3.1	Etapas du processus d'EIE _____	14
Fig. 6.1	Composantes d'une EIE _____	32
Fig. 6.2	Grille d'impacts partielle _____	36
Fig. 6.3	Réseau d'impacts fictif _____	37
Fig. 6.4	Interrelation entre les composantes d'une EIE _____	39
Fig. 6.5	Exemple d'un réseau d'impacts _____	41
Fig. 6.6	Boucle d'interaction d'impacts _____	43
Fig. 6.7	Vue partielle d'une matrice d'impacts 3D _____	45
Fig. 6.8	Noeuds, attributs et relations du réseau sémantique _____	46
Fig. 6.9	Réseau cause-effet simplifié _____	49
Fig. 6.10	Lien des classes ESM et Activités avec les noeuds du réseau d'impacts _____	50
Fig. 6.11	Noeuds et attributs du réseau _____	53
Fig. 7.1	Etapas de réalisation d'une EIE _____	54
Fig. 7.2	Exemple d'un sous-réseau d'impacts _____	56
Fig. 7.3	Définition d'un impact environnemental _____	58
Fig. 8.1	Architecture du prototype AREIE _____	61
Fig. 8.2	Vue d'ensemble des réseaux de règles et d'objets _____	64
Fig. 8.3	Format par défaut utilisé par NO pour les requêtes à utilisateur _____	65

Fig. 9.1	Phases de conception d'un SE touchées par l'utilisation de N.O. _____	69
Fig. 9.2	Enchevêtrement des impacts de diverses sources _____	78
Fig. 9.3	Réseau simplifié d'impacts _____	80
Fig. 9.4	Monde d'objets dynamiques du sous-réseau-1 _____	81
Fig. 9.5	Monde d'objets dynamiques du sous-réseau-2 _____	81
Fig. 9.6	Monde d'objets dynamiques du sous-réseau-1 _____	82
Fig. 9.7	Espace cognitif défini par les objets et les règles de la base de connaissances _____	83
Fig. 9.8	Entids décrivant la classe "Activités" _____	86
Fig. 9.9	Entids décrivant la classe ESM _____	88
Fig. 9.10	Entids décrivant la classe CLESMS _____	92
Fig. 9.11	Entités décrivant la classe CLESMT _____	94
Fig. 9.12	Mécanismes de raisonnement du système AREIE _____	102
Fig. 9.13	Niveaux d'intervention des règles dans le processus d'évaluation _____	115
Fig. 10.1	Exemple dun réseau d'impacts pour deux activités liées à un projet d'autoroute _____	119
Fig. 10.2	Editeur graphique des réseaux d'objets/classes de Nexpert Object _____	122
Fig. 10.3	Arborescence d'objets définie par l'activid RofB _____	125
Fig. 10.4	Arborescence d'objets définie par l'activid RofH _____	126
Fig. 10.5	Sous-réseau d'impacts délimité par l'activid "Removal of Businesses" _____	132
Fig. 10.6	Arborescence des activités liées au projet _____	135
Fig. 10.7	Règles de validation des liens NU-UBP et NU-WP _____	136

Fig. 10.8	Arborescence des objets dynamiques resultant de l'étape identification _____	137
Fig. 10.9	Objets dynamiques représentant les ESM touches _____	139
Fig. 10.10	Impacts total et spécifique envers l'élément NCP _____	140
Fig. 10.11	Impacts total et spécifique envers l'élément CPTR _____	140
Fig. 10.12	Impacts total et spécifique envers l'élément Jobs _____	141
Fig. 10.13	Impacts total et spécifique envers l'élément STR _____	141
Fig. 10.14	Impacts total et spécifique envers l'élément CCR _____	142
Fig. 10.15	Impacts total et spécifique envers l'élément NU _____	142
Fig. 10.16	Impacts total et spécifique envers l'élément PTR _____	143
Fig. 10.17	Impacts total et spécifique envers l'élément UBP _____	143
Fig. 10.18	Evaluation de l'hypothèse NU.hyp_grandeur_s en mode exhaustif _____	147

1. INTRODUCTION

La prise de conscience grandissante des populations face aux **problèmes** environnementaux demande une intégration **efficace** des études d'impacts (EI) au processus global de prise de décision. Cette intégration implique une amélioration notable des **principes** fondamentaux **associés à** ces analyses environnementales, que ce soit aux plans scientifique, technique ou procédural. Il s'agit **donc** d'engendrer la recherche et la propagation **d'idées** nouvelles qui permettront de mieux **répondre à** des besoins de planification **stratégique** et de **contrôle du développement** des **communautés** humaines.

Du point de vue des **spécialistes** en sciences **appliquées**, **l'évaluation** des **incidences** environnementales (EIE) devrait suivre une **démarche** scientifique impliquant la formulation **d'hypothèses**, la prévision et **l'expérimentation à** l'aide de **méthodes** d'analyses rigoureuses. Cependant, les questions de **planification** et de prévision font souvent intervenir des éléments subjectifs qui ne peuvent **tous être réduits à** des dimensions scientifiques. De **manière générale**, **l'étude** environnementale **doit** fournir une indication des **possibilités** de changements des conditions physico-chimiques, **écologiques** ou socio-économiques d'un milieu **affecté** par la mise en œuvre **d'activités nécessaires à** l'implantation **d'un projet donné**. Il faut **innover** aux niveaux des **méthodes** et des outils **afin** d'apporter une **réponse à** ce besoin de systématisation des processus d'évaluation. La prise en **compte** des perceptions humaines, souvent sources de divergence d'opinions, **doit s'intégrer** harmonieusement à une **démarche décisionnelle** qui se veut exhaustive dans ses **critères d'évaluation**.

Depuis l'avènement des **méthodes** matricielles **d'évaluation des impacts**, bien peu **d'idées nouvelles** ont fait **évoluer** ce **domaine** de **façon** notable. Issus des **récents progrès** de l'informatique et notamment du **domaine** de l'intelligence artificielle (IA), les **systemes à base de connaissances** (SBC), ou **communément** appelés **systemes experts** (SE), représentent une technique prometteuse pour la **resolution de problèmes** demandant une expertise considérable.

L'**évaluation** des incidences environnementales est une **tâche** où l'on fait appel à l'opinion, à l'intuition et à l'expertise de **spécialistes** de divers domaines. Il est maintenant possible et **nécessaire d'améliorer** cette **démarche** en concevant des outils **intégrant** et **validant** ces **compétences**. Le **projet** de développement de **systemes experts** en **evaluation** des incidences environnementales **nous parait donc** novateur tant par son approche de développement, que par les nombreux usages (EIE, aide à la prise de décisions, analyse de risques, etc...) pouvant **résulter** de la constitution de bases de connaissances **traitant** des **problèmes** environnementaux.

Malgré toute la puissance de **calcul** de **certain**s programmes **procéduraux**, une composante essentielle leur fait **défaut**, soit la **capacité** de raisonner de **manière** non algorithmique à partir de leurs propres connaissances. L'approche SE nous per-met de 'concevoir des logiciels **reflétant** la **même** logique que le **spécialiste** **résolvant** son **problème**. Leur architecture se compose d'une base de connaissances exprimant le **savoir déclaratif**, **structurel** et **procedural** du **domaine**, et de **mécanismes** d'exploitation de ce savoir. Evidemment les performances des **systemes développés** dépendent de

la richesse et de la **complétude** du savoir et du savoir-faire **codifiés** dans le programme. **Dans une certaine mesure** l'outil informatique **permet** d'aller encore plus loin que **l'humain** par la prise en consideration d'un grand nombre de **règles** independamment du fait qu'elles proviennent d'un biologiste, d'un sociologue ou dun **ingénieur** civil.

Il ne s'agit pas dans cette etude de se perdre dans **un** expose **détaillé** de la technologie des SE **mais plutôt** de **répondre** à la question est-il possible, **justifié** et **approprié** de **développer** des SE appliques aux EIE. Le **domaine** de l'environnement est **très** vaste, **mais nous** demeurons convaincus que **l'approche** de construction d'un SE reste l'alternative la plus **intéressante** à l'heure actuelle pour **conceptualiser** et formaliser **un** savoir aussi parcellaire, **subjectif** et **évolutif**.

2. LES APPORTS DE L'INFORMATIQUE

Les considerations environnementales sont maintenant à l'ordre du jour de tous les organismes de **gérance de projets**. Un nombre grandissant d'outils **informatisés** sont **développés** afin d'apporter des solutions aux **conflits existant** entre les objectifs des promoteurs et la **qualité de l'environnement** que l'on doit préserver. Il est **étonnant** de constater à quel point **certain**s pays adoptent des methodologies **d'évaluation** des impacts **très** rudimentaires.

L'**explosion récente** de l'offre technologique en ce qui **concerne** les produits de l'informatique (machines et logiciels) **nous permet** d'envisager un avenir des plus prometteur pour les applications en environnement. Il faut quand **même** rester conscient des nombreuses difficultés d'analyse conceptuelle, de definition des relations **mathématiques** et souvent d'analyse combinatoire **inhérentes** à ces **projets** de Genie logiciel.

2 . 1 Les modèles mathématiques

Pour **modéliser** les milieux naturels il faut trouver des relations analytiques entre les variables à partir des reactions du **système** à divers stimuli. La simulation des **phénomènes** environnementaux demande la prise en consideration d'une masse de **paramètres** difficiles à déterminer et qui sont **associés** à des processus relativement complexes. Ainsi, les **modèles** sont souvent **développés** autour de quelques equations fondamentales, **elles-mêmes** basées sur de nombreuses hypotheses simplificatrices. "Il semble que la

modélisation de la pollution **atmosphérique** et des processus **écologiques** restent à la limite **entre** les **modèles mécanistes** sans inconnue (**boîtes blanches**) et les modèles dont on connaît imparfaitement les facteurs (**boîtes noires**).[BRO 86]"

De **manière générale** il est possible d'identifier deux types de modèles étant utilisés lors de la **réalisation** des **EIE**:

- 1° **Modèles d'évaluation** de plan d'actions:
 - analyse comparative de scénarios **pré-établis**, pas de prédictions **précises**.
- 2° **Modèles prédictionnels**:
 - évaluation des repercussions en **fonction** des milieux touchés et des **activités** envisageables.

La confiance **attribuée** à ces nombreux modèles **mathématiques** est souvent **très faible** car les processus **qu'ils** simulent sont encore **mal quantifiés** et la cueillette des **données nécessaires à leur** fonctionnement est fastidieuse. Peu importe le type de modèles **développés**, leur **fiabilité** est nécessairement liée à la **complexité** des lois physiques simulant les processus réels. Les difficultés **inhérentes** à la détermination de ces lois de **comportement** peuvent nous amener à **définir des fonctions** de transfert dont les **paramètres** sont déterminés à partir de situations bien **précises** pour ainsi représenter autant de cas particuliers. On en vient finalement à concevoir des modèles empiriques présentant des prédictions plus ou moins justifiables et souvent **qualitatives**. De ce fait, l'approche algorithmique ou **procédurale** perd tout son **intérêt** puisque le modèle empirique introduit **certaines** éléments subjectifs, **donc** difficilement

justifiables, au sein **d'un** processus **séquentiel** de raisonnement **qui** demeure fondamentalement rigide et **fermé à l'utilisateur (boîte noire)**.

“Dans **l'état actuel** de nos connaissances de l'influence de certaines **activités** sur les plantes et **les** animaux et **compte** tenu de la masse de **ressources** qu'exigent les quelques **modèles** actuels, il n'existe pas de **modèles mathématiques** pour **prédire**, dans le cadre de la plupart des **évaluations** environnementales, les effets que subiront les plantes et les animaux. Par conséquent, il **n'est** pas pratique de les **utiliser**.”[BRO 86]

Il ne s'agit pas de mettre en doute **l'utilité** des **modèles mathématiques** qui **s'avèrent** indispensables dans **certains** domaines. Notre critique porte **plutôt** sur la complexité **d'un** grand nombre de ces modèles de simulation et de ce fait sur **l' inexplicabilité** des conclusions ou des procédures de résolution qu'ils proposent. “La structure de tout **modèle** est intimement **reliée** au **degré** de compréhension scientifique du **système** qui est disponible au moment **où** le **modèle** est **construit**.”[PER 87] **Généralement** ce **degré** de compréhension **décroit à mesure** que l'on se **déplace à** partir des sciences physiques en passant par les sciences biologiques jusqu'aux sciences **sociales**. **Ceci** ne signifie pas qu'aucune recherche n'ait **été** faite concernant les processus **régissant** ces **phénomènes**. Au contraire, une grande expertise **décrivant** les aspects qualitatifs et parfois quantitatifs des comportements a pu **être développée** par les divers **spécialistes** du **domaine**. Cette **dernière** reste **malgré** tout **difficilement** codifiable **sous forme** algorithmique de part le travail de **synthèse** des informations empiriques qui devrait **être effectué** pour en **extraire** des **lois** de **comportement**.

Depuis quelques **années une** nouvelle voie **nous** est offerte pour le traitement de ces connaissances empiriques **jumelées** au savoir-faire procédural. **L'intégration** des **modèles mathématiques** et des **systèmes experts** **consiste à regrouper** plusieurs **modèles** de simulations **numériques** d'un **domaine donné** sous la **gérance d'un système à** base de connaissances. Cette combinaison **possède** l'avantage **d'unir** les **spécialisations** de plusieurs **modèles** pour former un **système homogène** de simulation et d'expertise propre **à** un champ de connaissances relativement **spécialisés**.

2.2 Les systèmes à base de connaissances (SBC) (Systèmes Experts-SE)

Les champs **d'activités couverts** par les **systèmes experts** (planification d'actions, diagnostique, gestion des **ressources**, interprétation de **données**, etc...) sont directement reliés au **domaine** de l'environnement et démontrent ainsi un potentiel d'applications **très intéressant**. Par **contre** une analyse du **marché des SE nous** indique qu'il n'existe pratiquement aucune offre technologique dans ce secteur, situation qui **nous** semble paradoxale.

La résolution des **problèmes d'EIE** fait **appel à** un savoir-faire relevant de sciences aussi **variées** que la biologie, la physique, l'hydraulique, la **météorologie**, la **sociologie** et l'économie. Les **systèmes experts** **permettent** d'emmagasiner l'ensemble des ces connaissances parcellaires plus ou **moins** structurées et de l'exploiter de **manière efficace**. Le **développement** de tels

systèmes s'opère par **un** processus d'acquisition, de conceptualisation et de formalisation des connaissances, provoquant de nombreuses **retombés** positives au niveau **même** du savoir des **spécialistes** du **domaine**. Ces derniers sont **amenés à** mieux cerner leur **domaine** de **compétence**, **à** approfondir et **à** **décortiquer** leur expertise pour en **découvrir** les **lacunes** et les inconsistances. On ouvre ainsi la **porte à** une **activité** d'auto-formation et d'auto-critique que **doit** faire l'expert **à** travers sa **démarche** de transmission de connaissances au cognitifien.

La force des SE repose **donc** sur la codification et l'exploitation de divers types d'expertises, **créant** ainsi une synergie difficilement **reproductible** par d'autres moyens. La **modélisation** de l'expertise **permet** de **résoudre** les **problèmes à** la **manière** des **spécialistes**. De ce fait, ces derniers peuvent se **libérer** d'une part de leur **tâche routinière**, et se consacrer **à** l'analyse de dossiers plus complexes et favorables **à** l'extension de leur expertise.

Il est **intéressant** de mentionner ici quelques **caractéristiques** des SE afin de mieux cerner **les** nombreux avantages qu'ils procurent aux organismes qui **les conçoivent et/ou** les utilisent. La codification des connaissances assure la permanence et la **pérennité** de l'expertise ce qui **représente un atout** important lorsque les **spécialistes quittent** leur poste. **L'outil** informatique est, par définition, toujours disponible pour la consultation, jamais **malade**, en **vacance** ou à la retraite. Il n'a pas d'horaire de travail et peut **répondre à** tout moment aux questions lors de situations d'urgence si **nécessaire**. La construction d'un logiciel expert **permet** une diffusion **aisée** du savoir-faire **à l'intérieur** de l'entreprise et **même** vers des marchés **extérieurs**. Le mot diffusion ne signifie

pas **nécessairement** **accessibilité** du savoir. Celle-ci peut **être** atteinte par une gestion intelligente des consultations favorisant la communication entre l'utilisateur et le SE. Le **développement** d'interfaces intelligentes passe **nécessairement** par l'utilisation de techniques d'intelligence **artificielle** et de **systèmes** experts.

La codification des connaissances oblige **le** **cogniticien** à **décrire** explicitement l'univers de travail et les stratégies de **résolution** des experts. **Ceci représente** une **retombée intéressante** car les ouvrages **théoriques** traitent peu du savoir empirique et des connaissances heuristiques des **spécialistes**. **Le** SE est **à l'abri** des facteurs contextuels ou **émotifs** qui sont souvent **à** l'origine des erreurs de jugement des **êtres** humains. Le SE **procède** de **manière** **systématique** **mais** non-proddurale en construisant une solution, la **meilleure** possible, **à** partir des **ressources** dont ii dispose. Finalement la satisfaction des **contraintes d'uniformité**, de cohérence, et de **complétude** du savoir **nous amène** à valider de **façon minutieuse** les bases de connaissances construites.

L'étude et la conception de **systèmes** bases sur les connaissances environnementales permettront aux diverse disciplines **reliées** au **Génie** de l'environnement d'orienter la **recherche** fondamentale vers **certain**s aspects du **domaine** où il est difficile **à** l'heure actuelle d'arriver **à un** consensus. **C'est** donc par un effort de consultation **auprès** de l'ensemble des groupes **déten**ant une expertise **qu'une** sorte de standardisation des **critères décisionnels** pourra **être** atteinte. Il est évident que le **développement** de tels **systèmes** demande l'**allocation** de **ressources** suffisantes tant au niveau matériel, humain que

temporel. Par **contre** les avantages et les **retombées qu'ils** procurent en font un investissement rentable au point de vue financier et **intellectuel**.

Finalement la modification des structures implantes par le cognicien se **doit d'être aisée** car le **développement** et l'affinement des base .de connaissances est fait par **un** processus **incrémentiel** de validation-correction. Les outils de conception de SE disponibles **à l'heure** actuelle **répondent** de mieux en mieux aux besoins des **ingénieurs** de la connaissances. Evidemment la **stratégie** de **développement** et les techniques **d'implémentation** influencent grandement cet aspect de la conception.

C'est par **un** effort soutenu de la recherche que **nous** pourrions **améliorer** notre compréhension face aux **lois régissant** les comportements environnementaux. Encore aujourd'hui la résolution de ce type de **problèmes** **relève** plus de **l'art** que de la technique. L'approche que **nous** propose la **technologie** des SE **s'avère** **particulièrement** bien **adaptée** pour la **modélisation** de tels champs de connaissances et de tels comportements.

3. PRINCIPES DE BASE D'UNE EIE

3.1 L'identification des impacts

De manière globale, l'EIE tente d'établir le niveau d'altération, positive ou négative, qu'auront à subir certaines composantes environnementales suite à la mise en œuvre d'activités liées à un projet précis. Il est possible de dégager deux niveaux d'effets sur les composantes environnementales. D'abord les effets primaires induits directement par les actions posées, puis les effets secondaires représentant la réaction en chaîne à travers les éléments du milieu et amorcée par l'altération des éléments primaires. Cet enchaînement des impacts résulte des liens cause-effet unissant les divers éléments du milieu. La propagation cause-effet met en lumière des processus complexes et demande la prise en compte de nombreux facteurs. Dans un premier temps, le gestionnaire de projet doit donc établir une liste des composantes environnementales susceptibles d'être affectées par les activités considérées. Cette liste d'éléments sera à la base des étapes subséquentes de prévision et d'interprétation des impacts. Plusieurs paramètres tels que la durée et le moment de l'impact peuvent aussi être déterminés à cette étape d'identification.

3 . 2 L'évaluation des impacts -

Cette phase implique la prévision et l'**interprétation** des impacts pour les composantes **identifiées**. Le premier volet de l'**étape** d'évaluation revêt un **caractère** quantitatif. Il s'agira dans la **plupart** des cas de quantifier, **relativement** ou non, les incidences environnementales. **Ceci nous** permettra d'analyser les repercussions de **manière globale** en introduisant certaines **méthodes** de sommation des impacts. Un **choix** judicieux **doit être** fait quant à l'**étalonnage** et des **méthodes** prospectives permettant de quantifier l'**amplitude** des changements **subis** par les composantes environnementales. Pour demeurer **à l'intérieur** d'un cadre scientifique, il est important de **considérer** des **critères** objectifs **menant à** des conclusions **réalistes** et justifiables.

Le second **volet** de cette **étape nous amène à** traiter l'**aspect** importance des changements **subis** par les éléments environnementaux. **C'est à** ce niveau que les connaissances empiriques et intuitives prennent toute leur importance. De **même**, les facteurs subjectifs tels que la perception des gens face aux alterations de leur milieu de vie doivent **être intégrés** aux processus d'évaluation.

Il est difficile de **définir un** mode d'**agrégation** des impacts qui **reflètera** la propagation **réelle** des effets **à travers le** milieu **étudié**. Tout cet aspect de sommation de incidences **soulève beaucoup** de **débats**. **Néanmoins** le **développement** d'un outil d'aide **à** la réalisation des EIE **doit** permettre l'**évaluation globale** des repercussions **d'une activité** ou **d'un projet** sur un élément ou un milieu **donné**.

3.3 La communication des résultats

Les techniques de communication des **résultats** sont aussi **très** importantes au sein **d'une méthodologie générale d'EIE**. Celles-ci doivent exposer, dire et **même** justifier de **manière compréhensible** les conclusions de l'EIE. Un format **plutôt résumé** ou **condensé** devra mettre l'accent **sur** les points importants quant aux **éléments touchés** et **à** la nature des impacts. Une **représentation** graphique des **résultats répond** habituellement bien **à** ces contraintes de **clarté**, de concision et de pertinence des informations **à diffuser**.

3.4 Critères d'analyse d'une méthodes d'EIE

Une procédure **d'EIE doit** offrir un cadre **formel** permettant d'informer et **d'écouter** l'opinion des multiples intewenants **concernés** par un **projet sous** étude. L'analyse des diverses **méthodologies** existantes **d'EIE nous** permettra d'identifier les **paramètres** importants et les techniques qu'il serait **intéressant** de retrouver **à** travers un processus **informatisé d'étude** d'impacts.

La figure 3.1 resume **les** quatre **étapes clés** du processus **d'EIE**. **L'expérience** concernant les **études** d'impacts **nous permet** de **définir** un ensemble de **critères** devaluation pour chacune de ces **étapes**. C'est **à** travers la revue de ces cridres qu'il est possible d'analyser les techniques existantes **d'EIE**.

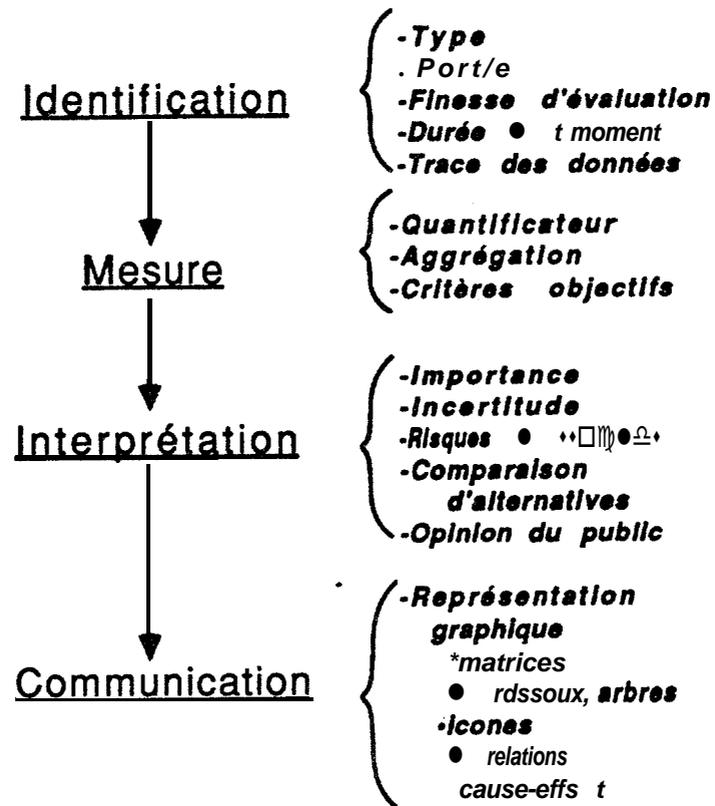


Fig. 3.1 Etapes du processus d'EIE.

4. ASPECTS DEGAGES DES METHODES EXISTANTES

La réalisation d'une EIE **nécessite** l'analyse de **systemes** environnementaux complexes et **doit répondre** aux besoins particuliers des organismes qui la **commande**. Il est illusoire de penser développer une **methodologie générale** s'adaptant **à tous** les **scénarios** en **restant à l'intérieur** d'un cadre rigide et purement analytique. Ainsi les methodologies existantes apportent des **réponses** plus ou moins **adéquates** aux quatre aspects fondamentaux des EIE qui sont l'identification, la prevision, **l'interprétation** et la communication des impacts. Il **nous** semble pertinent d'analyser les **méthodes** existantes **afin** d'en **découvrir** les avantages et les **lacunes** pour **ensuite d'être** en **mesure** de mieux **définir** les caractéristiques **d'un** SE en EIE.

L'étape identification est la plus **uniforme** au niveau de ses conclusions. Par **contre** la prevision et **l'interprétation** font appel **à** des **critères** subjectifs plus ou moins **explicités** ce qui rend la procedure moins uniforme et moins **structurée**.

La majorité des techniques existantes peuvent **être classées** selon les **5** catégories suivantes:

- 1- **Méthode** ad hoc (reunion d'experts).
- 2- **Méthode** cartographique.
- 3- **Méthode** par liste de **contrôle**.
- 4- **Méthode** matricielle.
- 5- **Méthode** par **réseaux** ou graphes **d'impacts**.

La **méthode ad hoc** nous suggère les principaux secteurs environnementaux risquant **d'être affectés** par l'implantation d'un **projet** dans son ensemble. La nature des **incidences** est **évaluée** par les experts de **différentes spécialités**. Les estimations sont souvent **basées** sur des **critères** subjectifs et **restent** d'un niveau **très général**. Cette approche ne met l'emphase que sur les impacts vraiment significatifs. "La **méthode** "ad hoc" n'est pas vraiment une **méthode, mais** surtout une approche qui conduit **généralement à** une interprétation tendancieuse des avis des **experts.**"[MAX 87]

La **méthode cartographique** pour sa part est **basée** sur un ensemble de cartes **décrivant** le milieu **étudié sous** divers aspects (**caractéristiques** physiques, **sociales**, écologiques, **esthétiques**, etc...). Il faut sectoriser chacune des cartes selon la **vulnérabilité** du site à l'implantation du **projet**. La superposition de l'ensemble des cartes **nous permet** d'obtenir une **caractérisation globale** du site analyse en fonction des impacts **prévus**. Ainsi, il est possible de **dégager** les zones de moindre impact et d'en avoir une représentation **géographique**. Cette **méthode permet** de traiter en profondeur une grande **partie** des composantes physiques, écologiques et humaines du milieu naturel **mais elle reste** insuffisante quant aux aspects. **socio-économiques.**

Les listes de contrôle permettent d'aller plus en profondeur lors de l'identification des **éléments** environnementaux perturbés. La vision **globale** des impacts peut **être conservée** par l'**agrégation** des éléments en **catégories** ou classes plus **générales**. Ces listes sont établies en fonction des types de **projets** et des objectifs de l'EIE. Il s'agit en fait **d'une spécialisation** de la **méthode** ad hoc **mais** celle-ci demeure tout de **même** l'une des plus **utilisée**.

C'est **à partir** de cette approche que sont apparues les notions d'indice de **qualité**, de **pondération** de l'importance des composantes et de sommation des impacts. Toute une famille de techniques **d'EIE** est **basée** sur l'approche par listes de contrôle, ce qui **permet** de standardiser et d'uniformiser les procédures. "Ces **méthodes présentent** des ensembles de **paramètres** environnementaux dans l'intention de les analyser vis-à-vis des impacts possibles, **mais** sans se **préoccuper d'établir** des rapports directs cause-effet pour les diverses **activités** du **projet**, et **c'est cela** leur grand **défaut**." [MAX 873.

La **méthode** matricielle met en relation chacune des **activités avec** une liste des éléments environnementaux risquant **d'être affectés**. Ces listes seront **disposées** selon les axes verticaux et horizontaux de **manière à** former une **matrice** des impacts. Chacune des positions de la **matrice permet** d'illustrer les points suivant:

- les éléments du milieu possiblement affectés par une **activité donnée**.
- la grandeur de l'impact (quantitativement ou qualitativement).
- les relations cause-effet de premier niveau
(actions vs **éléments** du milieu).

Plusieurs techniques **d'EIE suggèrent** des modes **d'étalonnage** et de sommation des impacts pour un **élément** du milieu ou pour une **activité particulière**. On retrouve encore une fois les concepts **d'intensité** (grandeur) **des impacts** et d'importance des éléments, **jumelés à** une recherche

systematique de **tous** les effets. Par **contre** les impacts indirects ou les consequences **secondaires** ne sont pas explicitement **considerés**.

Les methodologies **basées** sur les **reseaux** d'impacts **presentent** plusieurs **caracteristiques interessantes**. La construction des reseaux **debute** par l'identification des **activites liees** au **projet** pour **ensuite** passer à l'analyse des reactions en **chaîne provoquées** au sein du milieu par chacune d'entre elles. Le reseaux **permet donc** de **propager** les impacts **à** travers les elements du milieu consider&

C'est par l'**étude** des relations cause-effet unissant les composantes que l'**enchaînement** des effets peut **être définit**. "**Ce** type de **méthode** offre une approche de type "carte **routière**" pour l'identification des impacts de premier, second, **troisième**, etc **ordre**." [RAU 80] 11 devient par la suite relativement **aisé** de retracer l'origine des agressions subies par chacun des noeuds du **reseaux** pour ainsi reconstituer l'ensemble des **événements** ayant **mené à** des situations bien **précises**. Les reseaux permettent de **structurer** ou d'orienter les discussions relatives au point de **désaccord** pouvant **survenir** lors de la realisation de l'EIE. De plus cette representation rend l'information plus disponible au public **intéressé** par les **répercussions** du **projet** sur leur milieu de vie .

Cette **méthodologie presente** des problbmes aux **realisateurs** de l'EIE lorsque la specialisation du **reseaux** devient trop grande. La description **détaillées** des relations cause-effet complexifie rapidement le **reseaux rendant** sont utilisation **très** difficile et sans pour autant garantir l'exhaustivite des

éléments considérés. De plus la **majorité** des techniques **d'EIE adoptant** cette approche ne **permette** pas de **quantifier** les impacts de **manière** satisfaisante. .

Cette analyse sommaire **nous permet** de **dégager certains** concepts **généraux** qu'ils seraient **intéressant d'inclure** dans un SE d'aide à la réalisation des EIE. Cette étude n'a pas pour **objectif** de concevoir une nouvelle **méthodologie d'EIE** ou d'en **modéliser intégralement** une existante. **Nous** souhaitons **définir** un cadre structurel et fonctionnel représentant autant que possible **l'agrégation** des avantages des diverses **méthodes d'EIE étudiées.**

Ce sont **donc** des trois **dernières approches** que **nous** tirerons la **majorité** des **caractéristiques définies** au niveau du prototype **AREIE.** Les points suivants peuvent **être** retenus **comme** apportant une contribution positive dans le cadre d'une procédure **générale d'EIE.**

Listes de **contrôle:**

- identification des éléments environnementaux **à considérer.**
- -classification des éléments et des **activités.**
- définition de **différents** niveaux quant **à** la finesse des conclusions **recherchées.**

Matrices:

- identification des relations cause-effet primaires (impacts primaires).
- choix** d'une technique de sommation des impacts
- représentation graphique des **résultats.**

Réseaux d'impacts:

- identification des relations cause-effet en profondeur (impacts secondaires).
- choix** d'une technique de propagation des effets **à** travers le **réseau**.
- modélisation** plus **réaliste** des processus environnementaux.
- possibilité** de retracer l'historique d'une situation **donnée**.

La définition d'un **réseau** d'impacts **représente** une connaissance structurelle de l'univers de travail. C'est **à** partir de cette trame statique **formée** de noeuds et d'arcs, que l'on pourra exploiter les connaissances dynamiques traduisant une part de l'expertise du **domaine**. Les aspects propagation et sommation des impacts font appel **à** des procédures **répondant** aux besoins particuliers des gestionnaires de **projet**.

En **résumé**, il est **intéressant** de faire une **synthèse** des nombreux points soulevés lors de cette analyse **afin** de **déduire** une **série** de **caractéristiques** propres au prototype AREIE:

- identification des éléments environnementaux touchés par l'exploitation de relations **cause-effet**.
- définition** de chacun des **éléments à considérer** en tant que noeuds d'un **réseau** d'impacts.
- caractérisation** des **incidences** pour **chaque** noeuds en leur adjoignant certaines **propriétés**.
- assimilation** des relations cause-effet aux arcs d'un **réseaux** d'impacts.

-exploitation de connaissances expertes à partir du **réseau** pour **l'identification**, la **prévision** et **l'interprétation** des impacts.

-introduction d'un caracdre dynamique et **adaptatif** au **réseau** statique.

-**définition** de procedures permettant la propagation et la sommation des repercussions à travers les elements du **réseau**.

Finalemnt **l'étude** de toutes ces **méthodes nous permet** d'identifier **certain**s aspects **nécessaires** à une bonne **caractérisation** des impacts. Un prototype de SE dit **opérationnel** devrait Ctre en **mesure** d'apporter une **réponses** à chacun des **paramètres** suivants. Il est a noter que le prototype **AREIE** n'a pas la **prétention** d'être opérationnel.

Paramètres à considérer	Significations générales	Unité de mesure
Identification	Eléments environnementaux susceptible d'être affectés	Présence/catégorie
Caractère	Type d'effet subi par l'élément	Bénéfique ou destructeur
Grandeur	Mesure prospective des effets sur un élément	Quantitatif
Importance	Considération subjectives et contextuelle	Quantification relative
Durée	Longévité ou permanence des repercussions	Court/Long terme
Interrelation	Enchaînement entre les éléments (rel. cause-effet)	Désignation spécifique
Probabilité	Vraisemblance des impacts	Quantitatif
Sensibilité	Limites de fiabilité	Niveau de confiance
Atténuation	Mesure de mitigation	Identification spécifique

Thé de [THE 85]

5. LE PROTOTYPE AREIE

5.1 Utilité réelle du système

La justification d'un SE d'aide à la **réalisation d'EIE** s'articule autour de **l'originalité de l'approche de développement** et d'implantation. La conception de tels **systèmes** engendre une foule **d'activités** constructives au niveau de nos **connaissances des milieux naturels**:

- construction de **réseaux** d'impacts bases sur le concept des relations **cause-effet**.
- constitution **implicite** de listes **d'éléments** environnementaux.
- informatisation guidée** par un **modèle conceptuel**.
- prise en considération** de connaissances empiriques et intuitives
- synergie** induite par l'interaction du savoir procedural et **déclaratif**.
- construction de bases de connaissances explicitant un savoir empirique.
- orientation de la recherche fondamentale concernant **l'enchaînement** des impacts et l'aspect **agrégation/sommation** des effets **engendrés**.
- conservation de bases de **faits liés à des EIE particulières**.
- interrogation concernant les deductions faites et illustration des conclusions.

Un **système à base de connaissances** devrait **nous** permettre d'apporter des **réponses à certains problèmes généraux associés** aux processus actuels d'EIE:

- diminution des **coûts liés à la réalisation des EIE** par l'introduction d'outils **efficaces** de traitement des connaissances.

- disponibilité** d'une expertise multi-disciplinaire par la consultation de bases de connaissances **renfermant simultanément** et interactivement le savoir de **spécialistes** de plusieurs domaines.
- regroupement** et structuration de l'information et du savoir **sous forme** de **bases** de connaissances et de bases de **données**.
- utilisation de la puissance de l'ordinateur (**mémoire et calcul**) pour des analyses complexes faisant intervenir les relations cause-effet.

Malheureusement il n'existe aucune **méthode** ou recette universellement reconnue et applicable à l'ensemble des **EIE**. Il est primordial de bien **définir** l'**utilité réelle** du **système** face à chacune des **étapes** de **réalisation** de l'**EIE** pour justifier le **développement** du SE et le situer par rapport à son utilisation future. Le SE devrait apporter une aide importante aux personnes devant identifier, analyser et interpréter les nombreuses **données nécessaires** à l'**évaluation** des impacts environnementaux. Cet **outil** offrirait d'une part une approche **structurée** quant aux connaissances statiques du **domaine** et d'autre part une formalisation plus déclarative, **donc explicite**, du savoir empirique et heuristique des **spécialistes**. Les concepts et formalismes seront bases, pour la **plupart**, sur des **éléments tirés** des **méthodologies** existantes. Par exemple, le concept **d'interaction** entre **éléments** (relation cause-effet) est à l'origine de la **plupart** de **methodologies** (liste de **contrôle, matrice, etc...**) **mais** sa **représentation explicite sous forme arborescente** est issu de **J.C.Sorensen**.

De plus, il serait intéressant d'apporter une lueur de solution au **problème** de participation et **d'intégration** des divers groupes **intéressés et/ou** couches par le **projet étudié**. On parle ici principalement du public qui

n'intervient souvent qu'en **fin** de processus alors que la plupart **des** décisions importantes sont prises. **Ceci** demande la mise en place de tout un processus d'information des personnes **concernées afin** d'obtenir un echo de leurs **préoccupations** et de leurs perceptions.

La participation des intexvenants **possédant** une expertise utile permettrait de recueillir **un** savoir vital aux analyses d'impacts. D'une **manière globale**, les objectifs suivants pourraient **être** poursuivis:

- récolter** des **données** environnementales, des perceptions, des **priorités**, des attitudes et des jugements de valeurs.
- mieux cerner** les impacts résultant de l'interaction entre **les** éléments écologiques et humains.
- offrir** un moyen implicite de démocratisation du processus **d'EIE**.
- constituer un **rempart contre** la critique des conclusions de l'EIE.
- concevoir des outils de planification environnementale **nous offrant** des **résultats utiles** et justifiables.

5.2 **Rôles du système**

Les **rôles attribués** au SE touchent la deduction des consequences probables des actions d'un **projet** sur un milieu **donné** et la communication/interrogation des conclusions faites par le **système**. En ce qui **concerne** le prototype **AREIE**, toute la **partie communication/interrogation** des **résultats** est implicitement Me aux fonctionnalités offertes par l'outil de developpement utilise. Dans **l'éventualité** ou le SE devrait **être indépendant** de la **coquille** de conception, la realisation d'interfaces **dédiées** deviendrait **nécessaire**.

Aucune production de rapport d'impacts, de quelque **forme** que ce **soit** n'est **effectuée** par le prototype **AREIE**. L'outil de developpement **nous** pen-net de visualiser graphiquement et de **manière** interactive l'ensemble des deductions qu'est **amené à** faire le SE. De plus une trace complete du raisonnement est disponible, **mais** cette **dernière représente** peu **d'intérêt** pour l'utilisateur final du SE.

Les informations recueillies et **déduites** par le SE touchent les points suivants:

- description des **activités liées** au **projet**.
- invent&e des **ressources** ou elements des milieux touches.
- identification et prevision des repercussions.
- evaluation des impacts **spécifiques** et totaux.

5.3 Limites du système

Le prototype AREIE englobe les étapes d'identification, de **prédiction** et **d'interprétation** des impacts. **C'est à** ce niveau que l'expertise **nous** était le plus accessible et **familière**. Dans l'optique du développement d'un SE de production **il est évidemment préférable** de **définir dès le** départ l'architecture d'un **système** couvrant l'ensemble des **activités liées** aux EIE et ainsi minimiser les **problèmes d'intégration** de **certaines** modules n'intervenant qu'en fin de processus. Le traitement des aspects identification et évaluation **représente déjà** un travail **considérable tant** au point de vue de l'analyse conceptuelle que de la formalisation et de l'implémentation des structures.

5.3.1 L'étape identification

C'est par l'analyse des relations cause-effet unissant les divers éléments d'un milieu qu'il est possible de **définir** les **enchaînements** des impacts et ainsi mettre en **œuvre** le processus d'identification des composantes **touchées**. On **doit considérer** des facteurs plus ou moins objectifs **afin** de valider ou non l'exploration de certaines voies du **réseau** cause-effet pour adapter le **réseau** au cas traité. **Ceci nous permet** de jouer, **d'une certaine façon**, sur la probabilité qu'ont les composantes environnementales **d'être affectées** et par conséquent **d'influencer** le reste de l'analyse du **réseau** d'impacts.

L'étape identification nous fournira une liste **épurée des éléments** touchés directement ou indirectement pour chacune des **activités** du projet. Le **système** gardera en **mémoire une** trace segmentée des **enchaînements cause-effet** en **conservant** le nom des noeuds agresseurs (p&es) pour les éléments victimes (**films**).

Cette approche **préconise** d'abord de construire des **réseaux** cause-effet **généraux réunissant** l'ensemble des composantes environnementales des milieux **étudiés**. Il s'agit **ensuite** d'analyser chacun des liens pour en fixer les limites de validation en **fonction** des situations envisageables et des variables à **considérer**.

5.3.2 L'étape prévision

L'étape prévision des impacts fait appel à des connaissances tant **procédurales** que **déclaratives**. La **répercussion** d'une action sur un élément du milieu peut **être mesurée**, dans plusieurs cas, par une **modélisation** mathématique des **phénomènes** physiques mis en cause. Par **contre**, pour les situations où le **comportement** du **système étudié** serait **mal connu** ou demanderait un **modèle** trop **complexe**, il est **nécessaire** de s'en remettre à l'**expérience** des **spécialistes** du **domaine**. Evidemment, cette option **soulève** des appréhensions quant à la **qualité** de l'expertise et à la **validité** des prédictions **apportées** car cette expertise **relève** d'une somme de **succès** et **d'échec**, d'intuition et de **règles** empiriques. C'est **donc** à ce niveau qu'un

travail considerable reste à faire pour recueillir, **structurer** et **uniformiser** ce savoir Cvolutif.

“La prevision des impacts sera un **exercice** le plus **factuel** possible et consistera à determiner la nature, **l'intensité** (aspect quantitatif), **l'étendue (portée spatiale)**, la **durée** (aspect temporel), **les** risques et les facteurs d'incertitude des changements causes aux **éléments** importants de l'environnement. Il sera important de **définir** clairement **tous** les termes **employés** pour **caractériser** les changements **prévus** (par exemple, faible, à long terme, regional, etc...) “[BOU 83]

L'analyse sommaire des techniques existantes de prevision des impacts ne **nous permet** pas de choisir **celle** qui serait la plus **appropriée**. De plus, l'architecture du prototype AREIE **permet** au cogniticien **d'implémenter aisément** chacune des **méthodes particulières avec** leurs conditions **d'application**. De cette **façon** l'expertise des **spécialistes** est reproduite tant aux niveaux heuristique que **procédurale**. Ce sont, d'abord et avant, tout les connaissances **scientifiques** et objectives qui orienteront la **mesure** prospective des divers changements que subiront les composantes des milieux consider&.

5.3'3 L'étape interprétation

L'étape interprétation met en relation les aspects grandeur (ou **intensité**) des impacts et importance des **éléments** environnementaux. Une sommation des impacts **doit être** faite pour les éléments touchés par plus d'un agresseur (multi-parentage) **afin** d'assurer **une** propagation **réaliste** des effets **à** travers le **réseau**. Ce dernier point sera **approfondi** dans une section **ultérieure**.

La détermination de l'importance d'un élément fait appel **à** la perception des **communautés** humaines **affectées** par le **projet**. Cette évaluation se base sur des jugements de valeurs **plutôt** que sur des connaissances dites scientifiques. Les **valeurs déduites découlent généralement** de la **synthèse** de nombreux facteurs, qu'ils soient écologiques, socio-politiques, **économiques** ou autres et doivent **reflétés** les préférences et les préoccupations des groupes concernés. Le **caractère** souvent régional de ces facteurs est facile **à** introduire par la construction de bases de **règles spécifiques**.

Encore une fois, le SE n'est pas **là** pour apporter une solution **à** des problèmes aussi **controversés** que la prise en considération **d'éléments** subjectifs **lors** d'une évaluation se voulant scientifique, **donc** objective et **unanime**. Le but premier de cette **démarche** est de **démontrer** qu'il est possible et avantageux de codifier puis d'utiliser interactivement des connaissances **procédurales, déclaratives** et heuristiques, **afin** d'arriver **à** clarifier, **systématiser** et **enfin** automatiser certaines étapes d'un processus encore trop intuitif.

Les **éléments** subjectifs ne **représentent** pas des obstacles en **soit**. Les **problèmes** se situent au niveau de l'identification et de **l'admissibilité** de ces **critères** empiriques par l'ensemble des membres de la **communauté**.

Il est évident que la **quantité** de connaissances **nécessaires** au fonctionnement d'un tel **système** est considérable. Une approche par **développement** modulaire (niveau champs d'expertise) et par prototypage évolutif (niveau logiciel) **nous** semble réalisable. L'acquisition et l'implantation de l'expertise peut se faire de **manière structurée** à partir d'un **canavas reflétant le processus global d'EIE**.

6. CONCEPTUALISATION ET FORMALISATION **DU SAVOIR**

6.1 **Univers de travail**

La figure 6.1 illustre l'ensemble des composantes **reliées** aux EIE et dont l'analyse **nous** permettra de **construire un réseau** d'interaction **et** des **règles spécialisées**. Les modes de **représentation** choisis doivent correspondre à la nature et au type de connaissances **rencontrées**.. Ces **caractères** distinctifs ont Cd utilisés pour **différencier** le type et la nature des connaissances.

Caractères distinctif	Type de connaissance	Nature des connaissances
Gras	Factuelle	Obj
<i>Italiques</i>	Dcl, Str, Prc, Obj	
<u>Soulignés</u>	Inférée	---
Reliefs	Dcl	Sub et Ctx
Standards	Dcl	Ctx
Lexique:	Dcl: déclarative. Str: structurelle. Prc: Procédurale.	Obj: objective. Sub: subjective. Ctx: contextuelle.

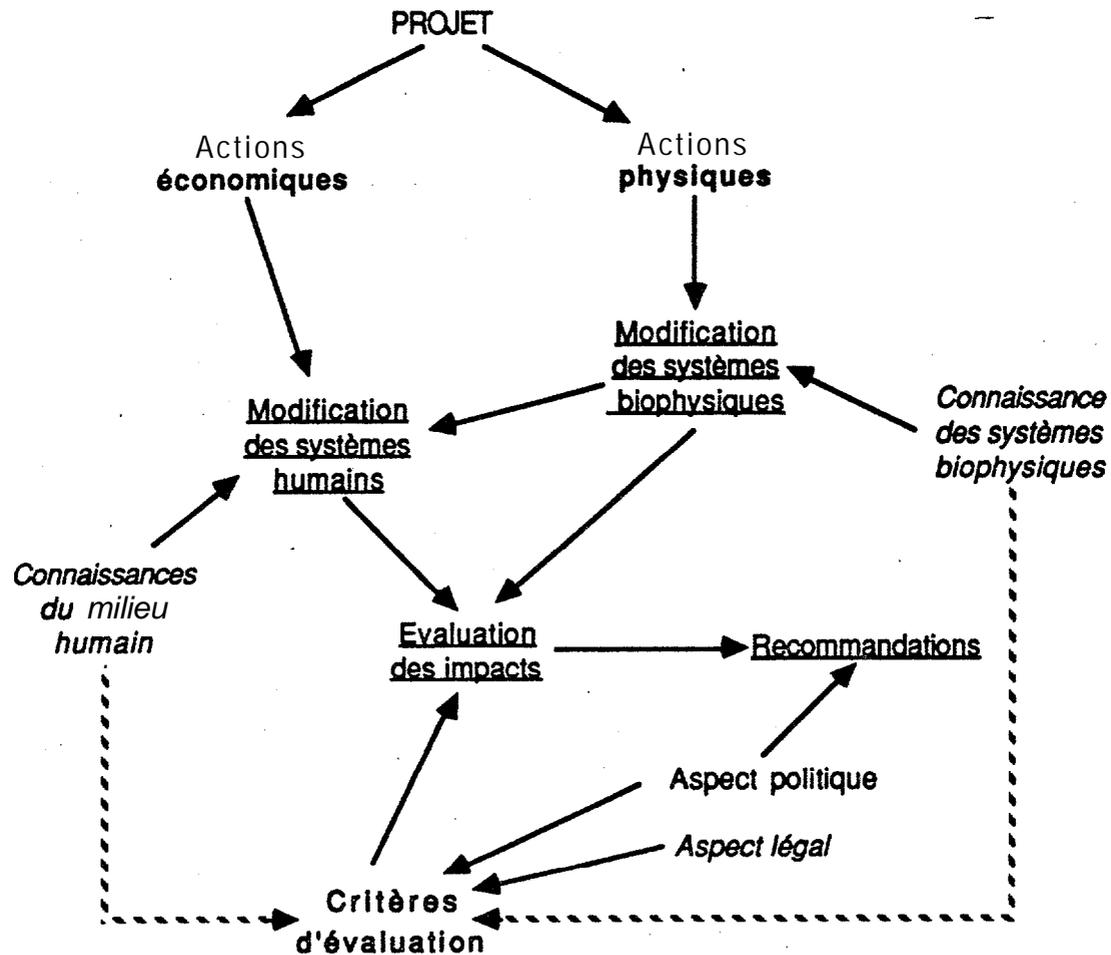


Fig. 6.1 Composantes d'une EIE.

Les liens en traits pleins montrent les relations **directes** existant entre les entités ainsi que le cheminement de l'information. L'influence **indirecte** subie par certains éléments lors de leur **évaluation** est indiquée par les flèches en traits pointillés.

6 . 2 **Caractérisation** de l a -

La réalisation du prototype AREIE est **basée** presque exclusivement sur des connaissances livresques (handbooks, rapports **d'EIE**, rapports de recherche, etc...) relatives aux méthodologies existantes. **Ceci nous amène à** ouvrir une **parenthèse** sur le **problème d'accès à** l'expertise lors du développement d'un SE. **Il** est indispensable **d'établir le** taux de participation de chacun des membres de **l'équipe** de conception lors de la **planification** des diverses étapes de développement du logiciel. Dans notre cas **il** s'agissait plus **d'une étude de faisabilité** que du développement d'un prototype devant **éventuellement donner** naissance à un système **opérationnel**. Ainsi, **les rares** consultations **avec** un **spécialiste** en environnement **nous** ont permis d'orienter le développement du système et de proposer **certaines** éléments de solution aux **problèmes** actuellement rencontrés **avec** les **EIE**.

Le prototype AREIE peut **être** considéré **comme** un système **dédié à** l'implantation d'une connaissance experte relative aux- EIE. **Nous** avons **formaliser** et implanter une **sorte** de **méta-connaissances synthétisant** certaines caractéristiques et **procédures retrouvées** dans les techniques **d'EIE analysées**.

Le flot d'information dans lequel **nous** sommes **plongés dès** le départ peut **être** catégorisé de la **manière** suivante:

- procédure **globale** pour **réaliser** une **EIE**.
- éléments** environnementaux possiblement présents dans un milieu **donné**.
- activités liées** à un type de **projet**.
- processus environnementaux (relation cause-effet) mis en **œuvre**.
- caractérisation** des impacts.

Tel que **mentionné** à la section "**Limites du système**", le prototype AREIE devra **être** en **mesure** de simuler la réalisation des &apes d'identification, de prévision et **d'interprétation** des impacts. **Après** de nombreuses réflexions, **nous** avons **le** choix entre diverses approches possibles, sachant que **le** choix qui serait fait conditionnerait fortement la suite du **projet**. Les diverses approches **associées** aux méthodologies **étudiées** se **présentent** comme suit:

- **Approche** par sectorisation des impacts globaux. -> Ad hoc & Cartographique
- Approche par types de **projets/activités** vs types de **milieux/éléments**. -> Listes de **contrôle** & **Matrice**
- Approche par propagation des effets dans le milieu. -> **Réseaux** d'impacts

La **première** approche aborde le **problème** de **manière très générale**. Les impacts sont identifiés et **caractérisés** pour des catégories de composantes environnementales telles que la faune, la **flore**, la **qualité** de l'air, etc... 11 **nous**

paraît plus difficile de **définir** les **paramètres nécessaires** au **traitement** du **problème** sous un aspect aussi **général**. **Malgré** la **généralité** des conclusions, les **règles** d'expertises resteraient **spécifiques** aux cas **traités**. Par **contre** il pourrait devenir **intéressant** de conserver cet aspect sectorisation des composantes environnementales pour **éventuellement** produire des conclusions **générales** suite **à** une analyse **détaillée** des **répercussions**.

La **seconde** approche **nous permet** de restreindre le champ des connaissances pertinentes par l'analyse d'un nombre **précis d'activités touchant** une **liste** sélective **d'éléments** du milieu. Celle-ci **nous** avait sans doute permis de traiter notre **problème** plus rapidement **mais** les **éléments** de la base de connaissances seraient encore liés **à** des cas particuliers **donc** difficilement **applicables à** des **contextes différents**.

Le **développement** d'un SE basé sur cette approche demanderait l'examen exhaustif de chacun des doublets **activités-éléments** du milieu et l'**écriture** de **règles spécifiques à** chacun d'eux. Certaines **activités** devant **être jumelées** directement **à** des éléments environnementaux masquent ainsi les processus **d'enchaînement** des impacts que l'on retrouve dans la nature. Le traitement de relation pseudo-primaire demanderait la prise en **compte** d'un nombre trop important de facteurs pour permettre de simuler correctement les comportements environnementaux. Finalement, les **règles** construites **à** partir **de l'analyse** des listes ou des matrices ne traduisent qu'une connaissance superficielle du **domaine**.

Pour illustrer nos propos examinons la grille d'impacts suivante:

ELEMENTS SENSIBLES ACTIVITES	Population faune ailée	Habitat faune ailée	Aspect visuel du site	Activité récréo-touristique	ETC...
Déboisement	X	X	X	X	:

Fig. 62 Grille d'impacts partielle.

Imaginons une règle fictive nous permettant d'inférer l'un des fait illustrés dans la grille précédente:

SI: L'activité analysée est Déboisement
ET "autres considérations pertinentes"

THEN: Activité_récréo-touristique sera affectée

Cette règle présente la relation directe entre l'activité déboisement et l'élément sensible *Activité_récréo-touristique*. En réalité il s'agit d'une relation indirecte ou secondaire qui doit être étudiée d'une manière plus approfondie pour être utilisable dans un contexte général. Il serait préférable de décortiquer le raisonnement en plusieurs étapes afin d'illustrer l'enchaînement des effets ayant mené à cette situation. Ainsi les inférences du système devraient nous indiquer que l'élément directement affecté par l'activité est

Habitat_faune_ailée et que la propagation des effets nous amène à considérer les composantes *Population f`aune_ailée* et ensuite *Activité_récréo-touristique*.

L'approche par propagation des impacts apporte **certains éléments** de réponse aux **problèmes** exposés au paragraphe précédent. Les **réseaux d'impacts** mettent l'**accent** sur l'**utilisation** des **relations** cause-effet unissant les éléments environnementaux. **Ceci permet** de **propager** les **incidences** des **éléments pères** vers les éléments **fils** du **réseaux** et ainsi de faire **une** simulation plus **réaliste** des processus environnementaux. L'exemple précédent se traduirait par le **réseau** de la figure 6.3.

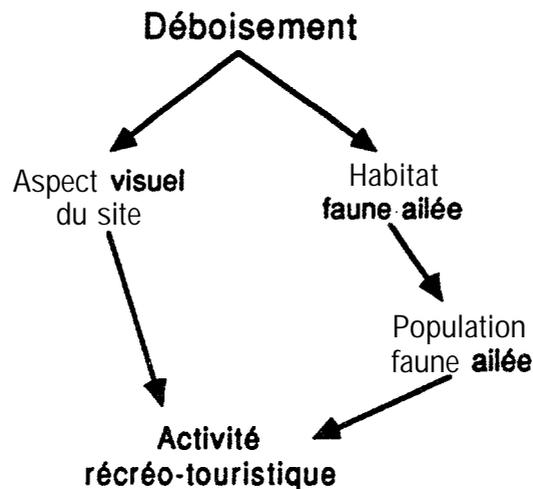


Fig. 63 Réseau d'impacts fictif.

Il est maintenant **beaucoup** plus facile de construire les bases de **règles** à partir de ce **réseau** cause-effet bien structuré et ainsi lui **conférer un** aspect **dynamique**

Une approche aussi **générale** devrait **nous** permettre **d'évaluer** les impacts pour l'ensemble des milieux touchés par le **projet**. **La** formalisation de l'expertise du **domaine** sera **basée** sur **un canevas** permettant de représenter les interactions entre les **éléments** des divers milieux et **à** partir duquel il sera possible d'exploiter une connaissance **déclarative** et **procédurale**.

Evidemment, il faudra valider l'approche et les concepts formalisés au sein **du** prototype de SE en construisant des bases de connaissances grandeur **réelle**. **C'est** ainsi que les objectifs de **généralité**, de **flexibilité** et **d'efficacité** pourront **être vérifiés**. **Il** faut rester conscient que cette maquette ne **représente** que **l'ébauche d'une** analyse approfondie devant **précéder** le **développement** d'un **système** de production. **Par contre** les orientations conceptuelles **suggérées nous** apparaissent **appropriées** pour la **modélisation** des connaissances du **domaine traité**.

6.3 Interaction entre les composantes

Le réseau d'impacts nous procure un cadre structurel et fonctionnel nécessaire à une évaluation systématique et informatisée des impacts. La figure 6.4 illustre de façon simplifiée le processus d'interaction entre les activités liées au projet et les éléments sensibles du milieu (ESM).

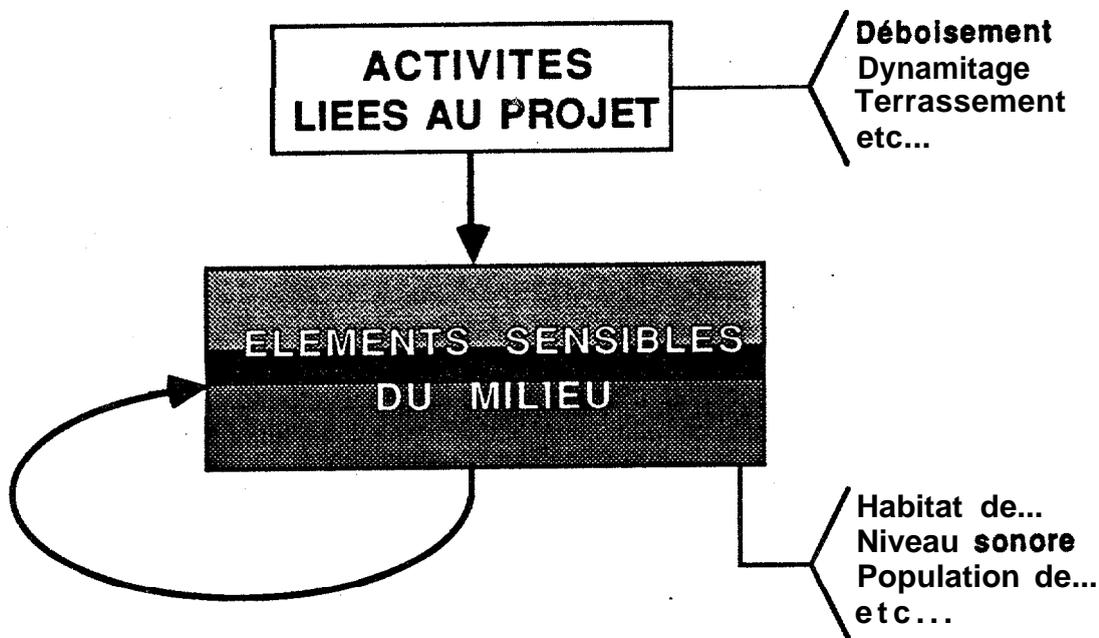


Fig. 6.4 Interrelation entre les composantes d'une EIE.

La flèche de teinte plus claire illustre les impacts primaires ou directs causés aux éléments du milieu par les activités du projet. La flèche plus foncée montre l'enchaînement récurrent des impacts secondaires ou indirects au sein du milieu. Par conséquent, un même élément sensible du milieu peut être agressé soit directement par une activité, soit par un autre élément du milieu déjà

touché, ou les deux à la fois. Ce **phénomène** est **représenté** par **les** zones de teinte plus ou moins **foncée à l'intérieur** de **l'encadré** des éléments sensibles.

On peut **dégager** les aspects suivants:

• **Deux** types de relations **CAUSE-EFFET**:

1° **ACTIVITE** \implies Elements Sensibles du Milieu (**ESM**).

2° **ESM** \implies **ESM**

*Aspects **récuratif** de la procédure devaluation **globale**.

- Traitement successif de **sous-réseaux** de **l'univers** de travail.

• **Caractérisation** des liens:

-Relations de types **multi-descendants**, **multi-ascendants**.

-Evaluation des impacts **spécifiques** et **cumulés**.

-**Paramètres décrivant** les impacts.

Il nous apparaît important de souligner ici quelques **particularités** **découlant** de la construction et de l'utilisation de ces **réseaux** d'interrelation. La discussion de ces points **spécifiques** sera **basée** sur **un** exemple simple (**fictif**) **illustré** à la figure 6.5.

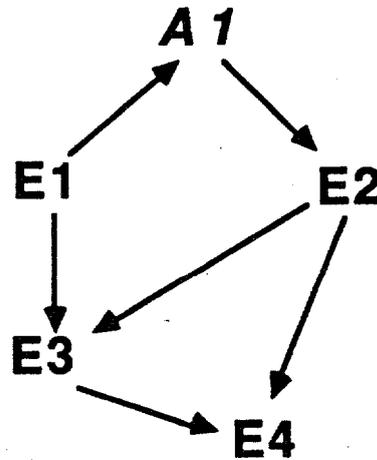


Fig. 6.5 Exemple d'un réseau d'impacts.

Une seule action “A1” est prise en consideration. La propagation des effets à travers le graphe d'impacts **nous permet** de **définir** le **sous-réseau** devant **être** analyse. Ce dernier est **formé** des elements “E1, E2, E3 et E4”. **Les flèches nous** indiquent les relations cause-effet et le sens de propagation des impacts **nous** permettant d'identifier l'**agresseur** et la **victime** pour **chaque** lien .

•Particularité #1

Cette particularité **touche** l'étape prevision-interpretation des impacts. L'**analyse** du graphe sera **effectuée** du haut vers le bas et dans un ordre bien **défini**. Cet ordre de **parcours** est directement **lié** au multi-parentage des noeuds du **réseau**. **Ceci** met en **lumière** toute l'**importance** des **mécanismes** de **sommation** et de propagation des effets le long des arcs du **réseau**.

Pour l'exemple **précédent**, il faudra examiner d'abord les **éléments** E1 et E2 pour **évaluer** les impacts qui **leur** sont **affligés** par l'action A1. **Ensuite** on **passera à l'élément** E3 **afin d'évaluer** en premier lieu les impacts **spécifiques engendrés** par les agresseurs E1 et E2. On combiner-a **ensuite ces** impacts **spécifiques** pour arriver **à un** impact total ou **cumulé subit** par le noeud E3. On ne peut examiner **l'élément E4** avant E3 car **l'évaluation** de l'impact **spécifique** cause par E3 **à E4** est **basé sur** l'impact total **subit** par E3. Pinalement, on analyse **E4 à l'image de E3** (i.e. impacts **spécifiques**, puis total). Il est **à noter** que l'identifiant des composantes n'a aucun rapport **avec** l'ordre devaluation.

Ceci nous per-met de formuler le **principe** suivant:

•La propagation des effets **d'un** element **père à** ses elements fils ne peut **être** faite que si l'ensemble des noeuds antecedents du **père** ont **été préalablement traités**. C'est **donc à partir** de l'impact total **subi** par un **père** que les impacts **spécifiques** qu'il engendre **à** ses fils peuvent **être évalués**.

- *Particularise' #2*

Il faut porter une attention toute **particulière** aux boucles ou cycles d'impacts pouvant se glisser lors de la construction des **réseaux**. On **soulève** ici un problme **lié de façon intrinsèque** aux des relations complexes pouvant **existées** entre les elements **d'un milieu donné**. **Ce phénomène** de **boucle** d'interaction **entre** composantes est **illustré à** la figure suivante:

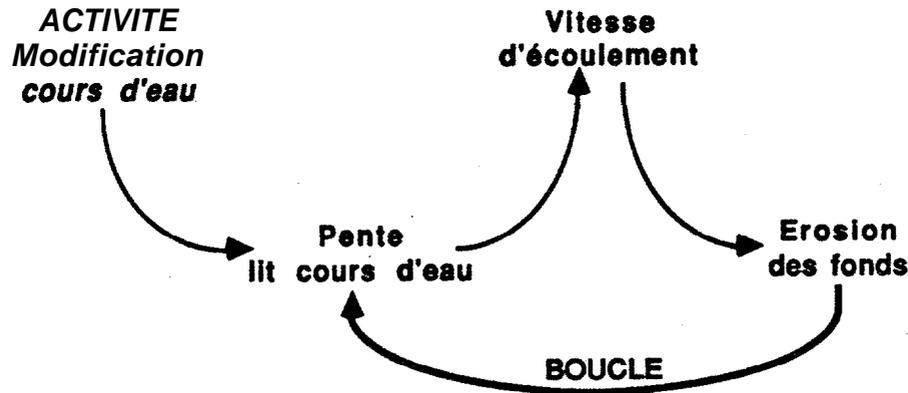


Fig. 6.6 Boucle d'interaction d'impacts.

Il est **très difficile** de concevoir une **procédure générale** de traitement de ces boucles introduites **à l'intérieur** des **réseaux** d'impacts. Ces cycles, **cause-effet démontrent** l'aspect **récuratif** des **incidences** et le **caractère** adaptatif des **éléments** du milieu face aux changements qu'ils subissent. Il s'agit de **phénomènes** dynamiques se situant dans le cadre **d'une EIE** qui se veut **plutôt** statique.

Il est pratiquement impossible de prendre en **compte** les facteurs temporels **nécessaires** à la **mesure** de ce type d'incidences en utilisant le formalisme des **réseaux** d'impacts. Les éléments impliqués forment un **micro-système** recherchant un état de **stabilité** obtenu **à plus ou moins long terme**. Un traitement particulier, faisant probablement appel **à** des processus **itératifs d'évaluation** par pas de temps, devrait **donc** être réservé aux éléments d'entrée/sortie de ces boucles (ex.: ***pente du lit du cours d'eau***).

6.4 Représentation matricielle en 3 4

Les matrices d'impacts restent **à l'heure** actuelle l'un des meilleurs moyens d'illustrer et de **communiquer** les conclusions d'une EIE. **L'affichage** des **résultats** sous une **forme tabloïde** en deux dimensions **convient** parfaitement pour les impacts primaires ou directs. Par **contre** l'illustration des relations cause-effet et des impacts qu'elles engendrent demande un **formalisme** plus puissant.

Les graphes d'impacts permettent **l'affichage** des interrelations entre les éléments du milieu et les **activités** du **projet**. Malheureusement, **ils** deviennent pratiquement inutilisables lorsque la quantité d'information **affichée** est trop **grande**. Ils se **révèlent** ainsi mal **adaptés à** cette **tâche** de communication des **résultats**.

La représentation matricielle des impacts **demeure** l'une des **méthodes** les plus simples et des mieux **adaptées à** l'illustration des conclusions d'une EIE. L'addition **d'une troisième** dimension **à** la **matrice** conventionnelle **nous** **permet** d'illustrer les relations cause-effet **existant** entre les composantes du milieu. La figure 6.7 **nous** affiche la **matrice 3D** pouvant **résulter** de l'analyse du **réseau présenté à l'exemple précédent** (figure 6.5).

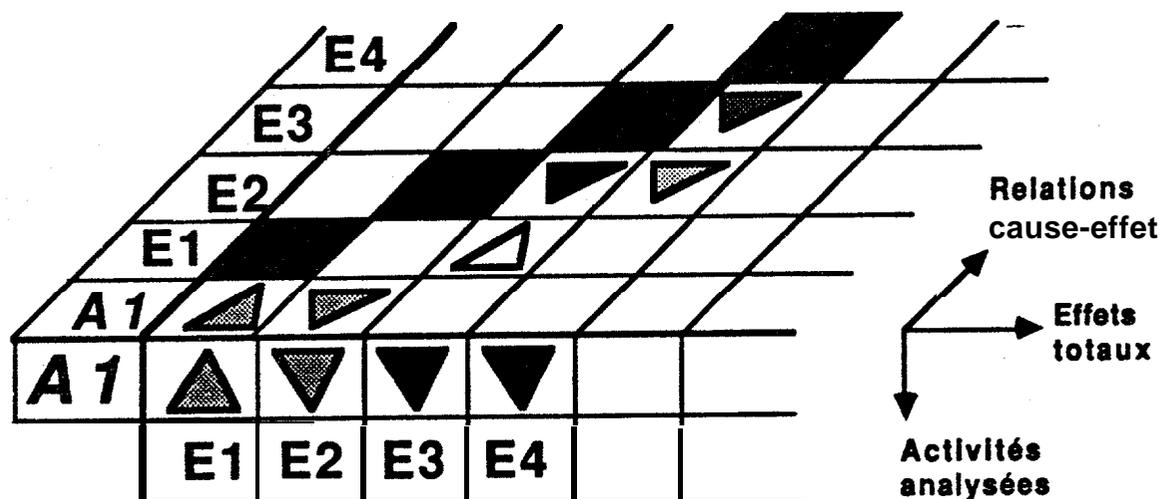


Fig. 6.7 Vue partielle d'une matrice d'impacts 3D.

Evidemment la gestion d'un tel mode de presentation des **résultats n'est** pas envisageable manuellement. Un module **écrit en langage** informatique classique pourrait **très bien** faire ce travail de post-traitement des **données**.

Chacune des dimensions de la **matrice nous permet** de **communiquer** des informations pertinentes concernant les elements et **leurs** impacts.

• 1D:

-Identification de **l'action analysée**.

• 2D:

-**Liste** des **éléments** faisant **partis** du **sous-réseau** d'impacts **délimité** par **l'activité analysée**.

-**Affichage** de l'ampleur **totale** de l'impact que **subit** chacun des elements **considérés**. Celle-ci **découle d'un** processus quelconque **d'agrégation** des impacts **spécifiques illustrés** en 3D.

• 3D:

- Même** liste **d'éléments** qu'en 2D.
- Affichage des ampleurs **spécifiques** des impacts qui sont **affligés** à chacun des éléments par **leur(s) agresseur(s)**.
- Illustration des relations cause-effet permettant de **définir** l'enchaînement des effets **provoqués** par l'application **de l'activité analysée**.

6.5 Formalisation Dar réseau sémantique

Le formalisme des **réseaux sémantiques nous** est apparu tout à fait adapter pour la représentation des connaissances statiques et structurelles contenues dans les **réseaux d'impacts**. Chacun des noeuds du **réseau sémantique** représentera une composante environnementale **retrouvée** dans le milieu naturel **étudié**. On leur associera des attributs **généraux nécessaires** aux inférences du **système** et à la **caractérisation** des impacts, **mais** aussi des attributs propres les **caractérisant**. Les arcs unissant les attributs aux noeuds seront du type "attribut de" et ceux unissant les noeuds entre eux seront du type "affecte" tel qu'illustré au schéma suivant:

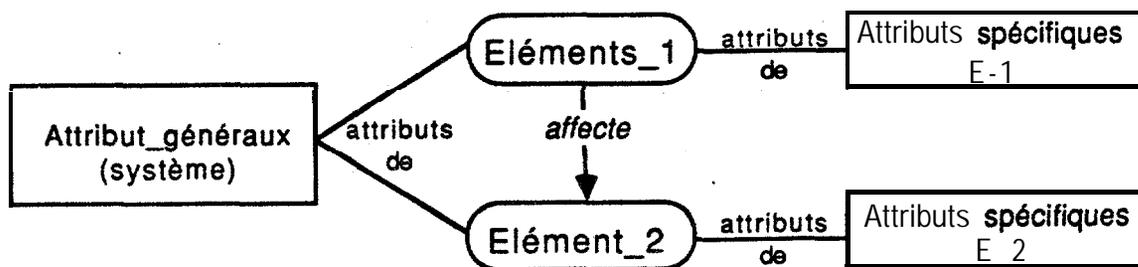


Fig. 6.8 Noeuds, attributs et relations du réseau sémantique.

Le réseau devrait exprimer de **façon** exhaustive toutes **les** relations cause-effet possibles entre les **éléments** environnementaux du milieu. **Ceci nous amène à** construire des **réseaux très** complexes et le **système** devra **posséder** toutes les informations **nécessaires** pour le purifier en **fonction** des **caractéristiques** du **problème** traité. **Le SE** pourra valider l'existence **des** liens "affecte" et **caractériser** les impacts relatifs aux noeuds **considérés** par la consultation de bases de **règles** traduisant toute la **subtilité** de l'expertise du **domaine**.

C'est par la création de **fonctionnalités particulières** à la manipulation du **réseau d'impacts** que **nous** pourrons atteindre notre **objectif** de simulation des processus mentaux des **spécialistes**. Ces outils de validation et de déduction attachés au **réseau** se **présenteront sous les** formes suivantes:

- mécanisme** de propagation de certaines valeurs d'attributs **à** travers **le réseau**.
- fonctions nécessaires** à la manipulation des **entités** objets du **réseau**.
- accès** aux bases de connaissances d'axiomes (**règles**) pour la **déduction** de certaines valeurs et pour la validation de certaines relations.

Cette structuration du **réseau sémantique nous** conduit à une représentation hybride entre **règles** de productions et objets. **Voici** maintenant un **exemple** fictif de réseau cause-effet **simplifié illustrant** les propos **précédents** (figure 6.9). On peut y observer quatre **activités liées à différentes** phases d'un **projet** quelconque et **touchant** un ensemble non exhaustif de sept **composantes** environnementales de divers types. **Ce** graphe **nous** expose **les**

multiples liens devant être **définis** entre les **entités afin** de simuler l'**enchaînement** des impacts.

Lorsque'une composante environnementale est directement **affectée** par une activité, l'impact qu'elle **subit** est **qualifié** de primaire. Dans le cas d'un impact induit par la relation cause-effet entre deux **éléments** du milieu, cet impact est dit secondaire. De plus, **certains éléments** peuvent être **touchés simultanément** par ces deux types d'impacts **à** la fois, ils font alors **partie** de la **catégorie** des impacts mixtes. Cette **catégorisation** des impacts semble sans **intérêt à** cette **étape** de la discussion. Son utilité sera établie lors de la phase d'implémentation des structures **nécessaires** aux déductions et **à** la propagation des **incidences à** travers le **réseau sémantique**. Le **comportement** des **entités manipulées sera fonction** des types d'agressions qu'elles subissent. L'exemple ci-dessous ne comporte aucun élément **touché à** la fois par une activité et par un élément du milieu.

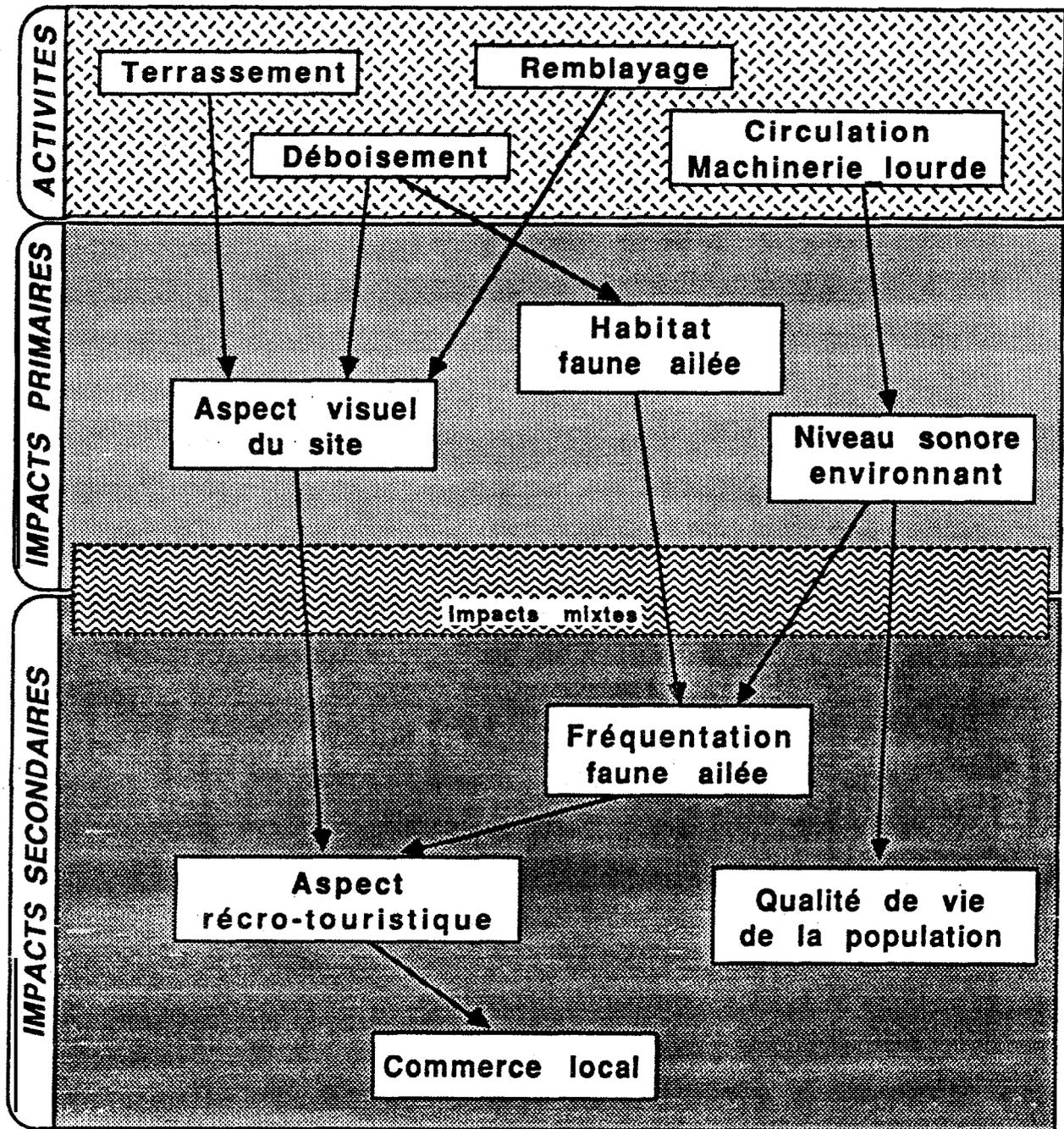


Fig. 6.9 Réseau cause-effet simplifié.

6.5.1 Les noeuds du réseau

Les noeuds du réseau sont de deux types:

- 1- Activids **associées** au **projet étudié**.
- 2- **Eléments Sensibles du Milieu considéré (ESM)**.

Ces noeuds seront **associés à** des classes d'individus au niveau desquelles il sera possible de **définir certains** comportements **généraux héritables** par les instances. Ces nouveaux liens seront **désignés sous** l'appellation "**Est_un**". Ainsi on regroupera le premier type de noeuds à la classe **ACTIVITES** et le second à la classe **ESM** tel qu'illustré sur la figure suivante:

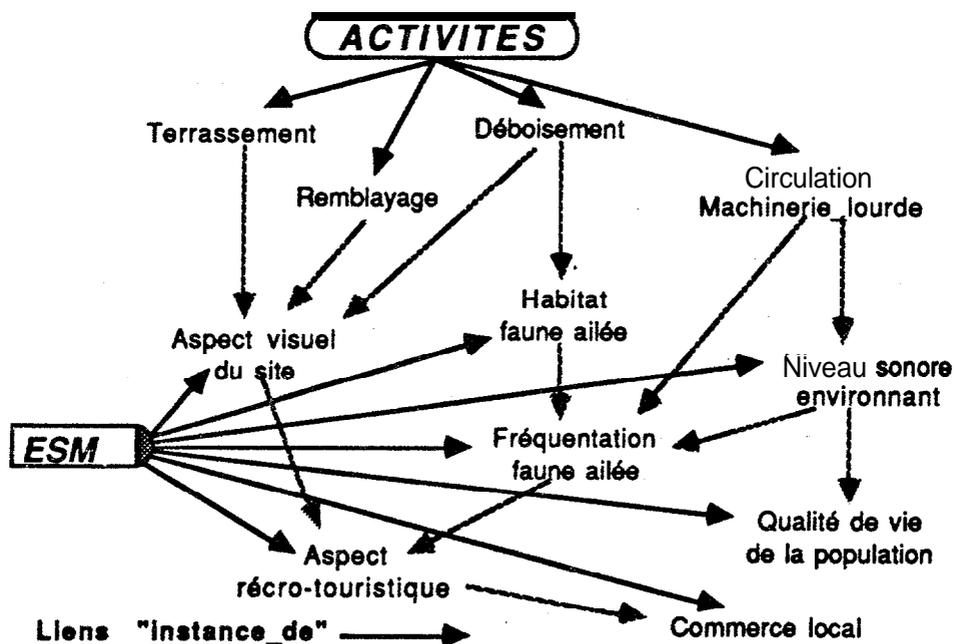


Fig. 6.40 Lien des classes ESM et Activités avec les noeuds du réseau d'impacts.

6.5.2 Les arcs du réseau

Notre **réseau** supporte trois sortes de liens sémantiques: la relation “affecte”, la relation “attribut-de” et la relation “**est_un**”. Les deux premiers sont qualifiés de **lien sémantique** et le dernier de **lien épistémologique** ou **structurel**. L’introduction du lien structurel “**est_un**” est pratiquement indispensable **lors de l’implémentation à l’aide d’un** formalisme orienté objet.

Le lien “**affecte**” figure, s’il existe, une relation cause-effet entre une activité et un élément sensible ou entre **deux** éléments sensibles. Son existence dépend des valeurs de **certain**s attributs attachés aux objets **manipulés**. La gestion de ces relations est **assurée** par **consultation** de bases de **règles**. **C’est** ainsi que l’on sera en **mesure** de valider ou non l’existence **d’un** lien.

La relation “attribut-de” **sert à adjoindre** de la connaissance aux nœuds du **réseau**. L’affectation de ces attributs peut **être** faite de cinq **manières** différentes au **cours** de la consultation:

- héritage de la valeur **auprès** du ou des nœuds parents.
- déduction en consultant une base de **règles**.
- lecture dans une base de **données**.
- exécution **d’une** procédure **spécifique**.
- requête **à l’utilisateur**.

Finalement, la relation "**Est_un**" permet d'unir un objet de l'univers à une classe plus **générale**. Ce lien de **spécialisation** permet de **définir** une **hiérarchie générique** entre le noeud **père** et les noeuds fils. La collection d'attribut de la classe devient un **sous-ensemble inclus** dans la structure des objets qui y sont **liés**. Les objets **fils** sont normalement dotés d'autres attributs plus **spécifiques**.

6.5.3 Les attributs du réseau

L'attribut **représente** de la connaissance **générale et/ou spécifique** attachée à un noeud (objet) du **réseau**. Ce sont ces attributs qui conservent l'ensemble de l'information relative **à l'EIE**. On distingue des attributs **généraux, hérités d'une** classe, et des attributs **spécifiques caractérisant** les noeuds. **Les caractéristiques** et les comportements **associés** aux divers attributs seront explicités à la section "Structuration **orientée** objets". La figure 6.11 illustre le **réseau** des noeuds et leurs attributs **construit à** partir de l'**exemple fictif** de la figure 6.9.

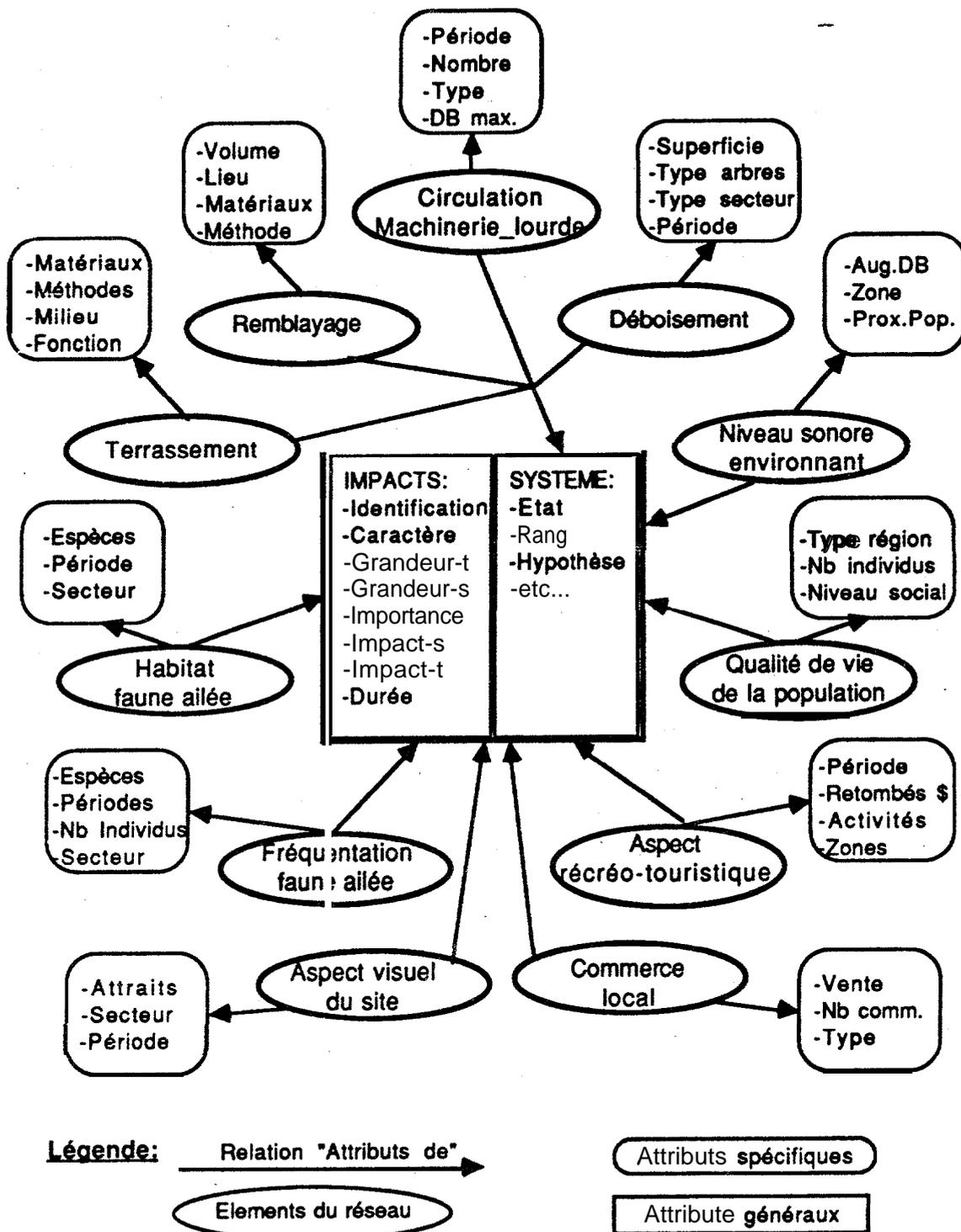


Fig. 6.1 I Noeuds et attributs du réseau.

7. MODELISATION DU RAISONNEMENT

7.1 Niveau global

Les principales étapes du raisonnement peuvent être associées aux différentes tâches exécutées par le gestionnaire de projet lors de la réalisation de l'EIE. La procédure globale représente une sorte de m&a-connaissance nous permettant d'exploiter les techniques d'évaluation des incidences discutées précédemment. La figure 7.1 illustre l'ensemble des étapes devant être franchies.

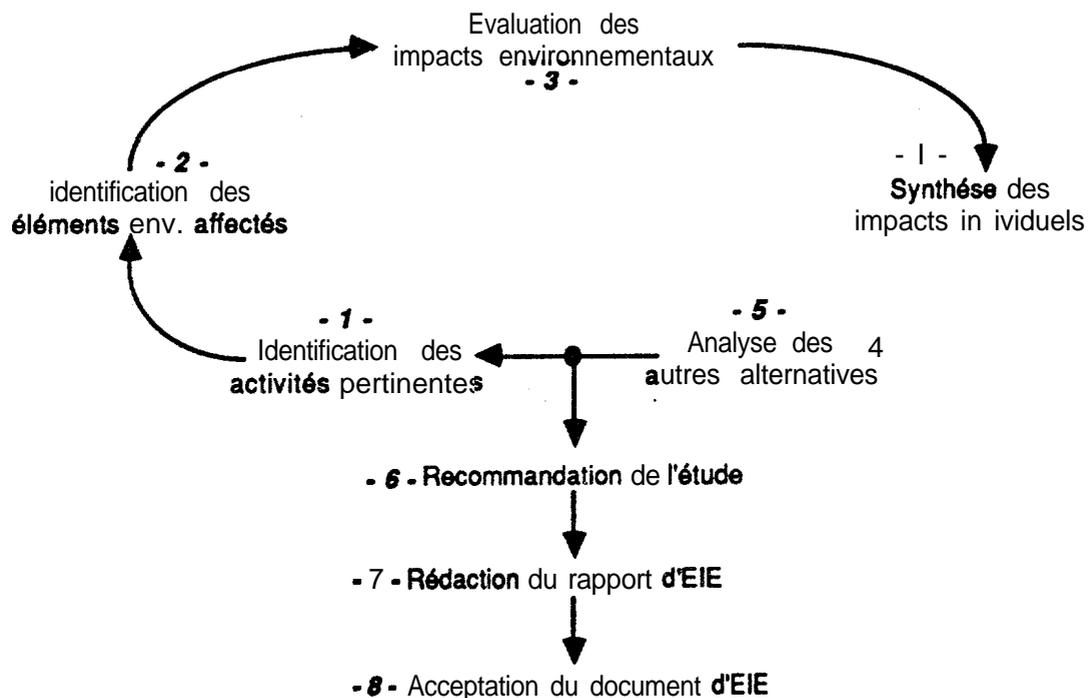


Fig. 7.1 Etapes de réalisation d'une EIE.

La somme de travail que demanderait l'implantation **des** structures **nécessaires** à l'accomplissement de ces huit tâches est **beaucoup** trop grande dans le **contexte** de cette **étude**. Le prototype **AREIE** permettra, **grâce** à l'implantation **d'un** savoir-faire **procédural** global, d'exploiter de **manière** plus **fine** un ensemble de connaissances pertinentes **à** la **résolution** des tâches **1, 2, 3** et **4**. De plus le raisonnement pourra **être** interrompu **à** tout moment pour interroger le **système** concernant **ses** deductions.

7 . 2 Niveau spécifique

Nous détaillerons ici le raisonnement plus ou moins **procédural** du **système** lors de l'accomplissement de chacune des quatre tâches ci-haut mentionnées.

7.2.1 L'identification des Activités/ESM (tâches 1 et 2)

Le **système** essaie d'abord d'identifier une première **activité** dont les repercussions doivent faire l'objet **d'une** analyse. Pour ce faire, il examine les instances de la **classe ACTIVITES** (voir figure 7.2). Celle-ci **contient** les actions **généralement présentes** lors de la **réalisation d'un projet** de **même** type que celui analyse.

L'information quant à la présence ou non d'une action peut être obtenue par les moyens suivants:

- consultation d'une base de règles.
- consultation d'une base de données.
- question à l'utilisateur.

Une fois que le système a identifié les activités présentes, il est en mesure de sélectionner les éléments sensibles touchés en fonction du sous-réseau d'impacts délimité par cette action. Par exemple, lorsque l'on identifie l'action "Déboisement" (voir figure 6.9), le sous-réseau suivant fera l'objet d'une analyse par le SE.

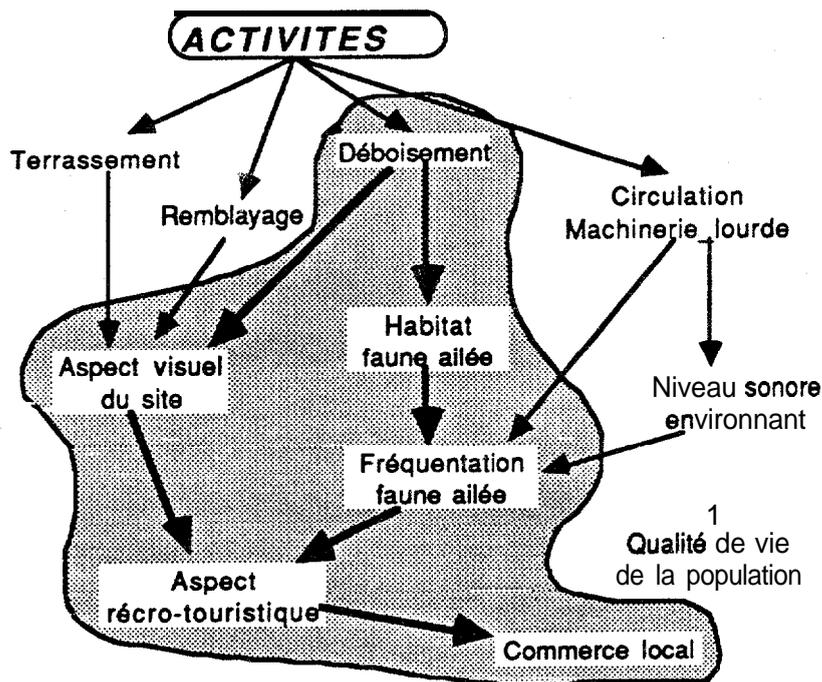


Fig. 7.2 Exemple d'un sous-réseau & impacts.

L'identification des composantes du **sous-réseau** se fera **à** travers la validation des relations cause-effet concern&s (traits **foncés** figure 7.2). Cette validation se base sur la consultation de bases de **règles effectuée** en **chaînage arrière** (mode induction). Le **système tentera** de **vérifier la vraisemblance** des hypothèses **pointant** sur les noeuds **père** et **fils** de la relation **examinée**. Il s'agit **donc** d'un processus **incrémentiel** d'analyse (niveau par niveau) des relations du **réseau d'impacts**.

Il serait aussi possible et pertinent de **déterminer** la valeurs de **certaines paramètres décrivant** les impacts tels que son **caractère** ou sa **durée**. Ces deductions pourraient se faire sur la **même** base que **précédemment** (induction, BD, utilisateur). Pour l'instant, le prototype ne fait qu'une identification selective des **ESM à cette étape du** raisonnement.

7.2.2 L'évaluation des impacts (&apes 3 et 4)

L'étape précédente nous a fourni l'ensemble des éléments sensibles du milieu "susceptible" **d'être affectés** par l'**activité analysée**. De plus nous gardons en **mémoire** une trace de(s) **agresseur(s)** de chacun des éléments ainsi que l'identifiant de l'action **à l'origine du sous-réseau étudié**.

L'évaluation des impacts pourrait se baser sur la **définition analytique** suivante:

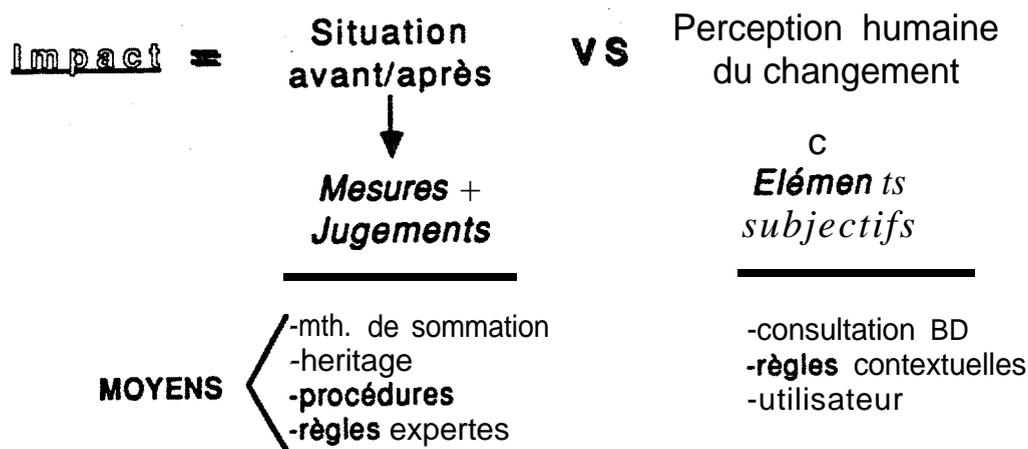


Fig. 73 Définition d'un impact environnemental.

Cette **définition** rejoint donc les **propas** des sections **précédentes**. La figure 7.3 nous indique les divers moyens pouvant **être** mis en **œuvre** pour déterminer l'ampleur des impacts **spécifiques** et total subis par chacun des **éléments** concern&. La détermination des impacts **totaux** se fait selon le **même principe** mais ne **considérant** cette fois ci la grandeur totale de l'impact. Cette évaluation des impacts est **basée** sur un parcours **ordonné** (voir section "Interaction entre les composantes", *Particularité #I*) des composantes identifiées **à partir** du **sous-réseau** de l'étape précédente.

L'analyse successive de chacun des noeuds dun **sous-réseau** d'impacts se divise en deux phases:

1° Mettre en oeuvre le **mécanisme d'agrégation** des grandeurs des impacts **spécifiques** subi, par le ESM pour déterminer la grandeur totale de l'impacts dont il est victime. La technique suivante est **implémentée** pour le prototype **AREIE**:

$$G_{\text{totale}} = 9 * \text{Max} \{ \text{grandeur spécifique} \} + \sum \{ \text{grandeur spécifique} \}$$

2° Evaluer les impacts **spécifiques engendrés** par le ESM envers ses noeuds **fils**.

C'est encore une fois par des processus de **vérification d'hypothèses** (**ch.arrière**) et d'attachelements proceduraux que le **système** est amené à estimer la grandeur et l'importance des incidences. De **même**, certaines techniques de son-u-nation et propagation des impacts, g&&ales ou **spécifiques**, sont appelees au cours des inferences du **système** (voir section "**Les règles** de production").

Il **s'avérait** plus simple pour **nous** de quantifier **numériquement** la grandeur des impacts et l'importance des **éléments considérés**. **Nous** avons choisi **d'étalonner** nos evaluations selon une **échelle** variant de 0 à 10. Le produit de la grandeur par l'importance **nous** permettra **d'apprécier** globalement l'impact total pour un element du milieu **étudié**. De eette **manière** **nous** obtiendrons une variation de 0 à 100 pour l'ampleur dun impact sur un **élément donné**. Ceci **représente** un choix tout à fait arbitraire et pragmatique de notre part. La definition analytique de la figure 7.3 est done assimilée à la for-mule suivante:

Impact	=	Grandeur	X	Importance
[0 à 100]		du changement		de l'élément
		[0 à 10]		[0 à 10]

8 . ARCHITECTURE DU PROTOTYPE AREIE. -

L'architecture du prototype **AREIE** est **présentée** (figure 8.1) en fonction des **différentes** étapes du raisonnement, de la nature des connaissances **impliquées** et du flot d'information qui **s'établit**.

8.1 La modularité du système

La conceptualisation et la formalisation de l'univers de connaissances nous ont **amenés à décomposer** le système de **façon** modulaire. Ces modules permettent de réaliser les diverses phases de la **méthodologie** d'évaluation environnementale **exposée** aux sections **précédentes**. Dans la version **actuelle** du prototype cette modularité est virtuelle car la grandeur des bases de connaissances ne justifie pas leur gestion explicite **afin** d'optimiser la place mémoire utilisée. .

Nous avons ainsi deux modules qui représentent d'une part les connaissances relatives au processus **général** de **réalisation** d'une EIE et d'autre part le savoir **spécifique** aux composantes du projet et du milieu **étudiés**. Le bloc de gestion de la consultation **représente** le noeud central du **système**. Pour chacune des phases de l'**EIE**, il engendre les processus d'inférences explicites et implicites **à** travers les **différents** types de connaissances du système.

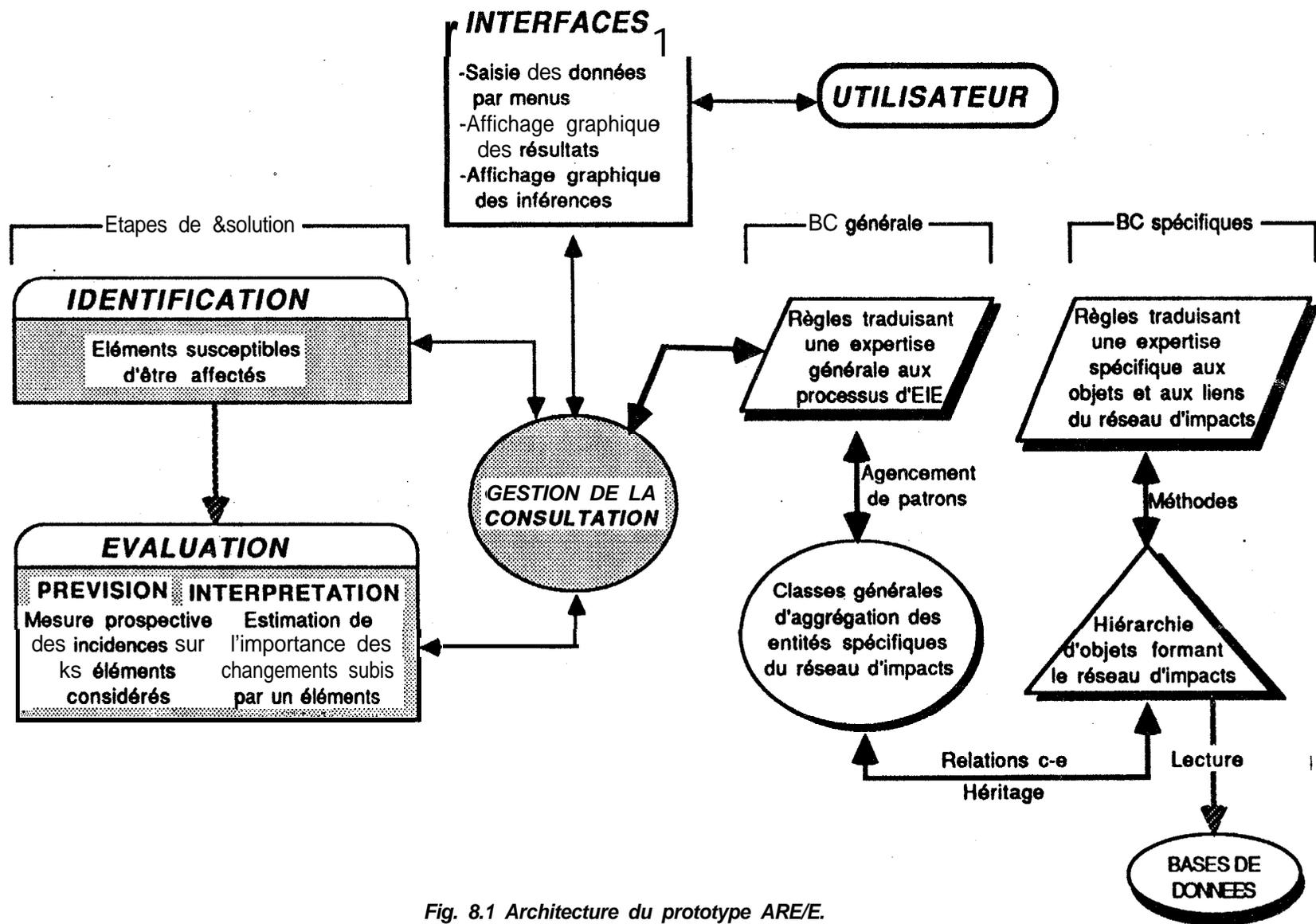


Fig. 8.1 Architecture du prototype ARE/E.

8.2 Identification/évaluation

Ces **étapes** ont Cd suffisamment **détaillées** dans les sections **précédentes**. La description des structures informatiques modifiant ces **tâches fournira** des informations **supplémentaires** concernant la codification **dès** formalismes **utilisés**.

8.3 Gestion de la consultation

Le **déroulement** de la consultation est **entièrement géré** à l'aide de **règles**. Celles-ci **représentent** une m&a-connaissance relativement **procédurale nous** permettant de franchir chacune des Ctapes de resolution. Cette approche laisse une grande **flexibilité** au **développeur** pour **gérer** adéquatement l'enchaînement des **différentes** hypotheses ainsi que pour valider les structures implement&s.

8.4 Facilités supplémentaires

8.4.1 Bases de **données**

L'outil choisi pour réaliser AREIE permet un couplage **aisé** avec les bases de **données**. Nous avons profité de cet avantage, en associant **à l'étape** **interprétation** des impacts une base de don&s.

Celle-ci, sur **requête** du **système**, fournit les **informations relatives** à l'importance de certains **éléments** sensibles du milieu. Cette base de **données** peut donc **être** modifiée en fonction de facteurs contextuels ou autres pour ainsi permettre au **système** de conserver l'aspect adaptatif des **critères décisionnels**. Il est parfaitement envisageable **d'étendre** ces interconnexions à d'autres parties du **système** expert.

8.4.2 L'interface graphique

Une représentation graphique des **résultats** vaut mieux qu'un long discours. Cette phrase commence à prendre tout son poids dans le monde de l'informatique. C'est probablement ce qu'ont **pensé** les concepteurs de l'outil Nexpert **Object** car ce dernier offre des fonctionnalités **très** utiles au niveau de la présentation des **données** et des **résultats**.

On peut à tout moment voir **l'état** du raisonnement à partir du **réseau** des **règles** et **l'état** des objets à partir du **réseau** d'objets. C'est par des **icônes**, des fontes différentes et des couleurs (avec **l'écran** approprié) que ces éditeurs graphiques **nous** permettent d'identifier **l'état** des hypothèses et des données. La figure 8.2 **nous** offre une vue d'ensemble des types de **réseaux** pouvant **être** affichés.

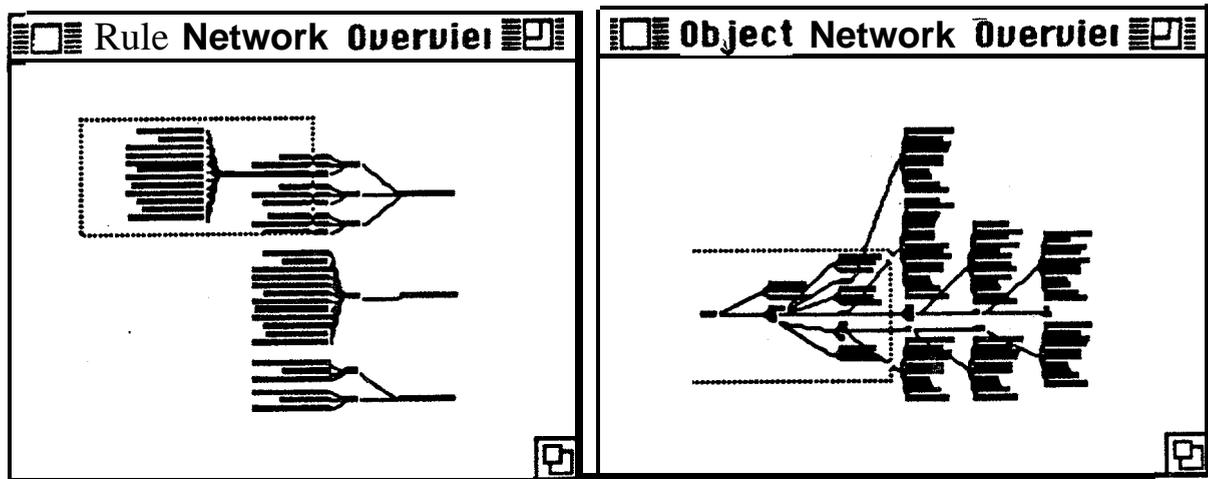


Fig. 82 Vue & ensemble des réseaux de règles et d'objets.

8.4.3 L'interface utilisateur

L'ordinateur Mat IX est **particulièrement** bien adapté au **développement** d'une interface utilisateur ergonomique. Dans le cas d'un prototype de recherche, cette **dernière s'avérait** moins importante. Par contre, la puissance du système est malheureusement trop souvent **associée à la qualité** de son interface utilisateur. L'outil *Nexpert Object* **nous** offre deux alternatives quant à l'environnement de consultation du système expert. Lorsque les concepteurs du système ne **définissent** aucune interface particulière, le **système** prend en charge le dialogue avec l'utilisateur. La figure 8.3 **nous** illustre le format de question par **défaut** offert par l'outil *Nexpert Object*. Celui-ci s'adapte automatiquement au type de **données manipulées (ch. caractères, val. numériques ou booléennes)**. Aucune interface **spécifique** n'a été développée pour le prototype **AREIE**.

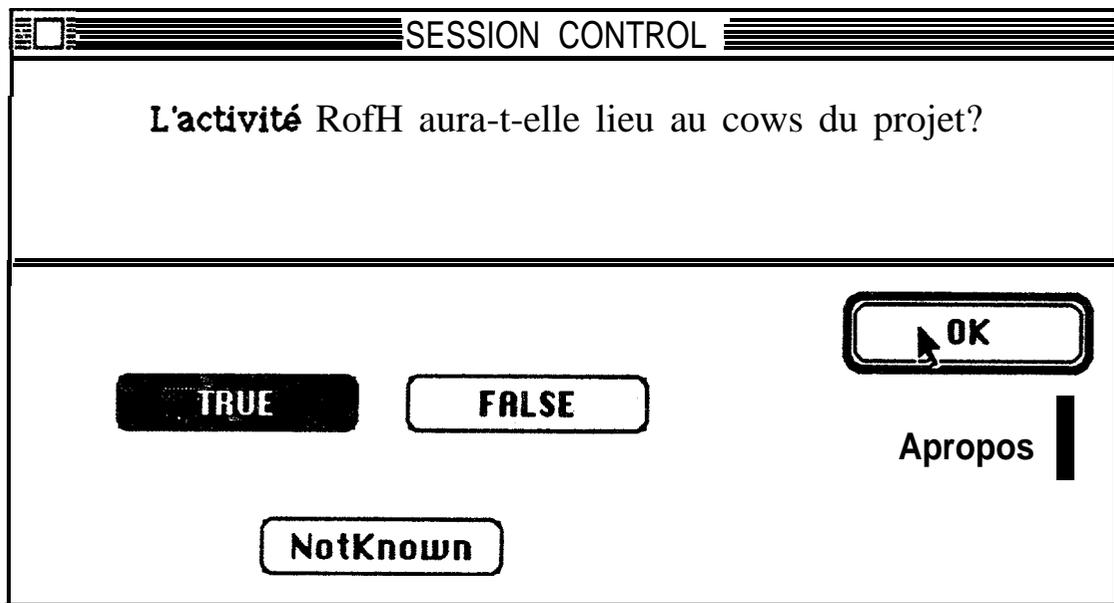


Fig. 83 Format par défaut utilisé par NO pour les requêtes à l'utilisateur.

Un autre logiciel (aiVision/aiScreen ou NORT) est offert aux concepteurs de SE pour le **développement** d'interfaces **adaptées à** ces besoins **spécifiques**. Ce programme est **indépendant** de la coquille Nexpert *object* et fonctionne selon les principes suivants:

- Constmire des **formes** pour recueillir les **données auprès** de l'utilisateur.
- Faire le lien avec la base de connaissances **à** partir du nom du fichier aiVision/aiScreen (**nom_fichier=objet.propriété**).

Le suivi et **les** comptes rendus de la consultation s'effectuent **à** l'aide des **fenêtres** moniteur. Cette information s'adresse principalement au concepteur du SE et n'est pas accessible aux usagers lorsque l'on produit une version utilisateur. Le **système nous** foumit ainsi de l'information concernant les **inférences**, les **hypothèses**, les **règles considérées** et les conclusions du SE.

9. IMPLEMENTATION AVEC L'OUTIL NEXPERT OBJECT

Nexpert Object peut **être qualifié** de **système** hybride car il offre la **possibilité** de structurer l'univers de travail en une **hiérarchie d'objets/classes** et de manipuler ces **entités** à l'aide de **règles** de production conventionnelles. Ainsi le raisonnement du SE est **fondé** sur des granules de **connaissances** plus ou moins **spécialisées**. La modélisation des connaissances statiques et procédurales est **basée** sur une représentation orientée objets. Celle-ci **nous** permet entre autre de **définir** des **stratégies d'héritage** et des **modes** s'appliquant aux **hiérarchies** de classes et d'objets.

Le moteur **d'inférences** fait **progresser** la **résolution** du **problème** par la validation **d'hypothèses** et le déclenchement de **règles**. Une **hypothèse** est la conclusion d'une **règle** et elle peut **intervenir** comme **prémisse** d'autres règles. Celle-ci jouent le **rôle d'étape** intermédiaire ou finale du raisonnement, ou de **but** ou sous-but suivant une autre terminologie. D'un **point de** vue statique, une **hypothèse** est aussi **considérée** comme un objet de type scalaire.

La base de connaissances **modélise, sous** forme de règles et d'une structuration objets, les processus **généraux** mis en oeuvre lorsque les **spécialistes** réalisent une EIE. On **définit** une sorte de canevas ou de **système dédié** à l'implantation **d'un** savoir expert devant expliciter les conditions **réelles** d'identification et **d'évaluation** des impacts environnementaux. Ainsi, toute une représentation **adaptée** au traitement des **problèmes d'EIE** est offerte aux experts pour leur permettre d'introduire et d'exploiter leur savoir.

Cette **implémentation** pourra, dans certains cas, **paraître quelque** peu tordue aux yeux de personnes possédant une **expérience** dans le **développement** de **systèmes** hybrides. **Nous** tenons **à spécifier qu'à** ce niveau, **nous** avons **dû** utiliser toutes sortes de ruses pour contourner les **différents** malfonctionnements (“bugs”) du logiciel ou pour arriver **à** nos **fins malgré** les insuffisances de **la** coquille de **conception**. De ce fait, certaines **méthodes** de **résolution** sont intimement **liées aux** formalismes et aux modes **d'inférences** imposés par le logiciel **Nexpert *Object* version 1.0. sur Macintosh II.**

9.1 Les spécification de Nexpert *Object* version 1.0.

L'outil de développement Nexpert Object offre des fonctionnalités **très intéressantes** tant au point de vue de la **représentation** que de la manipulation des connaissances. Les **éditeurs** (“templates”) facilitent grandement la construction des bases de connaissances et la **représentation** graphique de ces **dernières** offre un grand **intérêt** aux niveaux structurel et dynamique.

A la base, ce logiciel s'adresse **à** des non **spécialistes** en intelligence artificielle. Ceci est perceptible de par sa facilité de mise en oeuvre. Actuellement, Nexpert *Object* est probablement l'un des logiciels le plus vendu sur le marché. De par ses **caractéristiques** (outil hybride) il s'apparente **à** des outils beaucoup plus dispendieux tels que ART ou KEE (plus de \$25000 US). Il offre un excellent ‘rapport **qualité/prix** (\$5000 US).

La maison mère Neuron Data offre un excellent support technique (formation et aide au développement). De plus, les **différents utilisateurs** sont en contact par l'entremise d'un **réseau** informatique permettant des échanges **d'idées** et de “Tips”.

Nous récapitulons brièvement ici les fonctionnalités de l'outil Nexpert Object par rapport aux critères de convivialité, de performance et d'intégration du système. Nous fournissons à l'annexe A un document décrivant de manière plus détaillée les caractéristiques du logiciel. Ce feuillet est conçu et distribué par la compagnie Intellia dépositaire du produit en France.

9.1.1 Vue d'ensemble du système

Fonctionnalités:

- Classes d'activités concernées:

Le développement de tout système expert passe nécessairement par différentes classes d'activités, ou phases de développement, que l'on regroupe habituellement de la manière suivante:

Activités	Description
Identification	définir les objectifs du projet
Conceptualisation	modélisation conceptuelle des connaissances
Formalisation	choisir un mode de représentation du savoir
Implantation	construction des bases de connaissances
Validation	affinement des bases de connaissances

Nexpert Object n'offre aucune fonctionnalité quant à l'aide à l'acquisition de la connaissance (ex.: génération automatique de B.C. à partir d'exemples types du domaine, etc...) ou à la conceptualisation du savoir. La Figure 9.1 nous illustre les phases de conception d'un SE touchées par l'utilisation de N.O.

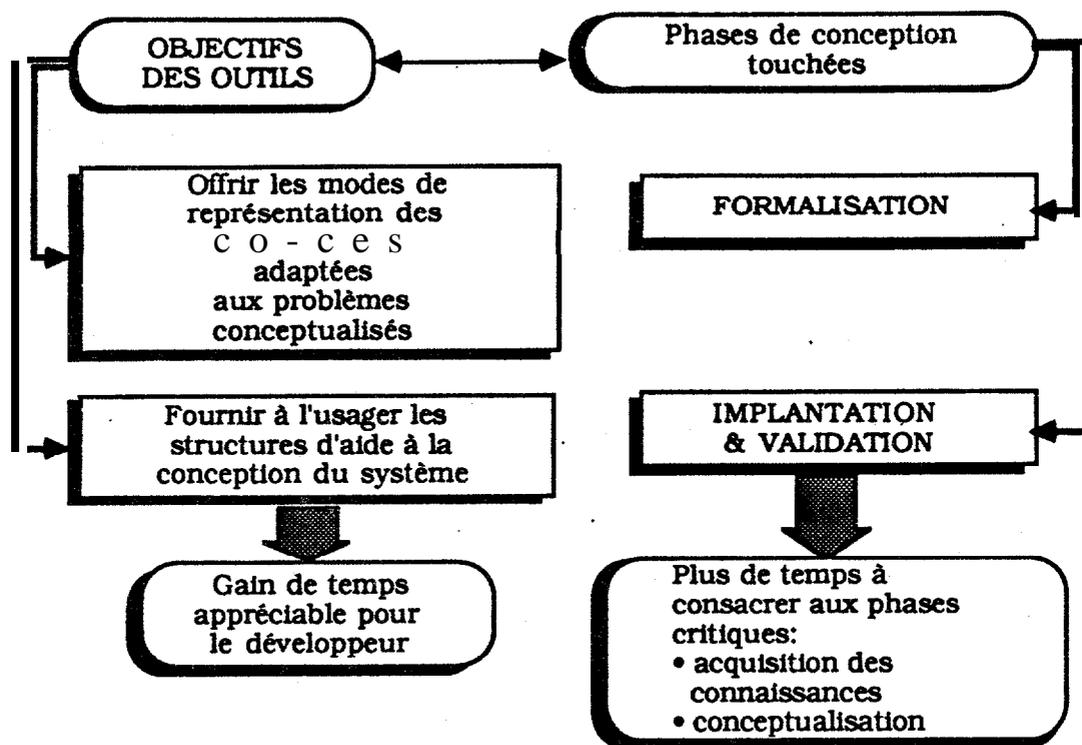


Fig. 9.1 Phases de conception d'un SE touchées par l'implémentation de N.O.

*Versions disponibles sur le marché

Appareil	Prix N.O.	Prix RUNTIME
MACINTOSH Plus, SE, II	\$5000 US	\$400 US
IBM AT, PS/2, 386	\$5000 US	\$400 US
VaxStation II, 2000 (VMS)	\$8000 US	\$1200 US
WorkStation (Unix)	\$8000 US	\$1200 US

- Spkifications techniques pour la version Macintosh:
 - Espace occupée** sur disque ==> 423 **Koctets**.
 - Ecrit** en langage C.

Convivialité:

- Il est possible d'interrompre la consultation du SE à tout moment.
- Le passage entre les **activités** de modification et **d'exécution** du SE est très facile et rapide.
- *La documentation:
 - Guide de l'utilisateur: **sorte** de tutorial
==>environ 370 pages.
 - Fichiers** d'exemples et **autres**:
==>environ 50 pages.
- *La formation:
 - Compagnie Bechtel inc.
 - Prix: \$650 US / 2 jours
 - Le support technique:
 - Période** dun an => \$1000 US
 - 2 choix: *appel direct (Neuron Data).
***courrier** électronique.
 - Premier 90 **jours** gratuits.
- L'apprentissage:
 - Niveau fonctionnalis offertes par l'outil:
***fonction** des connaissances de l'utilisateur.
 - Niveau developpement **d'un** exemple simple:
***demande** quelques heures.

Performance:

- Le temps pour charger Nexpert Object sur le Mat **II** est d'environ 5 secondes.
- **Le** temps de compilation initiale pour une base de connaissances d'environ 30 **règles** complexes et **20** objets/classes (env. 5 prop. chaque) est de 5 secondes.
- **La** compilation **s'effectue** de **manière incrémentielle**, i.e. que chaque nouvel Clement de la B.C. est **compilé** en **mémoire immédiatement après** sa **création** ou sa modification, donc **cette dernière** est quasi **instantanée**.
- L'ex&zution de la **plupart** des operations disponibles avec le logiciel est pratiquement **instantanée** (edition, affichage graphique, etc...).

Intégration:

- *Application exteme utilisant Nexpert Object:
 - offre** toutes les routines **d'accès à** l'ensemble de ses fonctionnalis (raisonnement et base de connaissances).
- **Nexpert** Object utilisant des programmes externes:
 - possibilité** de lier des routines externes travaillant directement sw les entids de la base de connaissances
- **Lecture** dans les bases de **données** et tableurs:
 - format SYLK, **WKS**, ORACLE, etc...
- Acces au **système** sous-jacent:
 - Version Mat: possible au niveau de la modification des ressources...
 - Pas **d'accès** au langage du **système** comme tel en ce qui conceme **le** moteur **d'inférences**.
 - Possibilid de **piéger** les **procédures** par **défaut** pour les remplacer par des routines externes.

9.1.2 L'élaboration de la base de connaissances -

Fonctionnalité:

Formalismes de représentation des connaissances disponibles:

- Règles de production:

- Niveau **prémises:**

- ◊ **filtrage** au niveau des objets seulement.

- ◊ quantificateur universel et existentiel.

- ◊ choix **d'opérateurs:** *comparaison (num. & string).

- ***déclenchement** d'actions.

- *lecture BD, "reset value".

- Conclusion:

- ◊ manipulation **d'hypothèses booléennes** seulement.

- ◊ partie action: ***choix** considerable **d'opérateurs**.

- *Objets **structurés:**

- **Entités:**

- CLASSES, OBJETS.

- Relations:

- classes <-> **Sous-classes** (specialisation)

- Classes <-> Objets (instantiation)

- Objets <-> Sous-objets (decomposition)

-Mécanismes d'inférences implicites:

◊héritage:

- ***propriétés-valeurs.**
- *modes.
- *simple ou multiple.
- ***du père** ou du fils.
- ***des** objets ou des classes.
- ***stratégie** en largeur ou en profondeur.
- ***catégorie d'héritage (résol. conflits).**
- ***stratégie** globale ou **particulière.**

◊méthodes:

- *If Change (IC).
- *Order-of-Source (OS).

Convivialid:

- Editeurs: avec patrons (“templates”) à **tous** les niveaux:
 - Règles.**
 - Objets et Classes.
 - Propriétés.**
 - Contextes.**
- Représentation graphique des **données:**
 - réseaux** de classes-objets:
 - Oaffichage des **propriétés** et de leur valeur.
 - Oaffichage des catégories **d'héritage.**
 - ◊**icône** pour classe et objet (couleur avec Mat **II**).
 - Otype de lien (couleur avec Mat **II**).

-réseaux de règles:

- Icône pour le statut des **prémisses** et conclusions.
- Nature des liens (fort, faible) (couleur Mat II).
- Affichage des catégories **d'inférence**.

-accès aux réseaux affichés:

- Barre de **défilement**.
- Vue d'ensemble pour focalisation **particulière** (overview).
- Duplication **d'un sous-réseau** pour develop. particulier.

8.1.3 **Le raisonnement**Fonctionnalités:• **Inférences:**

- **Chaînage** avant, **arrière**, mixte.
- Non-monotonie .
- **Stratégie d'inférence** modifiable.
- **Catégorie d'inférence** (rés. conflits),

● **Logiques:**

- **Ordre 0***, non monotone.
- Agencement de patrons (pattern matching) sur les objets.

Convivialité:

*Menu pour **définir la stratégie globale d'inférences**.

Performance:

- Compilation de la base de **connaissances**:

- Incrémentielle.**

- En **mémoire** seulement.

9.1.4 La mise au point de la base de connaissances

Fonctionnalité:

*Explications à l'utilisateur:

- AUCUNE** explication de type "Pourquoi" ou "Comment".

Ceci **n'est pas nécessairement un inconvénient** si l'on **considère** la nature des explications que la **majorité** des **systèmes** fournissent à l'heure actuelle (**règle examinée** ou **enchaînement**).

- Fonctions SHOW et APROPOS:

- ◇**Fichiers** textes ou graphiques.

- ◇**Show->niveau** des **règles** ou m&odes.

- ◇**Apropos->attachée** à une **propriété d'un** objet.

*Trace du raisonnement suivi au tours de la consultation:

- Fen&es de type texte: (32Ko max.).

- ◇**Transcript**

- ◇**Conclusions.**

- ◇**Hypothèse** courante.

- ◇**Autres** (statut des variables, hypotheses, **règles**, etc...).

Convivialid:

- Représentation graphique:
 - Etat des **propriétés** de l'univers d'objets remis à jour à chaque interruption de la consultation.
 - Affichage de l'état des **inférences** au niveau **des réseaux de règles**.

*Interruption et retour possible à tout moment.

9.1.5 L'interface utilisateur

•Logiciel aiVision/aiScreen

-Spécifications techniques:

 prix: \$300 us

 Espace sur disque: 133 **Koctets**

-Principes:

◇**Indépendant** de Nexpert Object (actuellement).

◇Il s'agit de **construire** des formes servant à la lecture des **données** recueillies **auprès** de l'utilisateur.

◇Le lien avec la base de connaissances se fait automatiquement à partir du nom du fichier aiVision/aiScreen,

i.e. Nom-fichier = **Nom_variable_Nexpert**.

9.1.6 Architecture ouverte

- Il est facile de lier des procédures externesrites en divers langages **procéduraux** (C, Pascal, Fortran,...) pour ensuite les **déclencher** par la commande "EXECUTE" **placée** dans une **règle** ou une **méthode**.

- Une bibliothèque de fonctions de type Nextpert Object (**Nxp_...**) est fournie au développeur et lui donne un **contrôle** quasi-total de **l'outil** que ce **soit** par **l'intérieur** ou l'extérieur du **système**.

L'utilisation de routines externes est indispensable pour ajustement du **système** aux besoins particuliers que demande l'application **développée**.

- Il est possible de **piéger** certaines fonctions (interface, environnement) prises par **défaut** lors de la consultation et de les remplacer par des procédures particulières.

- Les procédures externes peuvent travailler directement sur le monde d'objets **défini** dans la base de connaissances de Nextpert Object. De plus celles-ci ont **accès** au moteur d'inférences (**contrôle**) et à la création dynamique d'objets et de liens

9.2 Création dynamique des mondes parallèles d'objets

Jusqu'à maintenant **nous** n'avons **parlé** que de la structuration et de la manipulation des connaissances à l'aide d'un réseau **sémantique**. Le réseau d'impacts se veut une représentation globale des éléments du milieu considéré et de leurs interactions. On pourrait ainsi imaginer un gigantesque **réseau** **sémantique** pouvant s'adapter aux divers cas **d'EIE** grâce à une structure de **connaissances** (définition de classes, de **propriétés**, de procédures) couvrant **l'ensemble** des comportements rencontrés à travers les divers milieux **étudiés**.

Le principe est de codifier la connaissance des **éléments** et des processus environnementaux **sous forme** de **règles** expertes **inférant à** partir d'une **hiérarchie** de classes et d'objets. Chacune des **activités liées** à un projet d&mité un **sous-réseau** d'impacts. Plusieurs activités différentes peuvent toucher les **mêmes** ESM du réseau provoquant ainsi un enchev&ement des **sous-réseaux** (voir figure 9.2).

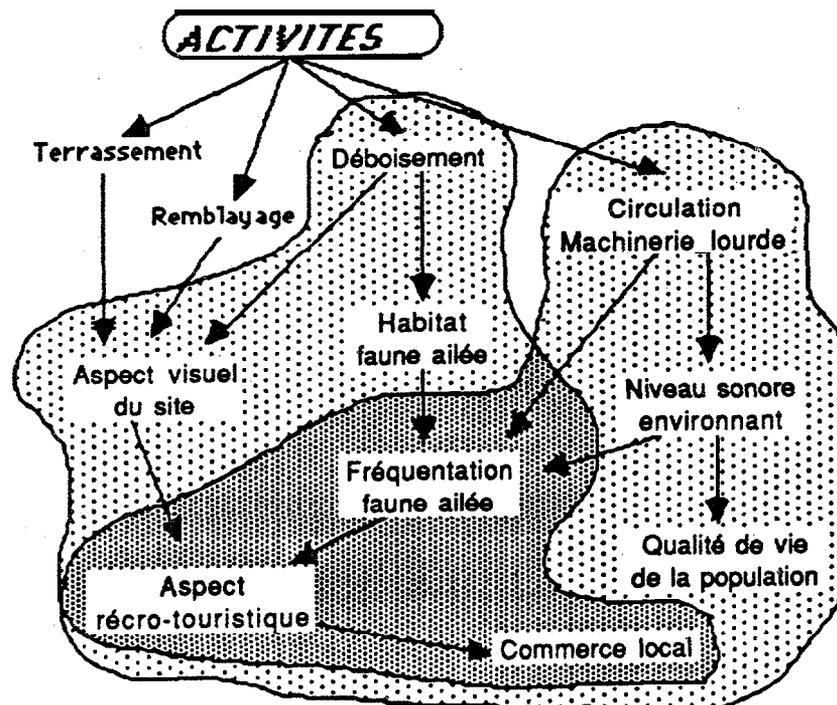


Fig. 92 Enchevêtrement des impacts de c&verses sources.

Il devient donc impossible de retenir les deductions faites par le **système** à même les **propriétés** des objets ESM **définis** au niveau du réseau d'impacts

général car certaines valeurs seraient perdues lors de l'analyse d'une nouvelle activité.

Le réseau d'impacts **représente** une **réalité** environnementale figée au sein de la base de connaissances du SE. Le **système doit** se baser sur cette connaissance plutôt statique pour arriver **à résoudre** ses **problèmes**. Afin de conserver l'ensemble des **résultats inférés nous** devons **créer** dynamiquement une nouvelle structure de **données représentant** la progression du raisonnement vers l'atteinte de la solution finale. L'outil Nexpert Object **nous** permet de **créer de façon** dynamique de nouveaux objets et de les relier **à** des objets ou classes existants.

C'est donc par la création dynamique **d'un** monde d'objets et de liens que **nous** serons en mesure de garder de **façon structurée** l'ensemble des informations **recueillies** ou déduites par le prototype. **Nous** utiliserons cette **méthode à l'étape** identification ainsi **qu'à l'étape évaluation** des impacts.

9.2.1 Résultats de la phase identification

Suite **à** l'identification d'une **activité** liée au projet, le **système sélectionne** l'ensemble des ESM touchés **grâce** au réseau d'impacts et aux **règles** s'y **rattachant**. Pour chacun des ESM **identifié**, un nouvel objet sera **créé** et **lié à** la classe CLESMS. **Les** instances de cette classe **hériteront** de ses **propriétés** et de ses **méthodes**. La **création** de chacun des objets **résulte** de la validation d'une

relation cause&et du **réseau** d'impacts **général**. Les **propriétés** attach&s à ces objets permettront de **caractériser** les impacts (grandeur **spécifique** et **importance**) subis par les ESM victimes qu'ils **représentent**.

Illustrons nos propos à l'aide du **réseau simplifié** de la figure 9.3. 11 comporte les **activités** A1 et A2 **délimitant** les **sous-réseaux** 1 et 2 **composés** des éléments E1 à E6.

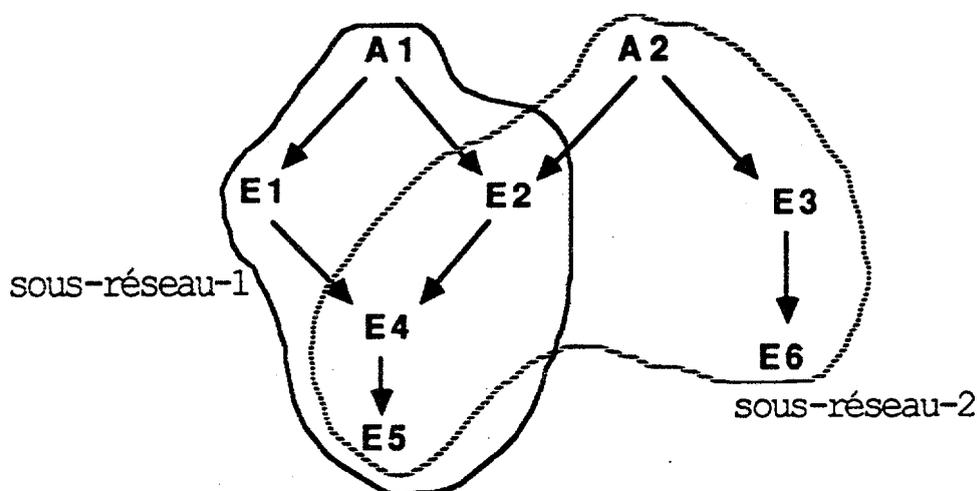


Fig. 93 Réseau simplifié d'impacts.

L'analyse de l'action A1 amènera le système à construire, **parallèlement** au **réseau général** (figure 9.3), un monde d'objets **spécifiques** permettant de **conserver** les informations relatives aux **répercussions engendrées** par celle-ci. Ces objets seront **tous reliés** à la classe CLESMS, Le traitement du **sous-réseau** Onpacts-1 nous fournirait le **monde** d'objets dynamiques **illustré** à la figure 9.4.

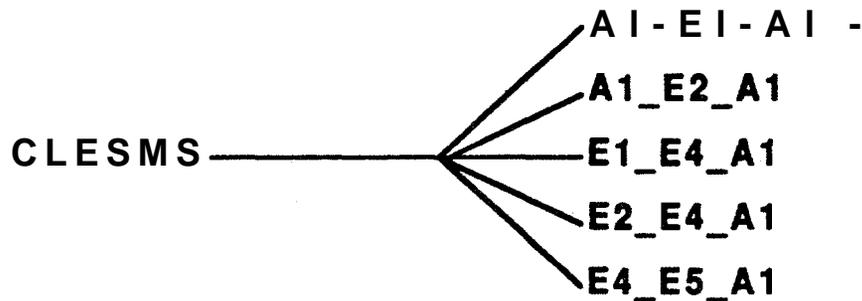


Fig. 9.4 Monde d'objets dynamiques du sous-réseau-1.

Le nom des objets correspond à la concatenation du nom de l'ESM agresseur, avec le nom de l'ESM victime et de l'activité à l'origine du sous-réseau d'impacts. Les propriétés attachées à chacun de ses objets seront décrites à la section "Les classes et leurs attributs".

Le même processus sera par la suite appliqué à l'activité A2 pour obtenir la hiérarchie d'objets/classes de la figure 9.5.

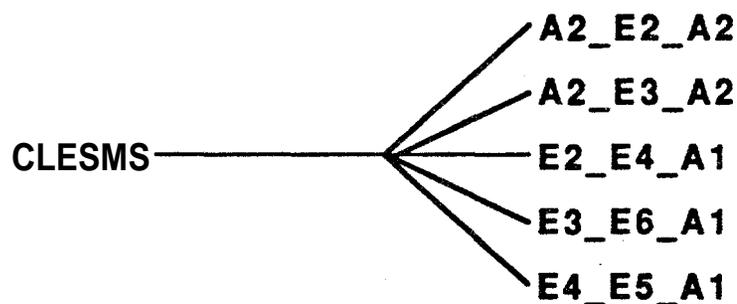


Fig. 95 Monde &objets dynamiques du sous-réseau-2.

9.2.2 Résultats de la phase évaluation

Pour accomplir l'évaluation des impacts causes par une activité nous devons étudier chacun des objets de la classe CLESMS en fonction des relations cause-effet qu'ils représentent. Pour chacun des ESM victimes d'un sous-réseau nous créons dynamiquement encore une fois un objet relié à la classe CLESMT dont les propriétés caractériseront l'impact total (grandeur totale et importance) subi par ce ESM. De plus les objets de la classe CLESMS seront reliés aux instances de la classe CLESMT pour nous permettre de garder une trace des deductions du système quant à la détermination des impacts totaux subis par les ESM. Poursuivant l'exemple amorcé à l'étape précédente, nous obtenons (pour le sous-réseau-1) la hiérarchie d'objets dynamiques illustrée à la figure 9.6 .

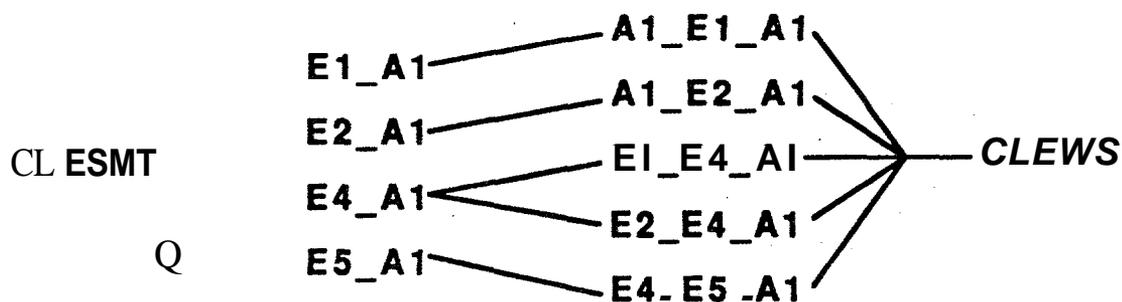


Fig. 9.6 Monde d'objets dynamiques du sous-réseau-1.

Le nom des objets correspond à la concaténation du nom de l'ESM victime et avec le nom de l'activité à l'origine du sous-réseau d'impacts. Les propriétés attachées à chacun de ses objets seront exposées à la section "Les classes et leurs attributs". Cette technique de structuration des résultats rend

l'ensemble des informations **déduites indépendantes** du **réseau général** d'impacts. L'enchaînement des relations cause-effet est facilement **retraçable** **grâce** aux liens **créés** entre les deux mondes **d'objets** dynamiques (classes CL.ESMS et CLESMT). De cette **manière**, il serait relativement **aisé** d'écire des routines de post-traitement des **résultats afin** d'obtenir une rephrentation **graphique** avec une matrice **3D** telle **qu'illustrée à** la figure 6.7.

9 . 3 Structuration orientée objets

La formalisation de l'univers de travail avec Nexpert *Object* **définit** un espace cognitif selon deux plans orthogonaux qui partagent certaines entids (voir figure 9.7). Les classes, objets, **propriétés** du plan rephrentation sont ce sur quoi **porte** le raisonnement (**règles**).

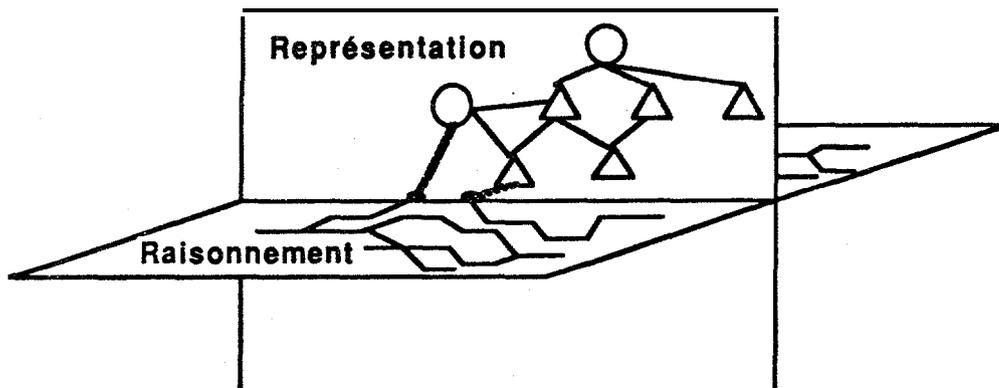


Fig. 9.7 Espace cognitif défini pm les objets et les règles de la base de connaissances.

La première partie du travail d'implémentation consiste **à définir** les classes, les objets et les **propriétés répondant à** la formalisation des connaissances d'ITE aux sections **précédentes**. Le **résultat** de cette modélisation est **constitué d'un** ensemble de classes **possédant** des propriétés et des comportements **spécifiques**. **Les réseaux** d'impacts sont **assimilés à** un ensemble d'objets unis par des relations binaires auquel sont **associés** des **mécanismes d'héritage sélectif** de **propriétés/valeurs** et de **méthodes**.

Les entités **définies** pour le prototype **AREIE** restent **très** générales. **Nous** voulons exposer les **différentes possibilités** offertes par de tels modes de représentation des connaissances. La **définition** des classes et des liens avec les **réseaux** d'objets pourrait **être** beaucoup plus complexe que ce qui est implémenté au niveau **d'AREIE**. Il serait **intéressant**, par exemple, de **définir** une classe ne reliant que les ESM du réseau devant faire partie **d'une** EIE **préliminaire**. Ceci permettrait d'éviter automatiquement l'exploration de plusieurs branches du réseau pour ainsi obtenir une évaluation moins **détaillée** des impacts. Voyons maintenant de plus **près** les structures implémentées

Chacune des structures d'ITE sera également illustrée **à l'aide** de l'**éditeur** graphique d'objets offert par la coquille de conception. On utilise **différents icônes** dans ces **schémas** pour différencier les entités **définies** dans notre univers d'objets. Le tableau suivant **nous** indique la signification de chacun des **icônes** utilisés.

Nomenclature des icônes	
○	Classes
△	Objets statiques
△(+)	Objets dynamiques
□	Propriétés statiques
■	Propriétés dynamiques (méthodes)

9.3.1 Les classes et leurs attributs

La création des classes **nous** permet **d'élever** notre modélisation conceptuelle à un niveau plus général. La définition d'attributs et de procédures au niveau de ces classes offre la **possibilité** au concepteur de **contrôler** implicitement le comportement de leurs instances (objets). Ceci constitue une approche cognitive beaucoup plus riche et cette **méthode nous** évite beaucoup de travail lors de la construction des **réseaux** d'impacts **spécifiques** aux milieux **étudiés**. Le système Nexpert Object se charge de **gérer** l'**héritage** pour faire redescendre les **informations (propriétés, valeurs, attachements procéduraux)** vers les instances (objets) d'une classe.

CLASSE "ACTIVITES"

Cette classe renferme l'ensemble des objets de type "activités" devant être **considérés** lors de l'analyse des &percussions du projet sur son milieu. Lors de la construction d'un **réseau** d'impacts, il est indispensable de relier l'ensemble des activités que l'on doit analyser à cette **classe**.

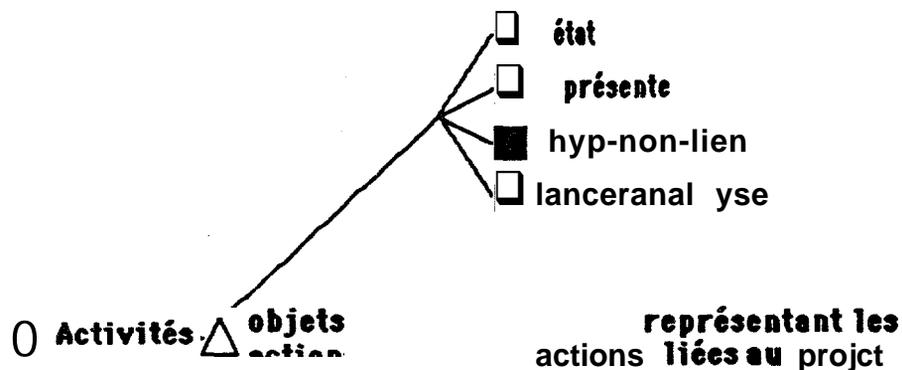


Fig. 9.8 Entités décrivant la classe "Activités".

Ses attributs (propriétés)

-PRESENTE:

La valeur de cet attribut est **déterminée à l'étape** identification. C'est à partir de celle-ci que l'on identifie, une à une, les activités devant faire l'objet **d'une évaluation** des impacts.

-ETAT:

La valeur de cet attribut est aussi **déterminée à l'étape** identification. Elle **nous** indique quels **éléments** du **réseau** d'impacts doivent **être considérés** lors de l'évaluation des

répercussions engendrées par une **activité particulière**. De plus c'est à partir de celle-ci qu'il est possible de lancer (**méthode**) les inferences en **chaînage arrière** pour la validation de l'hypothke "nom-ESM.hyp-non-lien".

-HYP_NON_LIEN:

Attribut de type **hypothèse à** partir duquel on lance la validation (**ch.arrière**) d'un lien (relation cause-effet) entre deux ESM du **réseau** d'impacts. Si l'**hypothèse** est **vérifiée** c'est que le lien ne **doit pas** être considéré pour le cas **sous** étude. Ceci permet de limiter l'exploration au **partie** vraiment pertinente du **réseau**.

-LANCER-ANALYSE:

La creation de cet attribut **résulte** de contraintes d'implantation imposees par Nexpert *Object* . Il sert d'intermediaire pour lancer les &apes d'identification et **d'évaluation** des impacts pour chacune des **activités**. C'est par un attachement procedural que les **inférences** sont **dirigées** sur l'hypothese "**VAR.hyp_lancer**".

•CLASSE "ESM"

Cette **classe** rassemble **tous** les objets de type **éléments** sensibles du milieu (ESM) du **réseau** d'impacts. Lors de la construction d'un **réseau** d'impacts, il est indispensable de relier à cette classe l'ensemble des ESM que l'on desire **éventuellement considérer**.

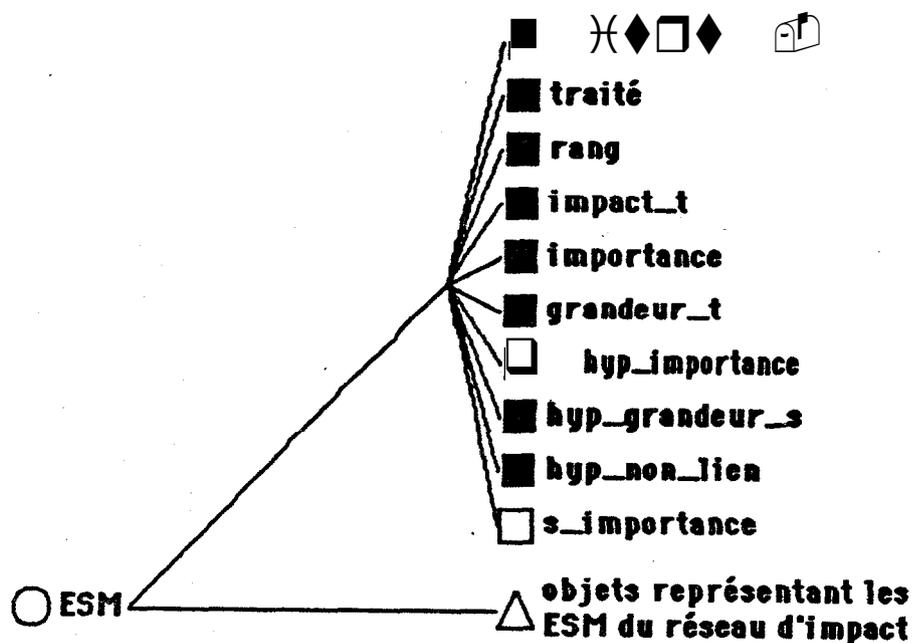


Fig. 9.9 Emit& décrivant la claw ESM.

Ses attributs

-*ETAT*:

Même description que pour la classe **ACTIVITES**.

-*HYP_NON_LIEN*:

Même description que pour la classe **ACTIVITES**.

-*TRAITE*:

Suite à l'identification d'un ESM, on passe à l'évaluation des impacts subis par celui-ci. Lorsque cette évaluation est complétée,

la valeur de cet attribut est mise **à OUI**. Ceci indique au sysdme que cet ESM a **été** traité lors d'un cycle **antérieur** devaluation.

-RANG:

La valeur de cet attribut est **déterminée à** la phase initialisation du **système**. C'est **à** partir de cette valeur que le SE determinera l'ordre d'examen des ESM du **sous-réseau** pour l'évaluation de impacts. La **nécessité** d'ordonner l'examen des ESM est **exposée à** la section "Interaction entre les composantes", *Particularité #1*.

-IMPACT-T:

Cet attribut renferme la valeur de l'impact total **subi** par un ESM. Un attachement procedural **spécifie** au sysdme qu'il **doit** d'abord **évaluer** la valeur de la **propriété** GRANDEUR-T, puis estimer celle de la **propriété** IMPORTANCE de l'ESM. Finalement, le SE met en **œuvre** le **mécanisme d'agrégation** (G*I) de ces deux facteurs pour obtenir la valeur de la propriite IMPACT-T, La valeur de cet attribut est **réinitialisée à** "inconnue" lorsque l'on reprend l'évaluation pour une autre **activité**. Celle-ci est **conservée** au niveau **d'une** instance de la classe CLESMT ayant une **propriété** du **même** nom (voir classe "CLESMT" et section "Creation dynamique de mondes paralleles d'objets").

-IMPORTANCE:

La valeur de cet attribut represente une estimation subjective de l'importance de l'ESM consideré L'attachement procedural de cet attribut permet de determiner sa valeur selon l'un des scenarios suivants:

- validation de l'hypothèse "**nom_ESM.hyp_importance**".
- lecture de la valeur dans une base de données.
- requête à l'utilisateur du **systeme**.
- valeur par **défaut** (maximum=10).

Dans la version actuelle **d'AREIE**, cette valeur est unique pour chacun des ESM. Elle **n'est** donc **déterminée** qu'une seule fois lors d'une consultation. Elle est aussi **conservée** au niveau d'une instance des classes CLESMT et CLESMS ayant une **propriété** du **même** nom.

-HYP_IMPORTANCE:

Attribut de type **hypothèse** à partir duquel le **systeme** tente d'estimer l'importance d'un ESM du **sous-réseau** d'impacts. Si l'**hypothèse** est **vérifiée**, c'est que la valeur de l'attribut "Importance" de l'objet a pu être **déduite** d'une **règle**.

-S_IMPORTANCE:

Cette **propriété** nous indique le moyen par lequel la valeur de l'attribut IMPORTANCE a pu être **déterminée**. Les valeurs possibles correspondent aux divers scénarios **exposés** pour la **propriété** "Importance", soit: REGLES, B-D, USAGER, DEFAULT. Celle-ci est **conservée** au niveau d'une instance de la classe CLESMT ayant une **propriété** du **même** nom (voir classe "CLESMT" et section "Creation dynamique de mondes paralleles d'objets").

-GRANDEUR-T:

Cet attribut **renferme** la grandeur de l'impact total **subi** par l'**ESM** et obtenue **à l'aide de méthodes** de mesures **spécifiées** par les experts du domaine. Sa détermination est **basée** sur la validation de l'hypothèse **VAR.HYP_GRANDEUR_T**. Pour notre prototype, cette **dernière** met simplement en **oeuvre un mécanisme** de sommation des impacts **spécifiques**. La valeur de cet attribut est **réinitialisée à "inconnue"** lorsque l'on reprend **l'évaluation** pour une autre activité. Elle est finalement **conservée** au niveau d'une instance de la classe CLESMT ayant une **propriété** du **même** nom (voir classe "CLESMT" et section "Création dynamique de mondes parallèles d'objets").

-HYP_GRANDEUR_S:

Attribut de type **hypothèse à** partir duquel le **système doit** mesurer la grandeur d'un impact **spécifique** entre deux ESM du sous-réseau. Les valeurs qui en **résulteront** seront **conservées** au niveau de la **propriété** GRANDEUR-S d'une instance de la classe CLESMS.

CLASSE "CLESMS"

Cette classe regroupe un ensemble d'objets **créés** dynamiquement (voir "Création dynamique de mondes parallèles d'objets") lors de l'identification des éléments affectés par une **activité**. Ces instances **nous** permettent de conserver les informations caractérisant les impacts **spécifiques** et qui seront **inférés** lors de **l'étape** évaluation. En fait, cette classe ne sert que **d'intermédiaire** pour relier, lors **d'une étape subséquente**, ses instances (en tant que

sous-objet) aux objets de la **classe** CLESMT. De **cette façon**, il sera possible de retrouver l'origine des agressions ayant mené à **l'évaluation** de l'impact total pour un ESM particulier.

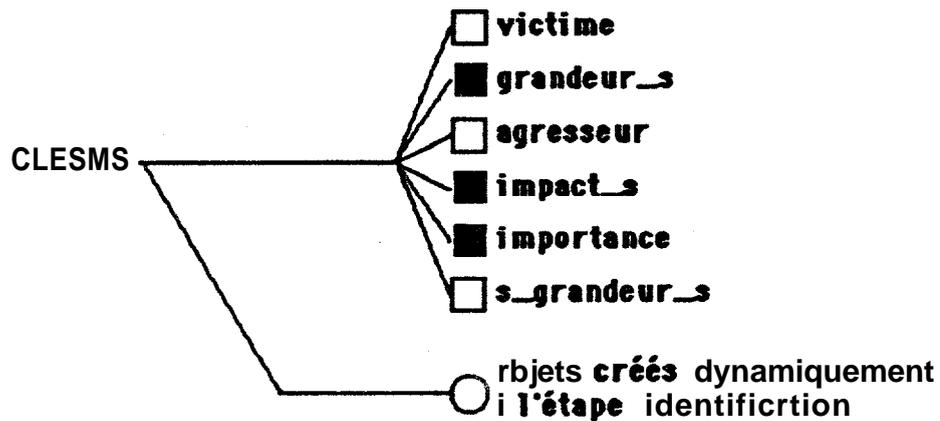


Fig. 9.10 Entités décrivant la classe CLESMS

Ses attributs

-AGRESSEUR:

Cette **propriété** renferme le nom de l'un des objets ESM agresseur (**père**) à l'origine d'un impact spécifique envers un objet ESM victime (fils). La valeur sera donc Cgale au nom du ESM **père** d'une relation cause-effet **particulière**.

-VICTIME:

Cette **propriété** renferme le nom de l'un des objets ESM victime (fils) ayant **subi** un impact de la part de l'un de ses objets agresseurs (p&es). La valeur sera donc Cgale au nom du ESM **fils** d'une relation cause-effet **particulière**.

-IMPACT-S:

Cet attribut renferme la valeur de l'un des impacts **spécifiques** subis par l'ESM **spécifié à la propriété** victime. Les attachements **procéduraux** indiquent au **système** qu'il **doit** d'abord **évaluer** la valeur de la **propriété** GRANDEUR-S, puis estimer celle de la **propriété** IMPQRTANCE de l'ESM en question. Finalement, le SE met en **œuvre** le **mécanisme d'agrégation (G*I)**de ces deux facteurs pour obtenir la valeur de IMPACT-S.

-GRANDEURS:

Renferme la valeur **attribuée à** la grandeur **d'un** impact **spécifique** **subi** par l'ESM **spécifié à la propriété** VICTIME. Celle-ci est obtenue **à l'aide de** m&odes de mesures **spécifiées** par les experts du domaine. Les attachements proceduraux de cet attribut permettent de déterminer sa valeur selon l'un des scenarios suivants:

-validation de **l'hypothèse**

“nom-ESM-victime.hypg%randeur_s”.

-heritage de la grandeur de l'impact total de son agresseur (**héritage** de la valeur de GRANDEUR-T du **père**).

-**valeur** par **défaut** (maximum=10).

-S-GRANDEUR-S:

Cette **propriété nous** indique le moyen par lequel la valeur de l'attribut GRANDEUR-S a pu Ctre **déterminée**. Les valeurs possibles correspondent aux divers scenarios exposes **à la propriété** GRANDEUR-S, soit: REGLES, HERITAGE, DEFAULT.

-*IMPORTANTCE:*

Même information que l'on retrouve au niveau de la **classe** ESM.

•CLASSE "CLESMT"

Cette **classe** regroupe un ensemble d'objets **créés** dynamiquement (voir "**Création** dynamique de mondes parallèles d'objets") lors de l'analyse des repercussions **provoquées** par une activité. On **définit** une **hiérarchie** d'objets **à** partir de cette classe. On y retrouve d'abord chacun des ESM analyses lors de **l'étape** évaluation des impacts. Ces instances **nous** permettent de conserver les informations **caractérisant** les impacts totaux **subis** par les composantes du **sous-réseau** d'impacts. A ceux-ci, on adjoint des sous-objets (instances de la classe CLESMS) **représentant leur(s) agresseur(s)** et **à** partir desquels l'impact total est **calculé**.

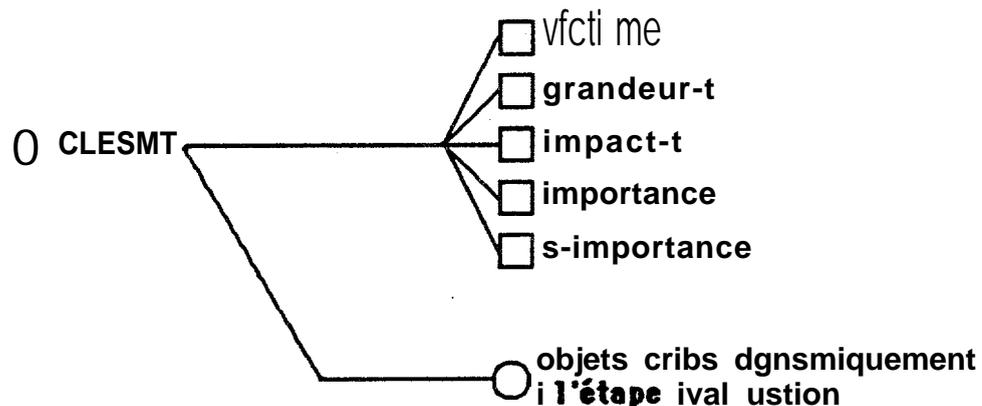


Fig. 9.1 I Entités décrivant la classe CLESMT.

Ses attributs

-VICTIME:

Cette **propriété renferme** le nom d'un des objets ESM du sous-**réseau** d'impacts. Lors de l'étape d'identification on **crée** dynamiquement **un** objet pour chacun des ESM examinés et on **le** rattache **à** la classe **CLESMT**.

-IMPACT-T:

Permet de conserver la **même** information qu'au niveau de la classe ESM **mais** de **façon** permanente.

-GRANDEUR-T:

Permet de conserver la **même** information qu'au niveau de la classe ESM **mais** de **façon permanente**.

-IMPORTANCE:

Même information que l'on retrouve au niveau de la **classe ESM** et CLESMS.

-S_IMPORTANCE:

Même information que l'on retrouve au niveau de la classe ESM.

93.2 Les objets et leurs attributs

Un objet du prototype **AREIE** représente une description **structurée d'une réalité** de l'univers des EIE. On distingue quatre catégories d'objets **nécessaires à l'accomplissement des différentes étapes de l'EIE.**

1- Les objets dont les **propriétés** sont **nécessaires à l'initialisation du système.**

2- Les objets représentant des actions (économiques ou physiques) **liées à l'implantation du projet.**

3- Les objets **représentant** des éléments sensibles du milieu (ESM) touchés. C'est à partir de ceux-ci que l'on identifie les relations cause-effet devant **servir de base à la construction du réseau d'impacts.**

4- Les objets **indépendants** du **réseau d'impacts** mais utiles à la **résolution du problème.** Ils interviennent, pour la plupart, dans les **prémises de règles** servant à **déduire** la grandeur spécifique d'un impact, l'importance **d'un** ESM ou pour valider une relation cause-effet.

Les objets de types 2 et 3 sont **rattachés à** des classes afin de profiter des **mécanismes d'héritage** des **propriétés/valeurs** et des attachements **procéduraux.** Ainsi les procédures **définies** au niveau des **propriétés** des classes sont **activées,** au moment opportun, pour chacune de ces instances.

1 ère CATECORIE

•OBJET "ELEMENT FINAL"

Nous relierons **à** cet objet l'ensemble des noeuds (objets) terminaux du **réseau** d'impacts **afin** d'affecter une valeur **à** la **propriété** RANG de chacun **des** ESM. La **&**termination du rang se fait du bas vers le **haut** et niveau par niveau. Ceci **nous permet** de **répondre à** la contrainte d'exploration **ordonnée** des **éléments** d'un **sous-réseau** d'impacts (voir section "Interaction entre les composantes", *Particularité #1*).

Ses attributs

-RANG:

Une valeur de **0** est imposable **à** cet attribut lors de la phase d'initialisation du **système**. La **méthode** qui lui est **rattachée** permet d'engager le processus d'affectation d'une valeur **à** la **propriété** RANG de chacun des ESM du **réseau** d'impacts.

•OBJET "VAR"

Cet objet comporte plusieurs **propriétés** ayant pour **rôle** de conserver **momentanément** certaines valeurs indispensables **à** la **&**solution du **problème**. C'est par souci de **clarté** de la base d'objets que **nous** avons **décidé** de rassembler l'ensemble de ces variables **sous** la **bannière d'un même** objet.

Ses attributs

-COMPTEUR_RANG:

Tel que son nom l'indique cet attribut conserve momentanément la valeur **affectée** à la **propriété RANG d'un ESM** du **réseau**. Elle est **incrémentée** de une unité; **après** chacune des affectations.

-SOM_GRANDEUR_S:

Permet d'emmagasiner la sommation des grandeurs **spécifiques** des impacts subis par un ESM ayant plusieurs ESM agresseurs (p&es). Cette valeur est assignée et **utilisée** dans la **règle** pointant sur l'**hypothèse VAR.hyp_grandeur_t**.

-MAX_GRANDEUR_S:

Permet d'emmagasiner la valeur maximale des grandeurs **spécifiques** des impacts **subis** par un ESM ayant plusieurs ESM agresseurs (p&es). Cette valeur est assignée et utilisée dans la **règle** pointant sur l'**hypothèse VAR.hyp_grandeur_t**.

-RANG_MAX:

La valeur de cet attribut est **nécessaire** lors de la sélection **d'un ESM** du **sous-réseau** d'impacts **à l'étape** évaluation. Elle est assignée et utilisée dans la **règle** pointant sur l'hypothèse **VAR.hyp_évaluation**.

-NOM_ESM:

Permet de conserver le nom de **l'ESM examiné** lors d'un cycle **d'évaluation** des impacts.

-NOM_ESMS:

Permet de conserver le nom d'une instance particulière (**créée** dynamiquement) de la classe CLESMS lors de **l'étape** Cvaluation des impacts **spécifiques**.

-NOM_ESMT:

Permet de conserver le nom d'une instance particulière (**créée** dynamiquement) de la classe CLESMT lors de **l'étape évaluation** des impacts totaux.

-NOM-ACTIVITE:

Permet de conserver le nom de **l'activité analysée** lors d'un cycle complet **d'identification-évaluation** des impacts.

2^{ème} et 3^{ème} CATEGORIES.

•OBJETS "nom ACTIVITE" et "nom ESM"

Chacun des objets du **réseau** d'impacts devra être **relié à** la classe **ACTIVITES** ou ESM selon son type et **héritera** des **propriétés** et des attachements **procéduraux** de celle-ci. La liste et la description de ces **propriétés** peuvent **être retrouvées** au niveau des classes. La figure 6.10 (section "**Les noeuds du réseau**") **nous** illustre quelques-uns des objets faisant partie de ces catégories. La section "Validation de l'approche par un exemple" **nous** montre un exemple concret de ce type d'objets.

Ses attributs

Tel que mentionné et **illustré à** la figure 6.11 de la section "Les attributs du **réseau**", il est utile de **définir** des attributs propres aux objets du réseau d'impacts. Ces **propriétés particulières** seront **désignées** par les **spécialistes** du domaine et seront manipulées par les **règles** de production.

4 ème CATEGORIE.

•OBJET "nom objet quelconque"

Ces objets ne sont, à priori, **rattachés à** aucune classe **particulière**. **Ils nous** permettent de caractériser une situation, un lieu, un contexte, etc. Les quelques exemples ci-dessous illustrent cette catégorie d'objets.

•OBJETS "REGION", "CONTEXTE". etc...

La création de ces objets permettrait au **système** de recueillir de l'information concernant la **région touchée** par le projet ou le contexte politique (ou autres) dans lequel s'effectue **l'étude**.

Ses attributs

Il est possible de caractériser les **réalités représentées** par ces objets en leur adjoignant des **propriétés**. **Ceci permet** de conserver de **façon structurée** l'information recueillie facilitant ainsi sa gestion et son utilisation. Pour les exemples **précédents nous** pourrions **définir** la **propriété** suivante:

-TYPE:

Cet attribut caractériserait le type de **région** (wale, banlieue, urbaine, etc...) ou le type de contexte (économique, social, politique, etc...).

9.4 Le raisonnement

Le fonctionnement d'un SE se veut le reflet de **l'expert** accomplissant une **tâche donnée**. De ce fait, **nous** sommes amenés à parler de raisonnement lorsque le SE **résout** un **problème**. Pour le prototype **AR EIE**, ce raisonnement repose sur les trois composantes que sont les 'stratégies **d'inférences**, les **règles** de production et les attachements **procéduraux**. L'interaction entre les unités de connaissances et les **mécanismes** de raisonnement peut être illustrée de la **manière** suivante:

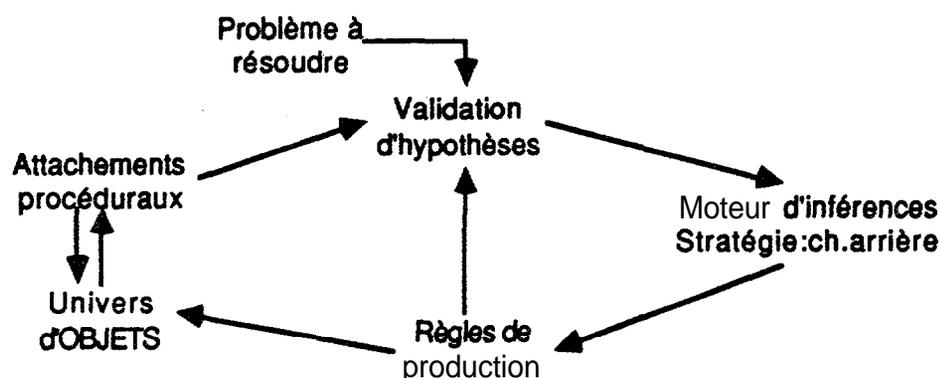


Fig. 9.12 Mécanismes de raisonnement du système AREIE,

La résolution du problème demande au départ la validation de quelques hypothèses. Le moteur **d'inférences** prend en charge la vérification de ces hypothèses en consultant la base de **règles** du **système**. Ce sont donc ces **règles** qui orientent, de **façon** non procédurale, la résolution du problème par la déduction d'informations et la validation de nouvelles **hypothèses**. Une autre forme de raisonnement, plus procédural **celui-là**, est mis **en œuvre** lorsque le

systeme agit sur **l'univers** des objets. Les **méthodes** attachés **aux** diverses **propriétés déclenchent** des actions similaires **à** celles **définies** au niveau des **règles**. Ces procédures peuvent **intervenir** directement sur le **déroulement** des **inférences** du **systeme**.

La description de certaines **propriétés** attachés aux classes et aux objets faisait implicitement référence **à** ces **procédures**. Elles définissent le comportement du **systeme** face **à** la recherche (méthodes Order-of-Sources) ou **à** la modification de la valeur (**méthodes** If-Change) de certaines **propriétés**.

Il est **très** difficile de **décrire** de **façon** explicite et détaillée l'**enchevêtrement** de **tous** ces **énoncés d'hypothèses**, ces déclenchement de **règles** et ces appels **procéduraux**. Nous croyons tout de **même** que la description **détaillée** de **règles générales** vous aidera **à** mieux cerner de quelle **manière** le prototype AREIE **réalise** chacune des phases de **l'EIE** .

9.4.1 Les règles de production

Une **règle** en **Nexpert Object** possède un format unique quelque **soit** son mode d'invocation (**chaînage arrière**, avant ou mixte). Chaque **règle** pointe sur une **hypothèse** dont la validation, suite **à** la **vérification** de ses conditions d'application, **amène** le **système à** poser des actions bien **précises**. La partie condition d'une **règle** contient des tests portant sur les entités **définies** au niveau de l'univers des objets. Il est possible de **spécifier** des conditions faisant appel **à** l'agencement de patron (Pattern Matching). Ceci permet de manipuler **sélectivement** des listes d'objets en fonction des classes auxquelles ils appartiennent et des valeurs de certaines de leurs **propriétés**

L'agencement de patron **nous** permet de ramener le raisonnement **à** ses bases fondamentales, quitte **à spécifier** les exceptions au fur et **à mesure** qu'elles se présenteront. Outre l'économie **d'énergie** et d'expression qui **résulte** de la **modélisation** avec agencement de patrons, l'approche Top-Down qu'elle favorise permet de mieux **contrôler** la conception.

Les règles peuvent **être** catégorisées en fonction des trois niveaux de raisonnement **implémentés** pour le prototype **AREIE**. Chacune de ces catégories se subdivise en classes **spécialisées**. Le traitement par **règles nous** offre une **très grande flexibilité** quant **à** l'ajout ou **à** la modification des classes et de sous-classes.

1” **Les règles nécessaires** au traitement informatique des **données**:

-initialisation des variables et lancement du processus global **d'identification-évaluation**.

2” Les **règles** traduisant une expertise **générale** quant au traitement des **données** environnementales pertinentes **à l'EIE**:

-identifier **parmi** les activités connues du SE, **celles** qui seront mises en **œuvre** au cours du projet **sous étude**.

-lancer successivement le processus **d'identification-évaluation** des impacts pour chacune des activités **précédemment identifiées**.

-demander la validation des relations cause-effet lors de **l'étape** identification.

-**sélectionner** de **façon ordonnée** les ESM du **sous-réseau** d'impacts pour **l'évaluation** des **répercussions**.

-rechercher la grandeur **spécifique** de l'impact cause par une **activité** à un ESM ou par un ESM à un autre.

-mettre en **œuvre**, si **nécessaire**, les **mécanismes** par **défaut** pour la détermination de la grandeur **spécifique d'un** impact **entre** deux noeuds du **réseau**.

-**appliquer** une technique d'agregation des impacts **spécifiques** pour **évaluer** la grandeur totale de l'impact pour un noeud ayant plusieurs agresseurs.

3° Les **règles** traduisant une expertise **spécifique attachée** aux **entités** et aux liens du **réseau** d'impacts:

-valider les relations cause-effet lors de **l'étape** identification.

-déduire la grandeur **spécifique** de l'impact entre un ESM **père** (agresseur) et un ESM **fii** (victime).

-déterminer l'importance **d'un ESM nécessaire à l'évaluation** des impacts **spécifiques** et de l'impact total qu'il subit.

Voyons maintenant de plus **près** les **différentes** règles permettant d'accomplir ces **tâches**. Les **prémises** et conclusions de chacune des **règles** sont **décrites de façon détaillée afin** que vous puissiez mieux comprendre les divers comportements que le **système** adoptera lors d'une consultation. Les annexes E et G vous **présentent** ces **mêmes règles mais sous** le format **imposé** par Nexpert *Object*.

Par souci de **clarté** et pour faciliter la gestion de la base d'objets, l'ensemble des **règles attachées** au fonctionnement général du prototype **AREIE** conclues sur des **hypothèses de type "VAR.hyp_..."**. Les règles ne portent aucun nom distinctif pour la version actuelle. On leur associe un **numéro** correspondant à ceux retrouvés au niveau de la liste **donnée** en annexe E.

1° Règles système:

REGLE : 23

Fixe la **valeur** de la **propriété** RANG de **chacun** des ESM du **réseau** d'impacts.

SI:

conditions quelconques pour **déclencher** la **règle**

ALORS: VAR.hyp_initialisation

ACTIONS:

Relier **temporairement** l'ensemble des **éléments finaux**
du **réseau** à la classe CLBANG.

ET Lier **tous** les objets de la **classe CLRANG** à l'objet "**élément_final**"

ET **Débuter** la **numérotation** des **rangs** des ESM à partir de 1.

ET **Détruire** les liens **entre** les objets de la classe CLRANG et l'objet "**élément_final**".

ET **Détruire** les liens **entre** la classe CLRANG et ses instances.'

(Ces liens **temporaires** pennettent d'assigner des valeurs qui
permettront de **régler** l'ordre d'examen des ESM du **réseau**
& impacts, voir section "**Interaction** entre les composantes")

2° Règles générales:

REGLE : 25

Cette **règle** indique au **système** qu'il **doit** d'abord **connaître** l'ensemble des **activités** qui **seront**
mis en **œuvre** lors de l'implantation du projet, puis lancer les **inférences** pour l'**évaluation**
successive des **répercussions engendrées** pour chacune d'entre elles.

SI:

Faire la liste de **tous** les objets de la classe **ACTIVITE**
dont la **propriété** PRESENTE est **égale à VRAI**
(cette liste sera **désigné** ici par "**TheList**").

ALORS: **VAR.hyp_traitement**

ACTIONS:

Déterminer la valeur de la **propriété** LANCER-ANALYSE de chacun des
objets de "**TheList**"
(Des contraintes d'implantation **nous** obligent à lancer l'identification et
l'**évaluation** des impacts à partir d'une **méthode spécifiée** au niveau cette
propriété. Cette **méthode** demande la **vérification** de l'**hypothèse**
VAR.hyp_lancer).

REGLE : 24

Cette **règle** permet d'engager le **processus d'identification-évaluation** pour chacune des
activités devant faire l'objet d'une analyse. Son **écriture** est **nécessaire** afin de contourner
certaines limites du logiciel *Nexpert Object*.

SI:

Sélectionner l'objet (cet objet sera **désigné** ici par "**TheObj**") de la
classe **ACTIVITE** dont le nom correspond à celui de l'action courante.

ALORS: **VAR.hyp_lancer**

ACTIONS:

Lancer l'**étape** IDENTIFICATION:

Assigner la valeur "IDENTIFIE" à la **propriété** ETAT de "**TheObj**".
(une **méthode définie** au niveau de cette **propriété** permet de lancer le
processus d'identification des **ESM** touches.

ET Lancer l'**étape** EVALUATION:

Lancer la **vérification** de l'**hypothèse** **VAR.hyp_évaluation**.
(une **règle** pointant sur cette **hypothèse** se charge de **gérer** le processus
d'évaluation des impacts pour les ESM **précédemment identifiés**)

REGLE : 21

Cette **règle** permet de **propager sélectivement** les effets d'une **activité à travers** les milieux qu'elle touche. Elle **empêche** la propagation des impacts **à partir des noeuds (ESM du réseau)** qui ont Cd **désignés** (par le **déclenchement** d'une **règle** pointant sur une **hypothèse** "nom-ESM-agresseur".hyp-non-lien) comme inutile **à l'analyse**. Cette **règle représente** une ruse pour **l'implémentation** de méthodes conditionnelles. Le **déclenchement récursif de la méthode** attaché à la **propriété** ETAT de la classe ESM nous oblige **à définir** une telle **règle**. Cette méthode **propage** les impacts **à partir d'un noeud en déterminant** un ensemble **d'ESM** qui **à leur tour en affecteront** d'autres et ainsi de suite. La **règle** permet de **gérer** le processus d'autorisation des **enchaînements** d'impacts en **vérifiant** si le noeud ESM **examiné** est (lors de l'étape identification) lui-même **affecté** avant **d'effectuer** une propagation des effets vers ses **filis**.

I

SI:

Vérifier si l'objet **ESM considéré** (cet objet sera **désigné** ici par "**TheObj**") est **lui-même** touché par l'un de ses **pères** du **réseau** d'impacts.

ALORS: VAR.hyp_ICC_état

ACTIONS:

Affecter la valeur "**IDENTIFIE**" à la **propriété** ETAT de "**TheObj**".

ET **Propager** la valeur de la **propriété** ETAT de "**TheObj**" vers ses objets fils.

ET **Créer** dynamiquement des instances (objets) (ces objets seront **désignés** ici par "**TheIns**") de la classe AESMS pour chacun des **filis** de "**TheObj**".

ET Affecté le nom de "**TheObj**" it la **propriété** AGRESSEUR des objets "**TheIns**".

ET Affecté le nom des ESM fils de "**TheObj**" à la **propriété** VICI'IME des objets "**TheIns**".

ET **Réinitialiser l'hypothèse** "**TheObj**".hyp_non_lien

ET Lancer la **vérification** de l'hypothèse "**TheObj**".hyp_non_lien

ET Relier les instances restantes de la classe AESMS à la classe **CLESMS**.

ET **Détruire** les liens entre la classe AESMS et ses instances.

(la classe AESMS est **utilisée** comme **intermédiaire** pour faciliter la validation des relations cause-effet **lors de l'étape** identification des ESM).

ET **Créer** dynamiquement une instance de la classe UESMT (cet objet sera **désigné** ici par "**AnIns**") correspondant à l'**ESM examiné**.

ET Affecter le nom de "**TheObj**" à la **propriété** VICI'IME de "**AnIns**".

REGLE : 18

Permet de lancer **récurivement l'évaluation** des impacts pour **chacun** des ESM du sous-**réseau délimité** par une activid. **L'ordre dans** lequel les ESM seront examinés est fonction de la valeur de leur **propriété RANG**. Cette **particularité** est **expliquée** à la section "Interaction entre les composantes", *Particularité #I*.

SI:

Faire la liste de **tous** les objets de la classe ESM
dont la **propriété IDENTIFIE** est VRAI.

ET De cette liste, ne **conserver** que les objets dont la **propriété TRAITE** est NON.

ET Parmi les objets **conservés**, retirer celui **ayant** la **propriété RANG** maximum
(cet objet sera **désigné** ici par "TheObj").

ALORS: **VAR.hyp_évaluation**

ACTIONS:

Affecter le nom de "TheObj" à la variable **VAR.nom_ESM**.

ET **Réinitialiser** la **propriété IMPACT_T** de "TheObj".

ET Demander **l'évaluation** de la **propriété IMPACT_T** de "TheObj".

ET **Réinitialiser** l'hypothèse **VAR.hyp_impact_s**

ET Lancer la **vérification** de l'hypothèse **VAR.hyp_impact_s**

ET Affecter la valeur **OUI** à la **propriété TRAITE** de "TheObj"

ET **Réinitialiser** la variable **VAR.rang_max**

ET **Réinitialiser** l'hypothèse **VAR.hyp_évaluation**.

(Get **dernière** instruction provoque une reevaluation automatique de l'hypothèse **VAR.hyp_évaluation** et permet ainsi de **traiter nécessairement** l'ensemble des ESM du **sous-réseau** de l'activitt? **analysée**).

REGLE : 22

Cette **règle** permet de lancer l'**évaluation** des impacts **spécifiques engendrés** par un ESM **père** envers ses ESM **fil**s.

SI:

Faire la liste de **tous les** objets de la classe **CLESMS** dont la **propriété AGRESSEUR** est **égale** au nom de l'objet ESM **sous** analyse (voir objet **VAR.nom_ESM**) (cette liste **sera désigné** ici par "TheList").

ALORS: VAR.hyp_impact_s

ACTIONS:

Demander l'**évaluation** de la **propriété IMPACT-S** de chaque objets de "TheList" (**pour** des raisons d'implantation cette instruction est effect&e en partie **prémisse** de la **règle**)

REGLE : 19

Indique au **système** la **méthode** par **défaut** pour **déterminer** la grandeur **spécifique** d'un impact lorsqu'aucune **règle** ne met en relation l'**ESM** agresseur et l'**ESM** victime dans le but de d&ire cette valeur. La technique implant& ici **permet l'héritage** de la grandeur totale de l'impact de l'agresseur (ESM p&e) comme valeur pour la grandeur **spécifique** d'un impact subi par la victime (ESM **fil**s). Il est **à** noter que tout **autre méthodologie, générale** ou **spécifique**, peut **être traduite sous forme** de **règles** et **utilisées** par le SE.

SI:

Sélectionner l'objet (cet objet sera **désigné** ici par "TheObj1") de la classe **CLESMT** dont la **propriété VICTIME** est **égale** à la **propriété AGRESSEUR** de l'objet de la classe **CLEWS** dont on cherche la **propriété GRANDEUR3** (voir objet **VAR.nom_ESMS**) (cet objet sera designé ici par "TheObj2").

ALORS: VAR.hyp_grandeur_s_déf

ACTIONS:

La valeur de la **propriété GRANDEUR-T** de "TheObj 1" est assignée **à** la **propriété GRANDEUR-S** de "TheObj2".

REGLE : 20

Cette **règle nous permet d'évaluer** la grandeur totale de **l'impact subi** par un ESM du **sous-réseau** d'impacts. On utilise une technique de barycentre pour combiner les grandeurs **spécifiques** des impacts **engendrés** par les **différents** agresseurs **d'un ESM donné**. Il est à noter que tout autre **méthodologie, générale** ou **spécifique**, peut **être traduite sous** forme de **règles** et **utilisées** par le SE.

SI:

Faire la liste de **tous** les objets de la classe **CLESMS** dont la **propriété VICTIME** est **égale** au nom de l'objet dont on cherche la **propriété GRANDEUR-T** (cette liste sera **désignée** ici par "TheList").

ET Verifier si la **propriété GRANDEUR-S** des objets de "TheList" est connue. (cette **vérification** est **nécessaire** lors du traitement des ESM victime d'impacts primaires, d'ou la **catégorisation** des impacts section "Interaction entre les composantes").

ALORS: **VAR.hyp_grandeur_t**

ACTIONS:

ET Appliquer la technique de barycentre pour **l'agrégation** des valeurs de la **propriété GRANDEUR-S** des objets de "TheList".

$$BC = (9 \times \text{Max}(\text{"TheList".GRANDEUR_S}) + \{\sum \text{"TheList".GRANDEUR_S}\})$$

ET Affecter à la **propriété GRANDEUR-T** de **l'ESM courant** la valeur de BC

ET Relier les objets de "TheList" à l'instance de la **classe CLESMT** dont la **propriété VICTIME** correspond à la **propriété** de **l'ESM courant**.

3" **Règles spécifiques:**

L'expertise touchant les relations cause-effet du **réseau** d'impacts **doit être** introduite dans le **système sous la même** forme que les **règles** d'rites ci-dessus. Ces **règles représentent** un savoir dynamique attaché au **réseau** et -qui sera **exploré** lors de la **réalisation** des &apes d'identification et **d'évaluation** des impacts.

REGLE : (pour l'exemple 7.12.13.16)

Ces **règles contrôlent** la propagation des effets **à travers** les ESM du **réseau** d'impacts. Si la **règle** est **vérifiée**, la relation **cause-effet** qu'elle implique **n'existe** pas pour le cas **traité**. Donc la propagation des impacts ne sera pas poursuivie **à partir** de **ce** noeud.

SI:

Sélectionner l'objet de la classe AESMS dont la **propriété VICTIME** est **égale** au nom **d'un ESM fils** de la relation cause&et **examinée**
(cet objet sera **désigné** ici par "TheObj")

ET **Autres** conditions pertinentes:

Ces **prémisses** traduisent l'expertise spécifique faisant que le lien cause-effet ne sera pas validé

ALORS: "**nom_Agresseur**".hyp_non_lien

(nom-Agresseur est équivalent au nom du noeud p&e de la relation cause-effet **analysée**)

ACTIONS:

Assigner la valeur "**NON_IDENTIFIABLE**" à la **propriété ETAT** de l'ESM du **réseau** d'impacts dont le nom correspond à la valeur de la **propriété VICTIME** de "TheObj".

ET Retirer "TheObj" de la classe AESMS

(Ceci veut dire que la propagation des effets ne sera plus **faite** **à partir** du noeud **ESM victime impliqué** dans cette **règle**)

REGLE : (pour l'exemple 1.2.3.4.6.8.9.10.11.14.17)

Ces **règles** permettent de **déduire** la grandeur spécifique d'un impact **entre** deux composantes d'un **sous-réseau**. Lorsqu'aucune **règle n'est spécifiée** pour une certaine relation cause-&Yet, c'est le **mécanisme** par **défaut** qui est mis en oeuvre (voir la **règle** concluant sur l'hypothèse **VAR.hyp_grandeur_s_déf**).

SI:

Vérifier si le nom du noeud **père** de la relation cause-effet **analysée** est **égale** au nom du BSM **spécifié** dans cette **règle**
(cet objet **sera désigné** ici par ‘TheObj’).

Ceci revient à **spécifier** le nom du **ESM** agresseur de la relation faisant l’objet de cette **règle**.

ET **Autres** conditions **pertinentes**:

Ces **prémisses** traduisent l’**expertise permettant** de **déduire** la grandeur **spécifique d’un** impact **entre** les deux BSM reliés par une relation cause-effet

ALORS: **"nom_Victime".hyp_grandeur_s**

(**nom_Victime** est &trivalent au nom du noeud **fils** de la relation cause-effet **analysée**)

ACTIONS:

ET Affecter la valeur **spécifiée** par les expert **à la propriété**
GRANDEUR_S de ‘TheObj’

(celle-ci peut impliquer toute sortes de manipulations telles que l’**exécution** de procédures, la lecture de BD, l’exploration d’autres **règles**, etc...).

REGLE : (pour l' exemple 5.15)

Ces **règles** doivent traduire l’expertise objective et subjective **nous** permettant d’attribuer une valeur **à** l’importance d’un ESM.

Sk

Conditions pertinentes **à** la deduction de l’importance.

ALORS: **"nom_ESM".hyp_importance**

ACTIONS:

ET Assigné une valeur **à la propriété** IMPORTANCE de l’**ESM considéré**.

(celle-ci peut impliquer **toute** sortes de manipulations telles que l’**exécution** de procédures, la lecture de BD, l’exploration d’autres **règles**, etc...).

La figure 9.13 illustre chacune des **hypothèses précédentes** en fonction de leur niveau d’intervention lors de la **réalisation** des **différentes étapes** de l’EIE.

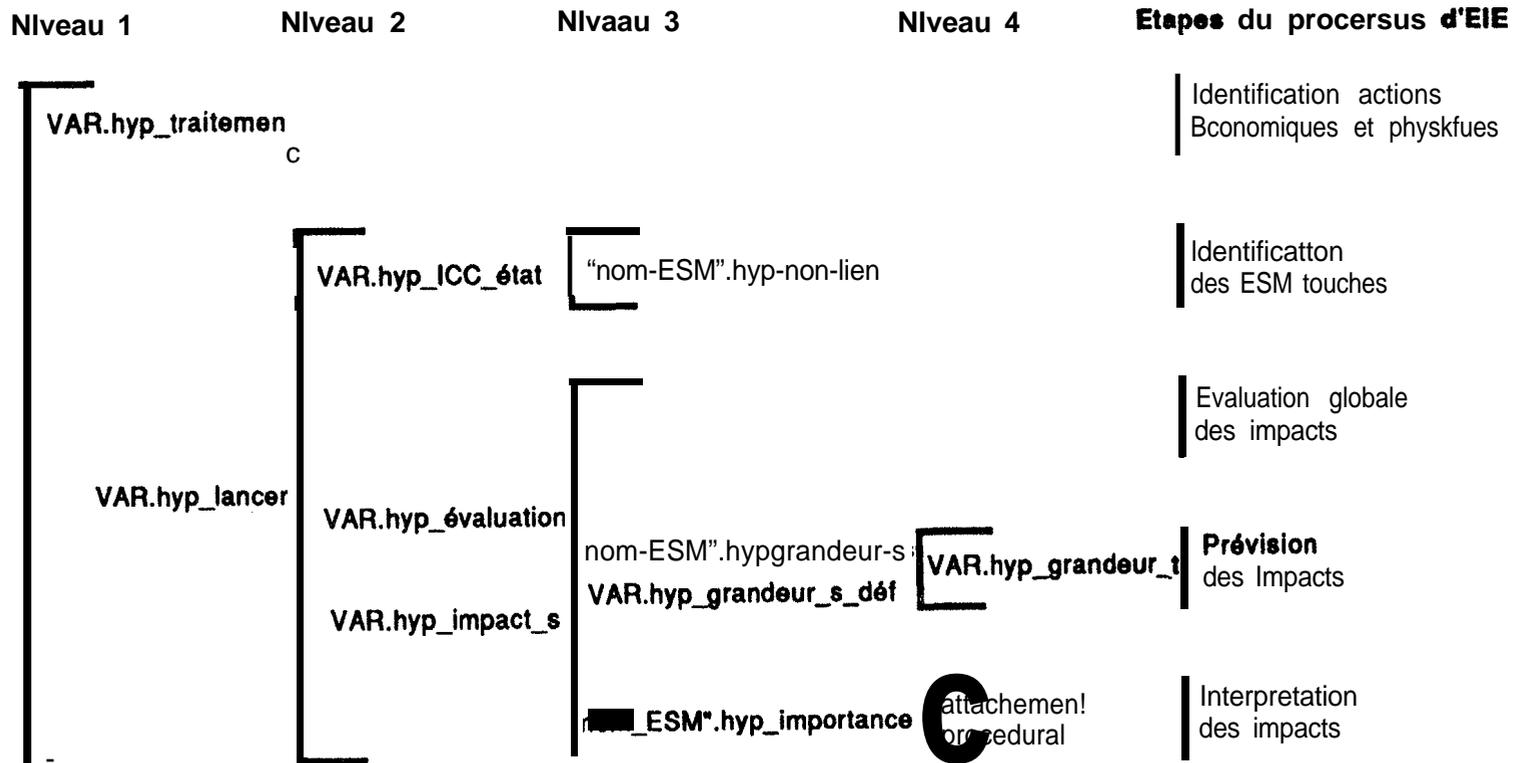


Fig. 9.13 Niveaux d'intervention des règles dans le processus d'évaluation

9.4.2 Les stratégies d'inférences

La base de **règles** du prototype **AREIE** est toujours consultée en **chaînage arrière**, c'est-à-dire en mode induction. Le **système** tente de valider une **hypothèse** susceptible de faire progresser la résolution du **problème**. Pour ce faire, il examinera l'ensemble des **règles** pointant sur l'**hypothèse donnée** en **déclenchant** toutes **celles dont** les conditions sont **vérifiées** (exploration en mode exhaustif). Le **système** *Nexpert Object* offre une stratégie par **défaut** lorsqu'il recherche la valeur d'une **propriété**. Celle-ci comporte cinq étapes :

- 1- Execution d'une procédure (si **elle** existe) **spécifiant** la **façon** de déterminer la valeur de la **propriété** (OS).
- 2- Héritage d'une procédure (OS) au niveau d'un objet/et **père**.
- 3- Héritage de la valeur au niveau **d'un** objet/et **père**, puis **fil**.
- 4- Inférence pour trouver une **règle** permettant de **déduire** la valeur recherchée (pour les **propriétés** de type **booléen** seulement).
- 5- Question à l'utilisateur.

Le concepteur du **système** a toute **liberté** pour **définir** ses propres stratégies. Dans la **majorité** des cas, **nous** avons écrit des procédures (**If_Change** et **Order-of-Sources**) assignant un comportement particulier aux objets d'une **même** classe. **Il nous paraît** inutile d'explicitier davantage la nature et le **rôle** de ces procédures. La description complète de celles-ci se trouve aux annexes B et C.

9.5 Les procédures externes

Les procédures externes ne doivent pas **être** confondues avec les attachements **procéduraux (méthodes)** se retrouvant au niveau des **propriétés** des classes ou des objets du **réseau** d'impacts. Il s'agit **plutôt** de petits programmes (**écrit** en langage C dans notre cas) **répondant à** certains de nos besoins **spécifiques** quant **à** la manipulation des **entités** de notre **réseau sémantique**. Ces **routines** externes sont **appelées soit dans** la **partie** action des **règles, soit** dans les **méthodes** (OS et IC) attachés aux **propriétés**.

Il **n'est pas nécessaire** de **définir** une nouvelle structure pour les **données**, pour le passage de **paramètres** entre ces programmes et le SE. Nexpert *Object* nous fournit une librairie (Nexpert AI Library) complète des points **d'accès** pour l'ensemble des structures **d'objets/classes définies** dans la BC du SE.

Une brève description de ces routines externes est **donnée à** l'annexe A. Le lecteur peut se **référer** aux listes des classes (annexe B) et des **règles** (annexe E) pour identifier les passages **nécessitant l'utilisation** de ces routines.

10. VALIDATION DE L'APPROCHE PAR UN EXEMPLE

10.1 Mise en situation

Le volume “Environmental Impact Analysis Handbook” de J.G. Rau et D.C.Wooten [6] expose, de **façon** relativement **détaillée**, la **méthode** des arbres d'impacts **développée** par J.C.Sorensen. L'exemple qui suit est **tiré** de cet ouvrage et concerne la construction d'un **tronçon d'autoroute dans** un secteur à **caractère plutôt** commercial. **Nous** ne **considérerons** que deux activités **liées à l'implantation** de ce projet soit, l'expropriation de commerces et de maisons **privées**. Evidemment, le **problème** sera **traité** suivant la **methodologie implémentée** au niveau de la base de connaissances (BC) du prototype **AREIE** et non suivant la technique **proposée** par Sorensen.

La figure 10.1 montre le **réseau** d'impacts construit **à** partir des informations recueillies **auprès** des **spécialistes** des divers domaines concernés. Cet exemple **nous** est apparu tout **à fait approprié** car il **permet** d'illustrer la plupart des principes et particularités **exposés précédemment**. Ces particularités se distinguent par les **différents** types de **caractères utilisés** pour les noeuds du **réseau**:

Caractères:	Description
<u>gras soulignés:</u>	Noeuds Activités à l'origine des sous-réseaux d'impacts illustrés .
<i>reliefs italiques:</i>	Multi-parentage pour les ESM d'un même sous-réseau d'impacts.
<i>ombrés italiques:</i>	Multi-parentage pour les <i>ESM</i> de sous-réseaux Simpacts différents .
standard:	Noeuds ESM possiblement touchés.

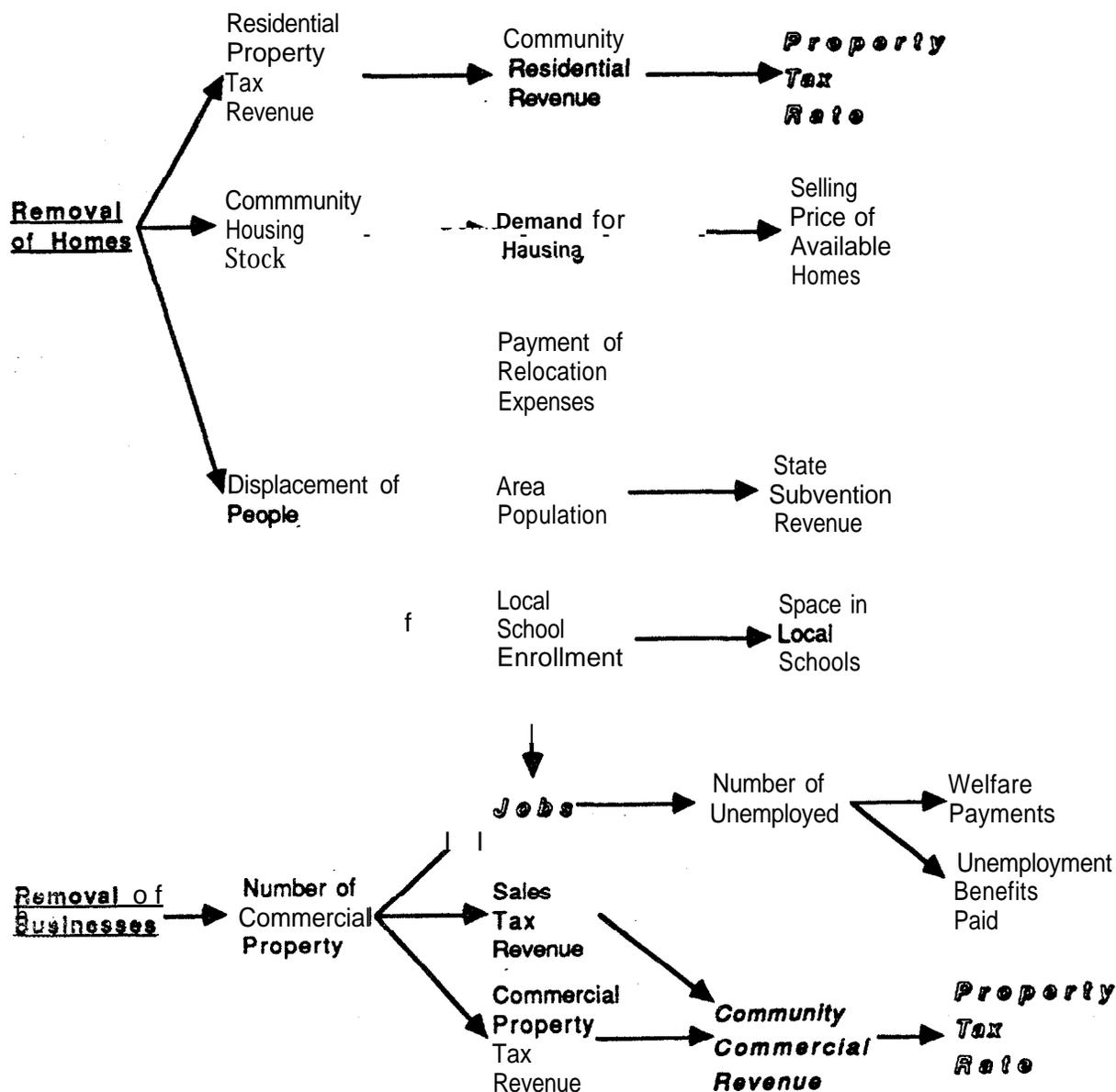


Fig. 101 Exemple d'un réseau d'impacts pour deux activités liées d'un projet d'autoroute.

La **simplicité** de cet exemple et la petitesse de la base de connaissances **développées** ne permet pas de **démontrer** la puissance **réelle** offerte par l'approche système expert. De plus, cette puissance ne réside pas seulement dans l'exploitation d'un savoir expert pour la résolution d'un **problème, mais** aussi **dans la façon** dont les **concepteurs** (cogniticiens) sont **amenés à construire** les bases de connaissances permettant de le **résoudre**. Dans la section "Structuration orientée objets" **nous** vous **avons** exposé la **manière** dont ont été codifiés les formalismes modélisant les concepts **généraux** liés à la réalisation de l'EIE. Les paragraphes qui suivent **nous** montrent maintenant de quelle **façon nous** pouvons construire la base de **connaissances spécifiques** aux projets et au milieu **étudié**. Ceci **nous** permettra de mieux cerner le **rôle prééminent** des outils **d'élaboration** de la base de connaissances **offerts** par *Nexpert Object*.

10.2 Construction de la base de connaissances S D-

La construction de la base de connaissances (BC) proprement dite se limitera au **sous-réseau** d'impacts **lié à l'activité** "Expropriation de commerces". **Nous** devons d'abord **créer** un objet par noeud du **réseau** en **spécifiant** la classe à laquelle il **appartient** et les objets **fil** (sous-objets) qu'il **possède**. Une fois le **réseau** d'objets **complété**, il faut lui associer des **règles** qui permettront de **déduire** les informations **nécessaires** à la détermination des impacts. A chacune de ces étapes de construction de la BC, le cogniticien fait appel aux diverses fonctionnalités lui permettant de codifier et de réviser **aisément** les structures statiques et dynamiques **implémentées**.

10.2.1 Le réseau d'impacts

Nous devons associer un objet Nexpert à chacune des **activités** et à chacun des ESM du **réseau d'impacts à modéliser**. Toutes ces **entités** sont **créées à partir du même éditeur** d'objets tel **qu'illustré à l'annexe A décrivant** l'outil Nexpert *Object* . Les **activités** de modification, retrait et sauvegarde sont **réalisées** par l'**intermédiaire** de cet Cditeur.

Le rattachement des objets à une classe **générique** leur permet **d'hériter** automatiquement des **propriétés/méthodes** lors de la compilation de la structure. Ainsi, chacune des instances de ces classes adoptera un comportement particulier sans que l'on **soit** obligé de le **préciser** au niveau de leurs propres attributs. De **même** les relations cause-effet sont **assimilées** aux liens objets<->sous-objets spécifiques lors de la création d'un objet. La **hiérarchie** d'objets correspondant au **sous-réseau** d'impacts de l'activité "Expropriation de commerces" peut **être visualisée** au moyen de l'**éditeur** graphique d'objets. La figure 10.2 **nous** montre la **fenêtre** graphique dans laquelle le concepteur peut voir les structures et leurs liens. Il est possible d'**accéder** directement aux divers Cditeurs à partir des **réseaux** affichés.

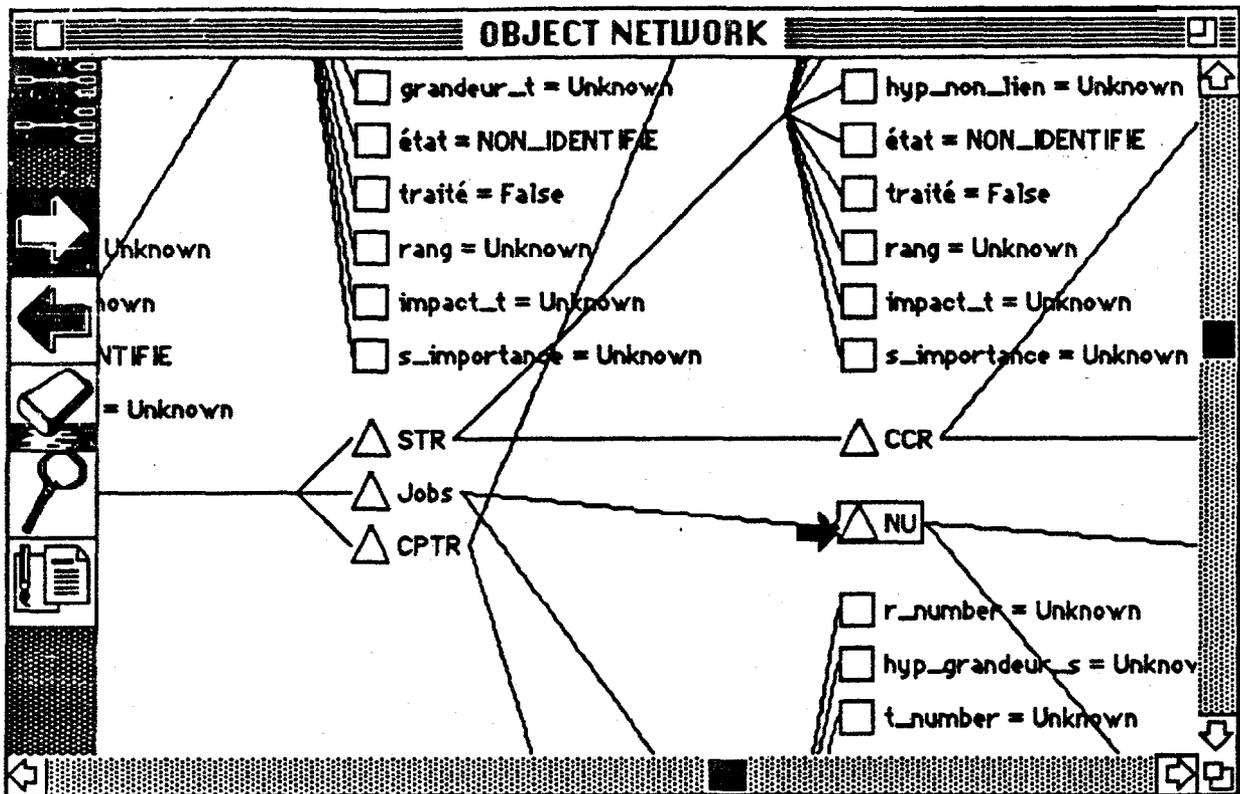


Fig. 102 Editeur graphique des réseaux d'objets/classes de Nexpert Object.

Evidemment, la grandeur de l'écran et l'affichage en couleur influence la lisibilité des réseaux. Ils s'avèrent quand même très utiles lors de la consultation pour vérifier la valeur des attributs associés aux divers objets. On obtient finalement la liste des objets et de leurs sous-objets, le tout correspondant aux ESM du réseau de la figure 10.1. Ils appartiennent respectivement aux catégories 2, 3 et 4 telles que décrites à la section "Les objets et leurs attributs". Nous détaillerons aussi les propriétés spécifiques attachées à certains objets. Pour simplifier la notation, l'identifiant des objets de la base de connaissances correspondra à l'agrégation de la première lettre de chacun des mots formant le nom des ESM.

Liste des objets:**2^{ème} cat&vie: Classe "Activités"**

NOM: RofB
SOUS-OBJETS :
NCP

NOM: RofH
SOUS-OBJETS :
RPTR
CHS
DP

3^{ème} catégorie: Classe "ESM"

NOM: AP
SOUS-OBJETS :
SSR

NOM: CCR
SOUS-OBJETS :
PTR

PROPRIETES :
p_cptr : pourcentage du CCR venant du **CPTR**.
p_str : pourcentage du CCR venant du **STR**.
ratio : pourcentage du **revenu** total de la
municipal&! venant du CCR.

NOM: CHS
SOUS-OBJETS :
DH

NOM: CPTR
SOUS-OBJETS :
CCR

NOM: CRR
SOUS-OBJETS :
PTR

NOM : DH
SO-US-OBJETS :
SPAH

NOM: LIP
SOUS-OBJETS :
PRE
LSE
AP

NOM: Jobs
SOUS-OBJETS :

NU
PROPRIETES :
r_number : nombre d'emplois **perdus**.
t-number : nombre total d'emplois
pour la **région**.
kind : **sorte** d'emplois **affectés**.

NOM: LSE
SOUS-OBJETS :
SLS
Jobs

NOM: NCP
SOUS-OBJETS :
STR
Jobs

CPTR
PROPRIETES :
r-number : nombre de commerces **expropriés**.
t-number : nombre total de **commerces**
pour la **région**.
r-area : **superficie** de plancher **des** commerces
expropriés.
t_area : **superficie totale** de plancher **des**
commerces de **la région**.
r-sale : **valeur** en \$.des ventes perdues.
t-sale : **valeur totale** en \$ des ventes
pour la **région**.

NOM: NU
SOUS-OBJETS :
WP
UBP

PROPRIETES :
rate : **taux de chômage** pour la **région**.

NOM: PRE

NOM: **PTR**
PROPRIETES :
 ratio : pourcentage du **revenu** total de **la**
municipalité venant du **PTR**

NOM: SSR

NOM: STR
SOUS-OBJETS :
 CCR

NOM: RPTR
 SOUS-OBJETS :
CRR

NOM: UBP

NOM: SLS

NOM: WP

NOM: SPAH

4ème catégorie: non-classifiée

NOM : **GOUVERN**
PROPRIETES :
 election : **moment** des prochaines Clections.

NOM: **IDENT**
PROPRIETES :
 timing : objectif de **l'EIE (court/long terme)**.

NOM : REGION
PROPRIETES :
 type : type de r&ion (rural, **semi-urbaine**, urbaine, etc...)

Done chaque objet **possède** des **propriétés** h&it&s au niveau de sa classe d'appartenance (d&rites à la section "**Les classes et leurs** attributs). De plus nous adjoignons, lorsque **nécessaire**, des **propriétés** descriptives **utilisées** dans la par-tie **prémisse** de certaines **règles** de production. Ces **dernières** peuvent ttre c&es dynamiquement lors de la compilation des **règles**, ce qui facilite la **tâche** de gestion de la coherence de la base de connaissances. Les figure 10.3 et 10.4 nous montrent une vue d'ensemble des **hiérarchies** d'objets/classes et de leurs **propriétés** pour les deux **activités étudiées**. Celles-ci sont obtenue directement de l'editeur graphique de Nexpert *object*.

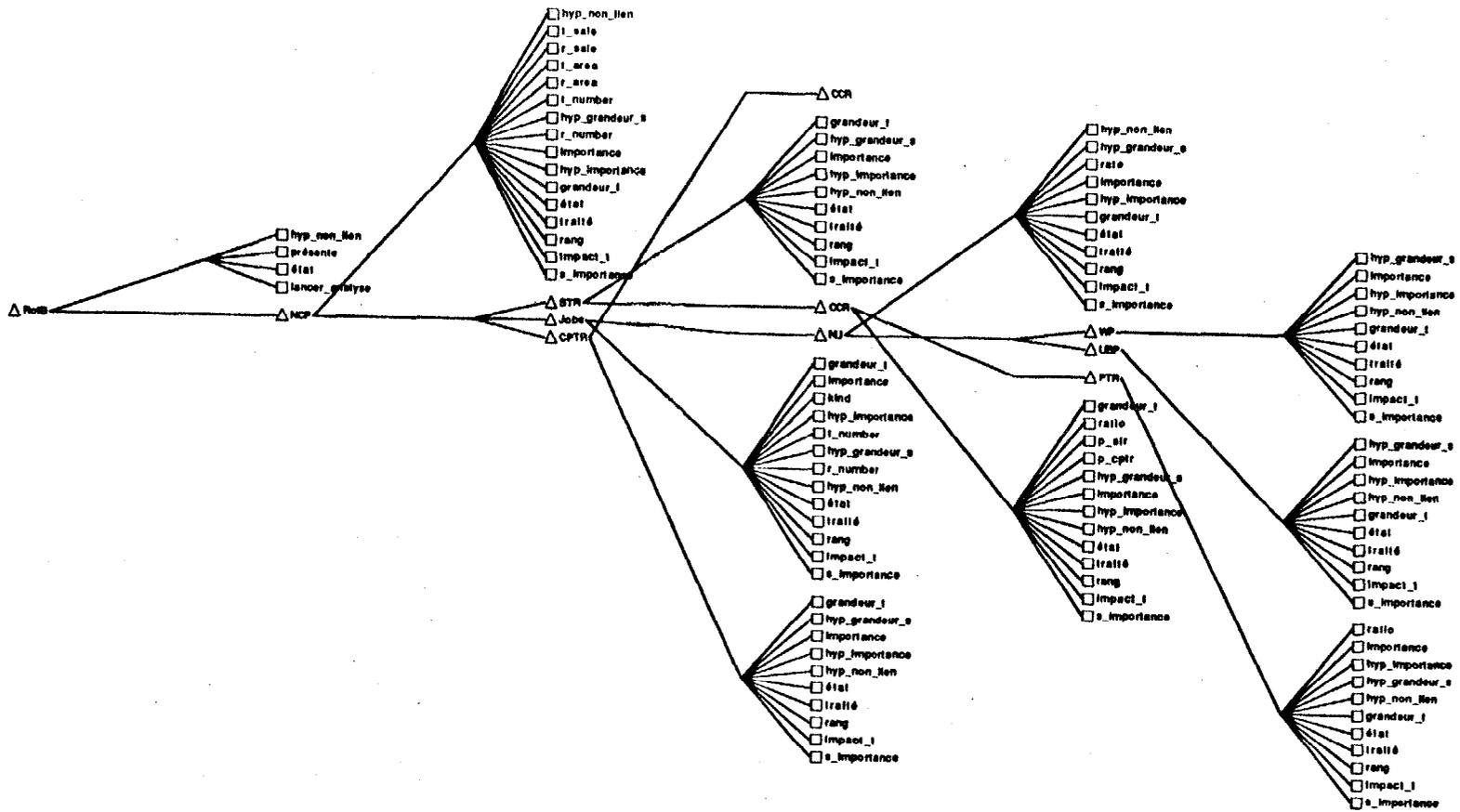


Fig. 10.3 Arborescence d'objets définie par l'activité RofB.

10.2.2 Les règles d'inférences

-

Il s'agit maintenant de **rédig**er les **règles** qui permettront au **système** d'inferer, au moment voulu, les informations susceptibles de faire progresser la resolution du **problème**. Encore une fois ces **règles** sont **écrites à partir** de l'editeur **illustré** à l'annexe A **décriv**ant l'outil Nexpert *Object*. On **doit** d'abord **procéder** à l'analyse de chacune des relations cause-effet du **réseau** pour en fixer les limites de validation en fonction de divers **critères** tels que les objectifs **recherchés** par l'EIE ou la finesse des conclusions attendues. Ensuite, **nous** devons **définir** les **prém**isses et conclusions des **règles** qui **nous** permettront de **déduire** la grandeur **spécifique** d'un impact entre deux entids du **réseau**. Finalement, une etude au niveau **même** des ESM du **réseau** devra **nous** amener à **rédig**er des regles traitant de l'importance de ceux-ci.

Les **règles codifiées** dans la BC sont totalement **fictives** et ne **résultent** pas de consultations avec des **spécialistes** du domaine. De **même**, les **critères** devaluation de l'importance des ESM et de validation des relations cause-effet ne representent aucune expertise **réelle** et la plupart des regles permettant d'inferer la grandeur **spécifique** des impacts font appel à des calculs **mathématiques** simplistes. **Nous** voulons simplement illustrer l'approche **préconisée** par le prototype **AREIE**. **Nous** croyons que la **démarche proposée** peut **s'avérer très intéressante** pour la construction et l'exploitation d'un savoir expert pertinent à la resolution de cas reels. Chacune de ces regles est kite conformement au canevas **défini** à la section "Les **règles** de production". La **liste qui** suit est produite directement à partir de l'editeur de **règles** de Nexpert *Object*. Ces regles peuvent aussi **être affichées sous** forme graphique ce qui

, **représente** un atout important lors de la conception et de **la** validation des bases de connaissances.

Liste des règles

RULE: Rule 1

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is **CPTR**

And **CCR.p_cptr** is greater than 0.00

Then **CCR.hyp_grandeur_s**

is confirmed.

And **CPTR.grandeur_t*CCR.p_cptr/100** is assigned to

\VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule2

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is **STR**

And **CCR.p_str** is greater than 0.00

Then **CCR.hyp-grandeur-s**

is confirmed.

And **MIN(STR.grandeur_t*CCR.p_str*0.03,10)** is assigned to

\VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE: Rule3

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is **NCP**

And **NCP.r_area** is greater than 0.00

And **NCP.t_area** is greater than 0.00

Then **CPTR.hyp_grandeur_s**

is confirmed.

And **(NCP.r_area/NCP.t_area)* 10** is assigned to **\VAR.nom_ESMS\grandeur_s**

RULE: Rule4

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is **NCP**

And **Jobs.r_number** is greater than 0.00

And **Jobs.t_number** is greater than 0.00

Then **Jobs.hyp_grandeur_s**

is confiied.

And **(Jobs.r_number/Jobs.t_number)*10** is assigned to

\VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule5

If

REGION.type is **RURAL**
And **Jobs.kind** is **DAY-LABOURER**

Then **Jobs.hyp_importance**
is **confirmed.**

And 8 is **assigned** to **Jobs.importance**

RILE: Rule6

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is **RofB**
And **NCP.r_number** is greater than 0.00
And **NCP.t_number** is greater than 0.00

Then **NCP.hyp_grandeur_s**
is **confirmed.**

And $(\text{NCP.r_number}/\text{NCP.t_number}) * 10$ is assigned to
\VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE: Rule7

If

<IAESMSI>.victime is **Jobs**
And **Jobs.r_number** is precisely equal to 0.00

Then **NCP.hyp_non_lien**
is **confirmed.**

And **<IAESMSI>.victime** is assigned to **VAR.nom_ESMS**
And **\VAR.nom_ESMS\état** is set to **NON_IDENTIFIABLE**
And Delete Object **<IAESMSI>**

RULE: Rule8

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is **Jobs**
And $(\text{Jobs.grandeur_t} * 10) - 2$ is greater than **0.00**
And $(\text{Jobs.grandeur_t} * 10) - 6$ is less than or equal to 0.00

Then **NU.hyp_grandeur_s**
is **confirmed.**

And 6 is assigned to **\VAR.nom_ESMS\grandeur_s**

RULE: Rule9

Pf

\VAR.nom_ESMS\agresseur is **Jobs**
And $(\text{Jobs.grandeur_t} * 10) - 2$ is less than or equal to **0.00**

Then **NU.hyp_grandeur_s**
is **confirmed.**

And 3 is assigned to **\VAR.nom_ESMS\grandeur_s**

RULE: Rule 10

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is Jobs
And (Jobs.grandeur~t*10)-10 is greater than 0.00

Then **NU.hyp_grandeur_s**

is confii.
And 10 is assigned to **\VAR.nom_ESMS\grandeur_s**

RULE: Rule11

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is Jobs
And (Jobsgrandeur-t* 10)-6 is greater than 0.00
And (Jobs.grandeur_t*10)-10 is less than or equal to 0.00

Then **NU.hyp_grandeur_s**

is confirmed.
And 8 is assigned to **\VAR.nom_ESMS\grandeur_s**

RULE: Rule12

If

<IAESMS!>.victime is WP
And **IDENT.timing** is not LONG-TERM

Then **NU.hyp_non_lien**

is confined.
And **<IAESMS!>.victime** is assigned to **VAR.nom_ESMS**
And **\VAR.nom_ESMS\état** is set to NON-IDENTIFIABLE
And Delete Object **<IAESMS!>**

RULE: Rule13

If

<IAESMS!>.victime is UBP
And **IDENT.timing** is not SHORT-TERM

Then **NU.hyp_non_lien**

is confirmed.
And **<IAESMS!>.victime** is assigned to **VAR.nom_ESMS**
And **\VAR.nom_ESMS\état** is set to **NON_IDENTIFIABLE**
And Delete Object **<IAESMS!>**

RULE: Rule14

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is CCR
And **CCR.ratio** is greater than 0.00
And **PTR.ratio** is greater than 0.00

Then **PTR.hyp_grandeur_s**

is confined.
And **MIN((CCR.grandeur_t*CCR.ratio)/PTR.ratio,10)** is assigned to
\VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 15

If

GOUVERN.election is SOON

Then **PTR.hyp_importance**
is confirmed.

And 9 is assigned to **PTR.importance**

RULE : Rule16

If

dAESMSI>.victime is NCP

And **NCP.r_number** is precisely equal to 0.00

Then **RofB.hyp_non_lien**
is confirmed

And **<AESMSI>.victime** is assigned to **VAR.nom_ESMS**

And **\VAR.nom_ESMS\état** is set to **NON_IDENTIFIABLE**

And Delete Object **<AESMSI>**

RULE : Rule 17

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is NCP

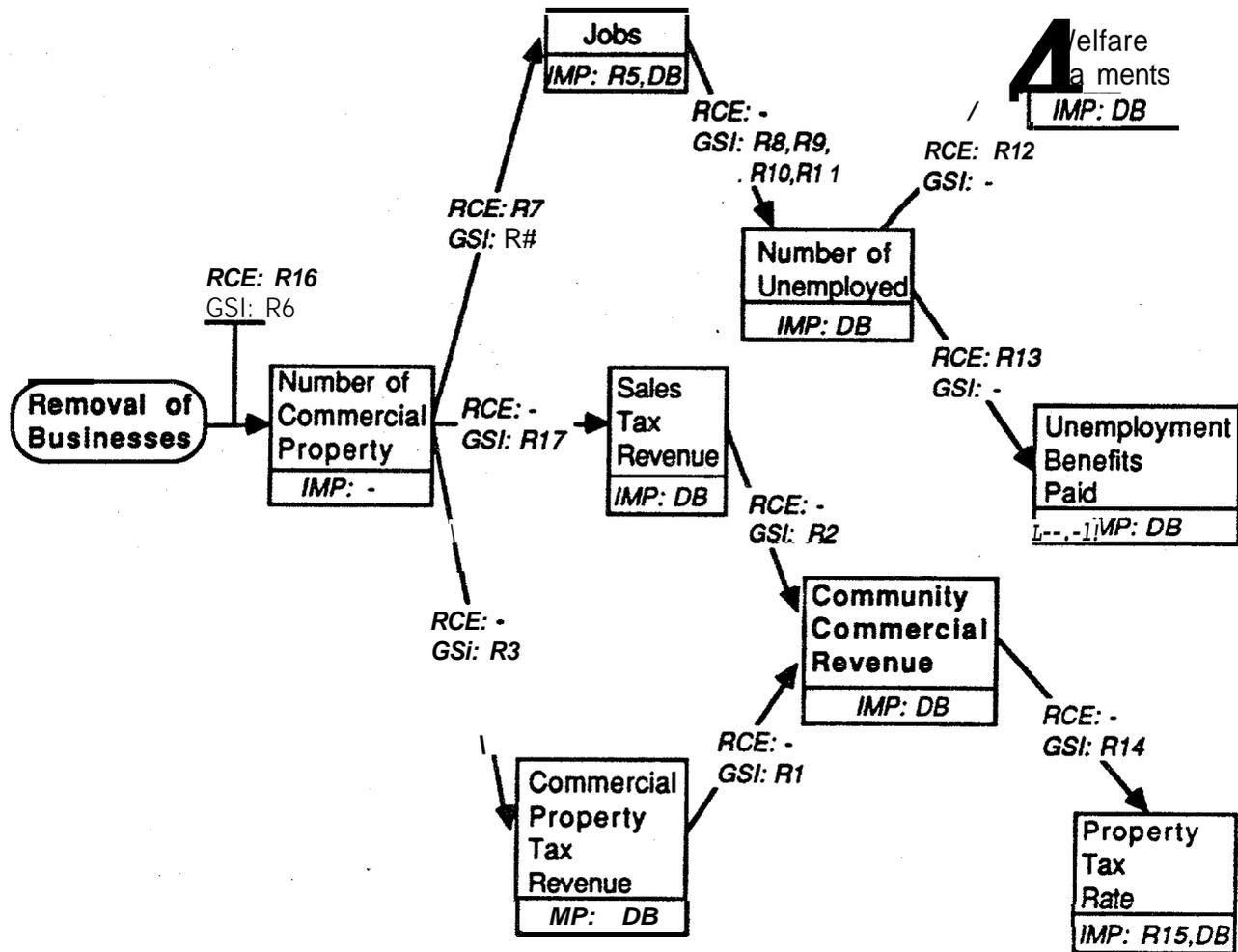
And **NCP.r_sale** is greater than 0.00

And **NCP.t_sale** is greater than 0.00

Then **STR.hyp_grandeur_s**
is confirmed.

And $(NCP.r_sale/NCP.t_sale)*10$ is assigned to **\VAR.nom_ESMS\grandeur_s**

On **résume** donc l'ensemble des entités de la base de **connaissances** à la figure suivante.



Ligende: **IMP:**
importance d'un
élément du réseau.

RCE:
No. des règles
valiant ou non les
relation cause-effet.

GSI
No. des règles
permettant de
déduire la grandeur
spécifique de l'impact.

Fig. 105 Sous-réseau & impacts délimité par l'activité 'Removal of Businesses'.

10.2.3 La base de données

Une seule base de **données** est consultée par le prototype **AREIE**. Celle-ci regroupe les valeurs **attribuées** à l'importance de certains ESM du **réseau** d'impacts. Elles seront **utilisées** si aucune **règle** de la BC ne permet de **déduire** l'importance d'un ESM lors des **inférences**. La **procédure complète** de **détermination** de l'importance d'un ESM est décrite à la section "Les classes et leurs attributs". **Les données** apparaissent **sous** le **même** format **qu'elles** sont **écrites** dans le fichier lu par **AREIE**.

Base de données: db-import

ESM	Importance
UBP	2.0
NCP	8.0
CRR	10.0
PTR	3.0
CCR	10.0
STR	10.0
Jobs	6.0
Nu	7.0
WP	7.0
CHS	2.0

ESM	Importance
DH	3.0
SPAH	1 . 0
DP	7.5
PRE	0.5
LSE	1.0
SLS	3.5
AP	1.5
SSR	9.0
CPTR	6.0
RPTR	5.0

Ces valeurs sont **tirées** de la **référence** [6], exemple de la figure 8.5 (pg 8-26), tableau 8.18 (pg 8-28).

10.3 Consultation du système

Le système **démarre** ses inférences en essayant de valider, par **chaînage arrière**, les deux hypothèses suivantes:

- VARhypjinitialisation
- VAR.hyp_traitement.

Les **requêtes** à l'utilisateur sont toutes faites, pour la version actuelle du prototype, **à l'aide** de la fen&e par **défaut** (voir figure 8.3). **Nous** ne vous exposerons ici que les questions **présentées à l'utilisateur** et les **réponses** fournies au système. **Nous** interrompons la consultation **à différents** moments pour illustrer graphiquement les **résultats déduits** par AREIE ou pour commenter le déroulement des inférences. Il est **à noter** que l'utilisateur peut effectivement interrompre les inférences **à tout moment** pour visualiser et modifier les faits ou la base de connaissances du SE.

Note:

- caractères standards: **requêtes** du système AREIE.
- caractères gras: **réponses** de l'utilisateur.
- caractères italiques: commentaires .

Le dialogue généré par le système est le suivant:

Début de l'identification des activités liées au projet (règle 25).

L'activité Removal of Homes aura-t-elle lieu au **cours** du projet?

NON

L'activité Removal of Businesses aura-t-elle lieu au **cours** du projet?

OUI

La figure qui suit nous montre les valeurs des propriétés "état" et "présente" pour les noeuds de la classe Activités qui sont considérés à l'étape d'identification des actions.

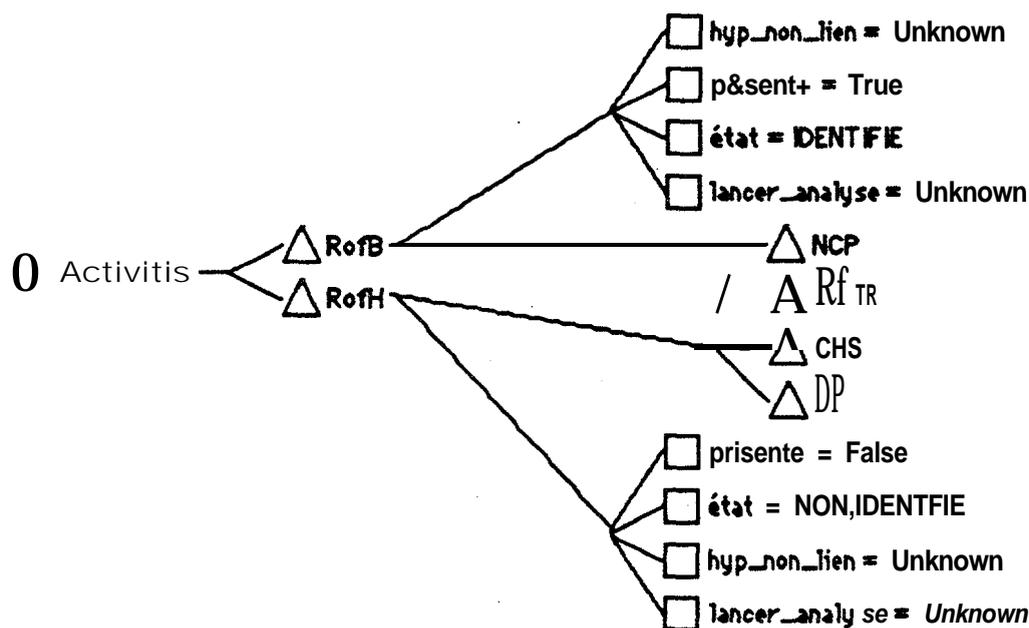


Fig. 10.6 Arborecence des activités liées au projet.

Début de l'identification des ESM du sous-réseau d'impacts (règle 24).

Le système tente de valider le lien entre RofB et NCP (règle 16)

Quel est le nombre de commences expropriés?

5

Le système tente de valider le lien entre NCP et Jobs (règle 7)

Quel est le nombre d'emplois perdus?

50

Le système tente de valider le lien entre NU et WP (règle 12)

Type d'impacts étudiés?
COURT-TERME

Il est possible de faire afficher interactivement la règle que le système est en train d'examiner. Ceci nous permet de voir que le SE tente de valider (règle 12) concernant la relation cause-effet entre les noeuds NU et WP du sous-réseau d'impacts (&ape identification). Une seconde règle (13) conclut sur cette même hypothèse mais touche la relation existant entre les noeuds NU et UBP. Il est intéressant de noter que la réponse à la question précédente obligera le système d'éliminer la relation cause-@et entre NU et WP et de conserver le lien entre NU et UBP lors d'un cycle d'inférences ultérieur.

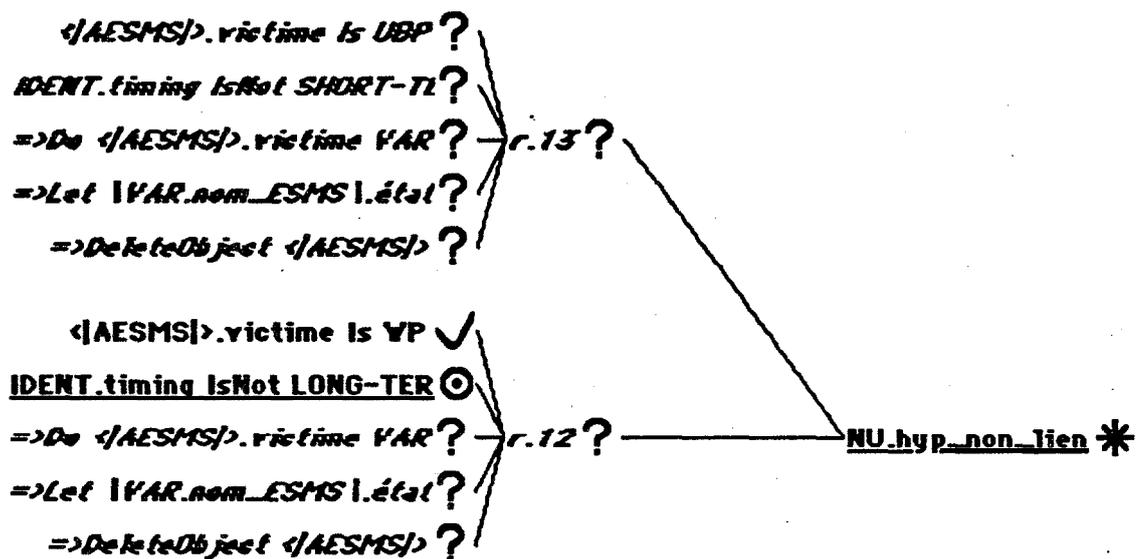


Fig. 10.7 Règles de validation des liens NU-UBP et NU-WP.

La figure suivante nous illustre les objets créés dynamiquement au cours de l'analyse du sous-réseau d'impacts de l'activité "Removal of Businesses". Seules les propriétés "agresseur" et "victime" de ces instances ont été affectées. C'est à partir de ces objets que l'évaluation des impacts spécifiques et totaux sera faite (voir section "Création dynamique des mondes parallèles d'objets" et "Les classes et leurs attributs").

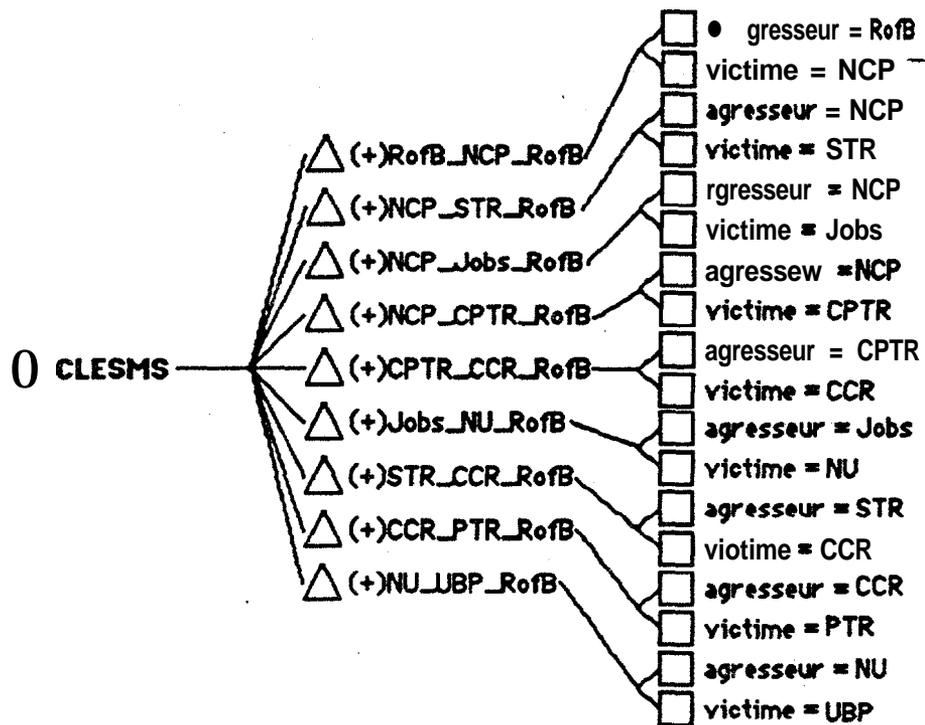


Fig. 10.8 Arborescence des objets dynamiques résultant de l'étape identification.

Début de l'étape ivaluation des impacts.

Le systhe tente d'inférer la valeur de NCP.grandeur_s (règle 6).

Quel est le **nombre** total de commerces pour la **région**?

35

**Lecture dans la BD "db_impor" de la vaieur de NCP.importance.

Le système tente d'inférer la valeur de STR.grandeur-s (règle 17).

Total des **ventes** (\$) perdues à cause de l'expropriation?

1000000

Total des ventes (\$) **enregistrées** pour la r&ion **considérée**?

50000000~

Lecture **dans la BD "db_impor" de la valeur de STR.importance.

Le système tente d'inférer la vatew de Jobs.grandeur-s (règle 4).

Quel est le **nombre** total d'emplois pour la **région considérée**?

600

Le système tente d'inférer la valeur de Jobs.importance (règle 5).

Donnez le type de la région touchée?
RURAL

Identifiez la catégorie des emplois qui seront perdus?
JOURNALIER

Le système tente d'inférer la valeur de CPTR.grandeur_s (règle 3).

Quelle est la superficie totale des commerces expropriés? (pi²)
50000

Quelle est la superficie totale des commerces de la région? (pi²)
200000

**Lecture dans la BD "db_impor" de la valeur de CPTR.importance.

Le système tente d'inférer la valeur de CCR.grandeur_s (règle 1).

Quel est le pourcentage du CCR venant du CPTR?
40

**Lecture dans la BD "db_impor" de la valeur de CCR.importance.

Le système tente d'inférer la valeur de CCR.grandeur_s (règle 2).

Quel est le pourcentage du CCR venant du STR?
60

Le système a inféré la valeur de NU.grandeur_s (règle 11).

**Lecture dans la BD "db_impor" de la valeur de NU.importance.

Le système tente d'inférer la valeur de PTR.grandeur_s (règle 14).

Quel pourcentage du revenu total de la municipalité représente le CCR?
55

Quel pourcentage du revenu total de la municipalité représente le PTR?
30

Le système tente d'inférer la valeur de PTR.importance (règle 15)

A quel moment seront déclenchées les prochaines élections?
BIENTOT

Fin de la consultation.

10.4 Représentation graphique des résultats

Les objets suivants ont été **créés** dynamiquement par le **système** pour conserver les **données** recueillies et les **résultats inférés** (voir section "Création dynamique des mondes **parallèles** d'objets"). La **prévision** et **l'interprétation** des incidences environnementales **furent faites** pour chacune des instances de la classe CLESMT.

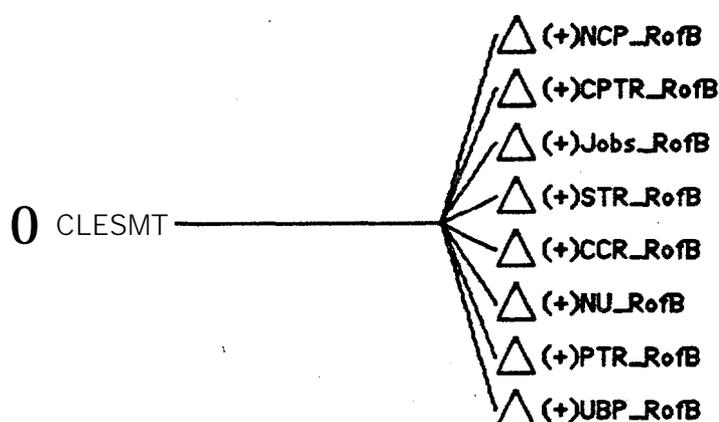


Fig. 10.9 Objets dynamiques représentant les ESM touchés.

L'**éditeur** graphique de Nexpert Object **nous permet** de voir **sous** forme arborescente l'ensemble des **résultats déduits** par le **système** AREIE (figures 10.10 à 10.17). La signification de chacun des attributs est **donnée à** la section "Les classes et leurs attribut". Ces diagrammes reprennent chacune des instances de la classe CLESMT et les relient aux objets de la classe CLESMS représentant leurs agresseurs. Ceci **nous permet** de garder une trace des deductions ayant **mené à** la détermination de la grandeur **totale** des impacts **pour** chacun des ESM du **sous-réseau** d'impacts concerné. De plus les

propriétés "s_grandeur_s" et "s_importance" nous indiquent de quelle manière la valeur des attributs correspondants a pu être trouvée.

Il s'agit donc d'une **représentation structurée** de l'univers d'objets créés dynamiquement au cours de la consultation (voir section "Création dynamique des mondes d'objets parallèles"). Lors d'une **EIE normale**, le système créerait autant de mondes **parallèles** d'objets qu'il y aurait d'activités à analysées.

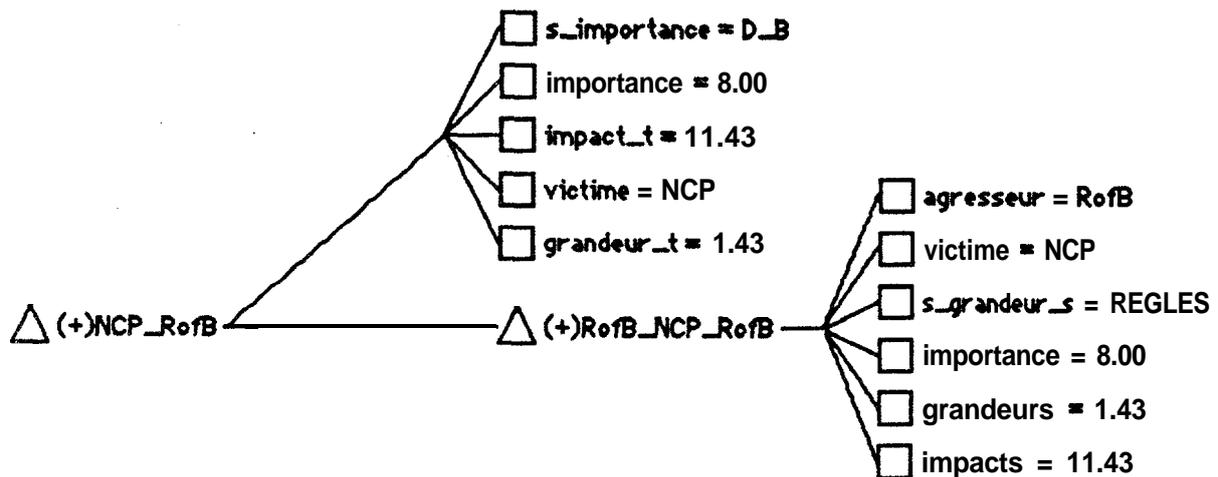


Fig. IO.10 Impacts total et spécifique envers l'élément NCP.

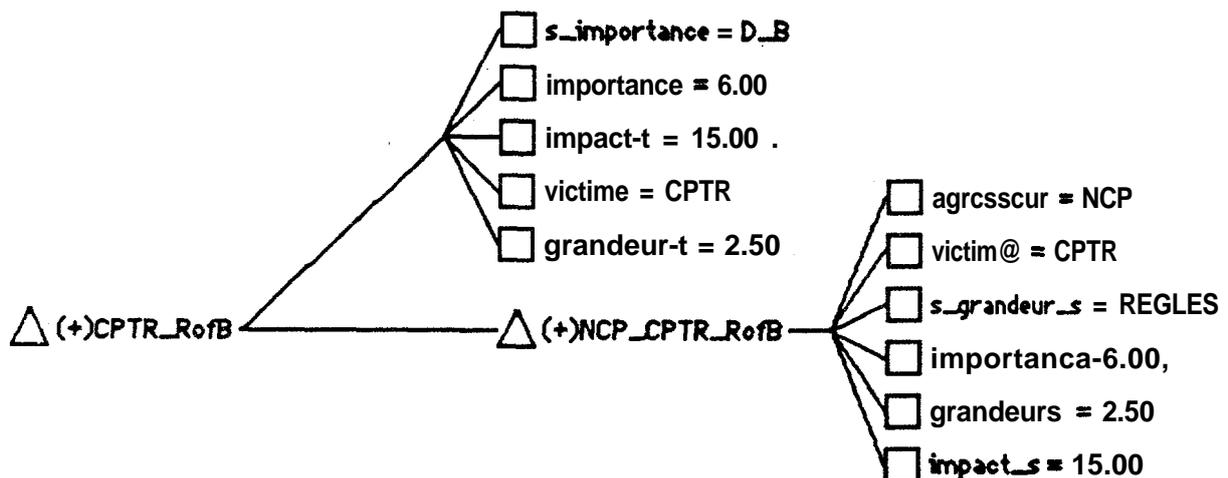


Fig. 10.1 I Impacts total et spécifique envers l'élément CPTR.

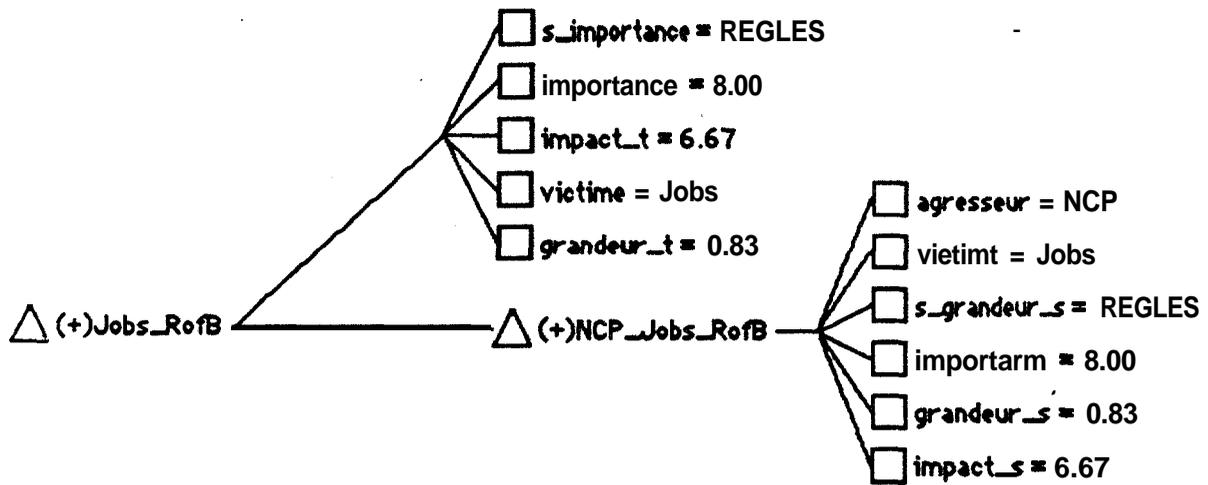


Fig. IO.12 Impacts total et spécifique envers l'élément Jobs.

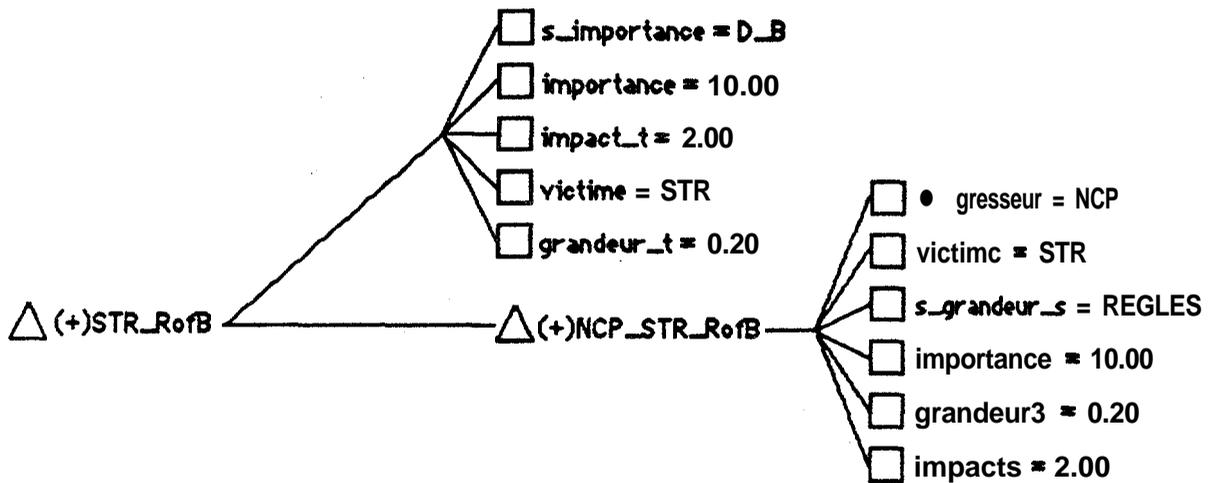


Fig. IO.13 Impacts total et spécifique envers l'élément STR.

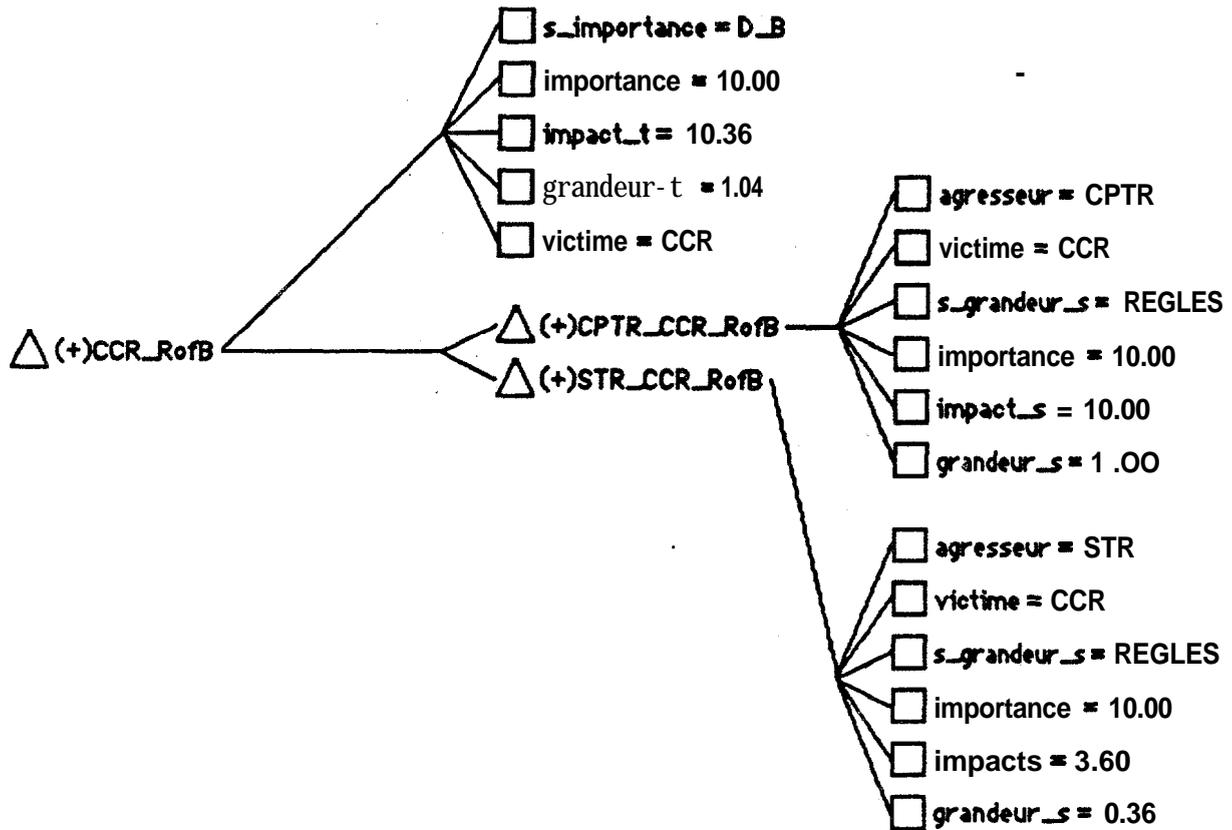


Fig. 10.14 *htpacts total et spécifique envers l'élément CCR.*

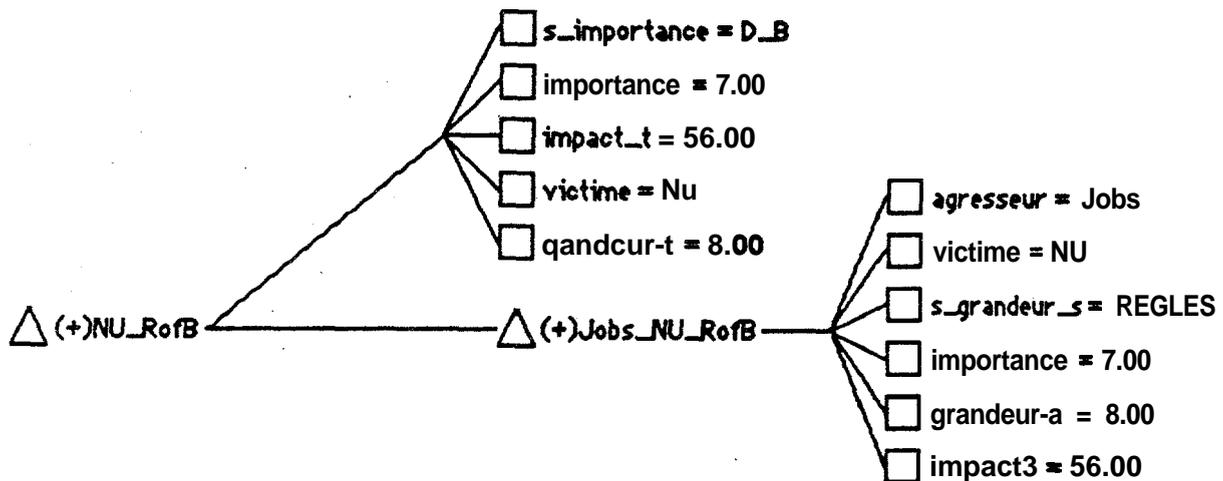


Fig. 10.15 *Impacts total et spécifique envers l'élément NU.*

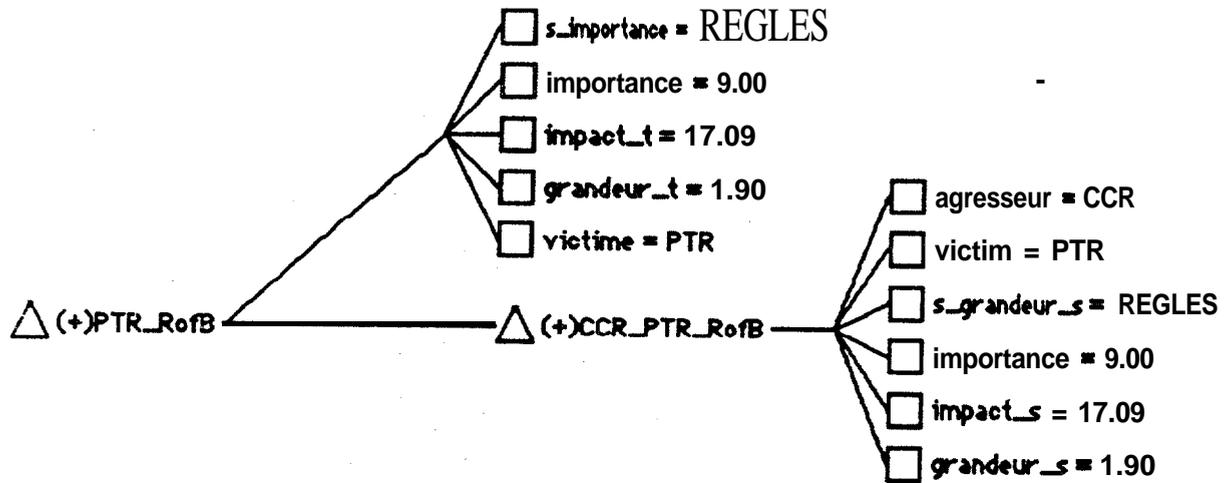


Fig. 10.16 Impacts total et spécifique envers l'élément PTR

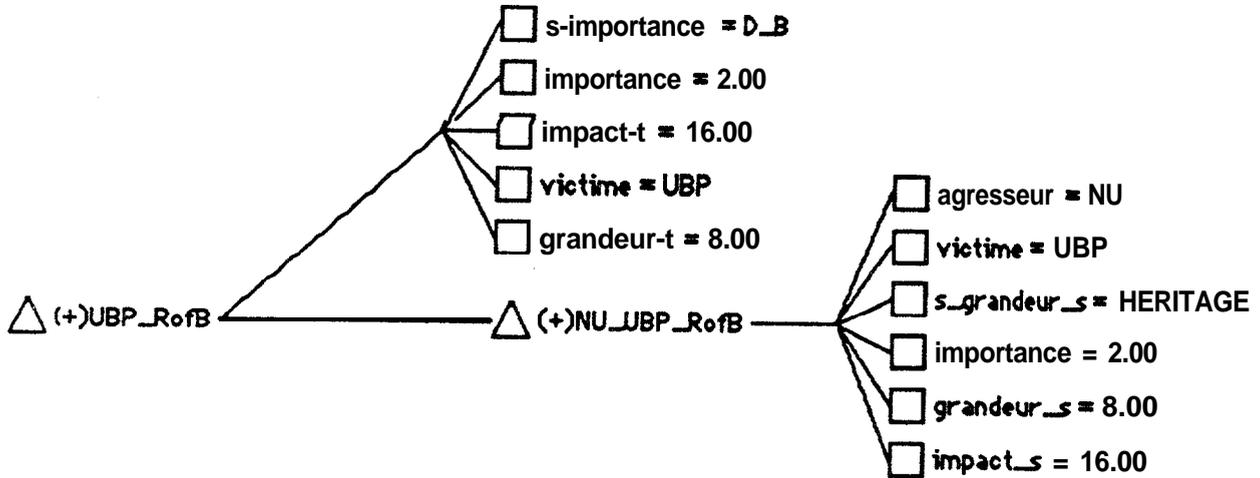


Fig. 10.17 Impacts total et spécifique envers l'élément UBP.

10.4 **Synthèse des résultats**

Voici donc les conclusions finales du prototype AREIE en ce qui concerne l'évaluation des incidences environnementales **liée à** la mise en oeuvre de l'activité "Removal of Businesses".:

ESM considérés	Impacts totaux
Number of Commercial Property	11.43
Jobs	6.67
Sales Tax Revenue	2.00
Commercial Property Tax Revenue	15.00
Number of Unemployed	56.00
Community Commercial Revenue	10.36
Unemployment Benefits Paid	16.00
Property Tax Revenue	17.09
Welfare Payments	non concerné

Evidemment ces **résultats** constituent encore une tentative de quantification des incidences environnementales. Par centre, les **données numériques manipulées** sont **basées** (pour une BC **réelle**) sur une expertise explicite fournie par les **spécialistes** des divers domaines concernés. Le **système peut** justifier ses deductions **à même** les connaissances structurelles, **déclaratives** et **procédurales** qui l'on guide vers la solution.

Le système pourrait **travailler** avec des données **symboliques** mais ceci **nous** est apparu secondaire au niveau du **développement** d'un prototype. Le traitement de **telles données nécessiterait** l'utilisation **d'une** technique **telle** que la logique floue **nécessitant** la **définition** de fonctions d'appartenance. Ceci **nous** permet de déterminer le niveau d'appartenance d'une entité **à** un concept tel que "faible, moyen ou fort". Il n'en **demeure** pas moins que la manipulation de ces ensembles flous **et** une quantification implicite **des évaluations** par la **mise** en oeuvre de **méthode** de combinaison de ces fonctions **mathématiques**.

Le cognitif est totalement libre de conceptualiser et de formaliser les connaissances du domaine, comme il l'entend. Par contre, il faut rester conscient que la **facilité** d'implémentation et de modification des bases de connaissances reste intimement liée **à la** puissance de l'outil de conception utilisé.

Next Object offre au **développeur** une flexibilité relativement grande au niveau des modes de **représentation** des connaissances et des **procédures** pouvant les **compléter**. Néanmoins, les **inférences** du **système** demeurent obscures dans certains cas car la gestion de l'agenda des hypothèses est inaccessible au concepteur du SE. Il n'en reste pas moins que l'ergonomie et la convivialité des interfaces sont **très appréciées** au cours de la conception et de la validation des bases de connaissances.

La validation du prototype AREIE nous amène à dégager les observations suivantes par rapport au raisonnement qu'il a suivi:

- La première observation concerne les ESM victimes d'impacts primaires (ref. figure 6.9). L'impact total que chacun d'eux subira est directement **associé à** l'impact **spécifique engendré** par l'activité qui les touche. Ceci est **illustré à** la figure 10.1.0. Il faut donc **considérer** une exception au traitement **général** des noeuds d'un **sous-réseau décrit à** la section "**Modélisation** du raisonnement". Pour les ESM victime d'impacts mixtes, le **système** combinera automatiquement les deux techniques d'évaluation des impacts totaux.
- Evidemment, lorsqu'un ESM ne **possède** qu'un seul agresseur (**père**), l'impact total qu'il subit est **égal à** l'impact **spécifique** induit par cet agresseur.
- Lorsqu'aucune **règle** ne **permet d'évaluer** la grandeur **spécifique** d'un impact entre deux ESM, la valeur de Ale-ci sera **égale à** la grandeur totale de l'impact **subi** par le ESM agresseur (héritage). Ceci est un comportement tout **à fait arbitraire implémenté** par les concepteurs. Ce **mécanisme d'héritage** est utilisé pour la détermination de l'impact **spécifique subi** par le noeud UBP (figure 10.17). **Il hérite** de la grandeur totale de l'ESM NU (figure 10.15).
- C'est par une sommation des impacts **spécifiques** que l'on **évalue** l'impact total **subi** par un ESM ayant plusieurs agresseurs pour un **sous-réseau d'impacts donné**. Ceci est un comportement tout **à fait arbitraire** pouvant facilement **être modifié**.

- Lorsque plusieurs règles concluent sur l'hypothèse_ en tours d'évaluation, le système devra toutes les examiner. Ce parcours exhaustif des règles lui permet d'envisager toutes les avenues de solutions possibles afin de faire le meilleur choix. La détermination de la grandeur spécifique de l'impact entre les noeuds Jobs et NU nous illustre bien cette stratégie d'inférences.

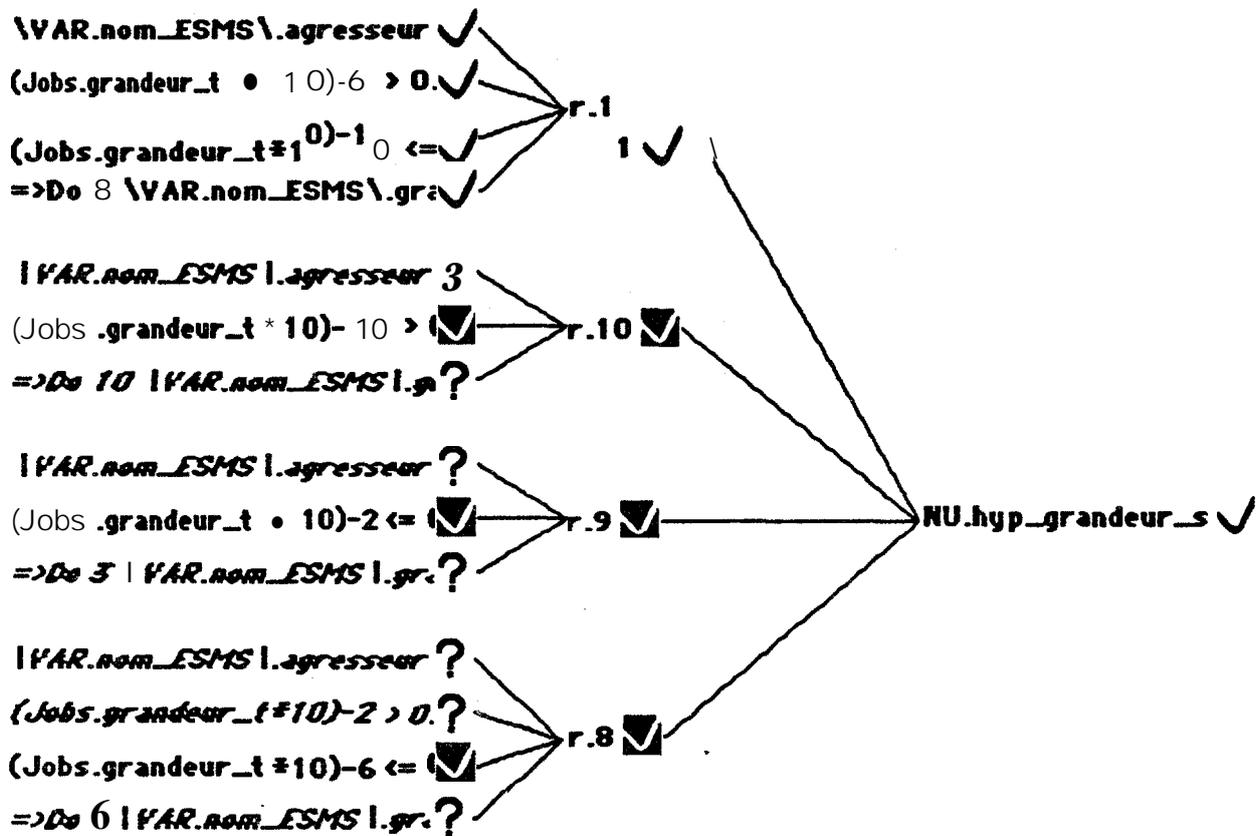


Fig. IO.18 Evaluation de l'hypothèse NU.hyp_grandeur_s en mode exhaustif.

11. PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Tout d'abord **nous** pouvons **dsumer** l'ensemble du projet en fonction du temps **alloué** et des montants investis (niveau du materiel informatique) afin d'atteindre les objectifs **fixés**. Le plan de realisation du prototype AREIE se subdivisait en une **série** d'activitks dont l'accomplissement s'est **échelonné** sur plus d'une **année**. Le tableau suivant **énumère** ces activids en leur adjoignant une evaluation approximative du temps que chacune a demander en terme de **personne/jour**:

ACTIVITES	personnetjours
1- Apprentissage des techniques de l'IA, des SE, et des theories proposées par les sciences cognitives:	250
2 Analyse des informations, des données et des connaissances liées à la réalisation d'une etude d'impacts: <ul style="list-style-type: none"> - catégorisation des composantes environnementales des milieux concernés. - étude de l'interaction entre les composantes. - définition des besoins en information lors de la réalisation d'une EIE. - analyse du che-minement de-s données à traiter. 	40
3- Etude sommaire des methodologies existantes d'EIE :	15
4- Identification des objectifs et des limites du prototype de SE:	10
5- Definition des caractéristiques du prototype de AREIE:	15
6- Conceptualisation du champ de connaissances:	50
7- Formalisation des concepts et de l'expertise:	30
8- Implémentation des structures informatiques:	60
9- Validation de l'approche par le developpement d'un exemple:	10
10- Redaction dun rapport détaillé :	50

La **période** de formation et d'apprentissage des **différentes** techniques de formalisation, de codification et de manipulation des données **développées** par les **spécialistes** de l'intelligence artificielle est **évidemment** assez laborieuse **mais** demeure indispensable. Elle ne fait pas explicitement partie du développement du prototype car **nous considérons** que chacun des membres **d'une équipe** de conception **doit posséder à priori** les qualifications qui lui permettront de remplir son **rôle** de **manière** convenable.

Il est aussi important de mentionner l'investissement **nécessaire**, au niveau des **équipements** informatiques (machine et logiciel) pour le développement de ce premier prototype.

Matériel	Spécifications	Prix approximatif
Macintosh II	5 meg. mémoire interne disque dur 40 meg. écran couleur 13 pces	\$12000 CAN
Imprimante	Imagewriter	\$800 CAN
Nexpert Object version 1.0		\$5000 US

Ces tableaux **nous** permettent d'avoir une **idée** globale des sommes d'argent et du temps de développement que demande une première maquette de SE **réalisant** des étapes d'identification et d'évaluation du processus **d'EIE**.

De manière générale on s'accorde à définir cinq **niveaux** dans le développement **d'un système expert**:

Maquettage:

Système pouvant **résoudre** une portion **suffisante** du **problème** pour permettre de valider le choix de l'approche.

Prototype de recherche:

Système fournissant une performance acceptable pour l'ensemble du problème **traité**. La consultation est encore à parfaire à l'aide des étapes de validation-correction de même que l'interface et son environnement.

Prototype opérationnel:

Système optimisé fournissant de bonnes performances et un cheminement sérieux dans son raisonnement, Parachèvement de la phase validation-correction et mise au point de l'interface utilisateur.

Modèle de production:

Système **doté** d'une haute qualité dans son raisonnement, ses explications, sa **rapidité**, sa convivialité et sa **transportabilité** si possible.

Système expert commercial:

Modèle de production utilisé sur une base régulière et de manière rentable et **efficace** au niveau commercial.

Le système **AREIE** se situerait plutôt à l'étape maquettage. Une validation à l'aide de plusieurs exemples permettrait de passer assez rapidement et facilement à l'étape prototype de recherche. Nous croyons que l'approche objets est bien adaptée et très flexible aux ajustements que nécessiteront chacun des cas traités. Si les concepts et formalismes fondamentaux adoptés sont pertinents et appropriés, le passage aux niveaux

supérieurs à prototype de recherche relève plus d'un **développement** procédural (validation-correction, interface, etc...) que d'une analyse conceptuelle approfondie.

Les perspectives de développement se basent donc d'abord sur une validation plus approfondie du système par la construction des bases de connaissances (à l'aide du canevas proposé par **AREIE**) **attachées** aux cas types **d'EIE** qui seront analysés. Une fois cette étape franchie, il sera possible d'établir si les performances du système restent acceptables avec les outils informatiques utilisés, c'est-à-dire la coquille Nexpert **Object** sur ordinateur Mac II.

Il est déjà possible d'identifier certaines lacunes et de dégager quelques avantages liés au matériel informatique utilisé pour le prototype:

Ordinateur Macintosh II:

- Excellente performance pour un micro-ordinateur.
- Environnement Mac est un atout certain (système d'opération, **autres** logiciels, etc...) .
- Machine très **récente** donc sujette à mise au point.
- Très difficile d'intégrer les produits développés à d'autre environnement (surtout au niveau des interfaces).

Logiciel Nexpert *Object* version 1.0:

- Excellent rapport **qualité/prix**.
- Premier logiciel aussi convivial et ergonomique au niveau de ses interfaces de développement.
- L'architecture ouverte du logiciel est très avantageuse.
- Première version du produit donc pas **très** robuste (Bugs).
- Quelques concepts fondamentaux **adoptés** par les constructeurs de **l'outil** limitent sérieusement la puissance des formalismes proposés:
 - Hypothèse de règle de type **booléen** seulement.
 - Les **règles** et les liens entre les objets ne sont pas manipulable comme des objets.
 - Le chaînage avant (mode **déductif**) n'est pas possible explicitement.
 - Les possibilités d'explication **à l'utilisateur** sont **très** limitées.

La version 1.1 de Nexpert *Object* nous offre de nouvelles possibilités très intéressantes. Elle touche surtout les fonctionnalités d'élaboration et de mise au point de la base de connaissances. **Il** nous paraît indispensable d'exploiter les possibilités de cet outil jusqu'au bout **afin** de déterminer s'il est **suffisamment** puissant et flexible pour la construction et la manipulation des importantes bases de connaissances nécessaires au traitement des **EIE réelles**.

Jusqu'à maintenant ce dernier s'est avéré bien adapté **à l'élaboration** d'une maquette de SE. Par contre le fait que les liens entre objets ne soient pas des objets eux-mêmes nous semble être une limitation importante pour la **résolution** de notre **problème**. Si les relations étaient considérées comme des objets, il serait alors possible de leur assigner des comportements particuliers ou **d'inférer** des informations (ex.: caractère d'un impact entre deux ESM) en fonction de leur classe d'appartenance. On **bénéficierait** ainsi de la même

puissance de traitement que celle **illustrée** au niveau des **règles** et dès objets de la version actuelle du prototype **AREIE**.

Nexpert **Object représente** tout de même l'un des meilleurs produits qu'il nous a été donné d'utiliser jusqu'à maintenant. **Il** est relativement facile de s'initier aux formalismes proposés et les Concepteurs de cet outil offrent un support adéquat. Les améliorations annoncées pour les versions ultérieures maintiendront sûrement ce produit au niveau "top-niveau" du marché des coquilles de conception de SE.

La machine utilisée pour sa part pourra s'avérer insuffisante pour le traitement de base de connaissances vraie grandeur. **Il** serait alors opportun de considérer le développement du SE à partir d'une plate-forme plus puissante telle qu'un ordinateur de type VAX ou une station de travail de type SUN.

12. CONCLUSION et COMMENTAIRES

Quoi que l'on en dise le développement d'un système à base de connaissances demande une formation solide en intelligence artificielle et en informatique classique. Il est de plus fort avantageux de posséder une formation en Génie civil **afin** d'aborder les **problèmes** environnementaux de manière analytique et concrète. Ceci permet d'éliminer toute une **période** de familiarisation à la terminologie employée et d'apprentissage de certaines notions de base relatives au domaine traité. Dans l'optique d'une étude de faisabilité ou d'applicabilité des SE, les ressources allouées sont généralement assez restreintes et l'équipe de développement dépasse rarement deux concepteurs et un ou deux spécialistes du domaine. De ce fait les aspects **multi-**formation, expérience, et surtout motivation des participants sont primordiaux.

Les concepts fondamentaux à la base du prototype de SE ne sont pas, à l'heure-actuelle, validés par un grand nombre experts, mais ils **résultent** d'une synthèse de principes déjà **connus** et qui nous sont apparus pertinents à la **réalisation** des études d'impacts. Malgré tout nous croyons que le développement du prototype **AREIE** représente un effort positif de formalisation et de codification structurée d'un savoir-faire qui restait encore aujourd'hui pratiquement non-modélisé. La base de connaissances du SE représente un savoir qualitatif dans la mesure où elle traduit une expertise basée sur une approche heuristique pour la résolution de **problèmes**.

La contribution du prototype AREIE s'avère **intéressante** au niveau du choix des modes de **représentation** des connaissances car bien peu de systèmes experts utilisent une approche orientée **objets**. Le cheminement individuel accompli en ce sens est probablement plus important car une bonne part des problèmes organisationnels habituellement liés au développement **des** SE ne se sont pas **présentés**. Il faut rester conscient que la construction d'un SE grandeur **réelle** appliqué aux **EIE** sera longue et coûteuse mais les retombées positives (niveaux intellectuel et **monétaire**) qu'elle procurerait sont loin d'être négligeables. On s'accorde donc à **justifier la** mise sur pieds de projet de SE en se basant sur les aspects suivants:

- ils procurent des retombées importantes au niveau structuration et approfondissement des champs de connaissances concernés par la réalisation des **EIE**.
- ils **répondent** à des besoins incessants de planification, de conception et d'analyse environnementale.
- ils mettent à profit une expertise multi-disciplinaire de qualité déjà présente au sein des organismes.
- ils demeurent, à notre avis, l'alternative la plus **intéressante** pour le **développement** et l'intégration de nouvelles technologies en matière d'évaluation environnementale.

Il est évident que l'utilisation de langages dédiés au traitement symbolique tels que LISP ou Prolog offre une grande flexibilité aux **développeurs**. Ces langages ont pour contrepartie la lenteur de développement **des** structures et la difficulté d'accès pour toute personne qui n'est pas familière

avec les environnements informatiques. De plus, il reste encore -difficile, à l'heure actuelle, d'établir des liens **efficaces** entre les structures symboliques **manipulées** et les programmes **procéduraux** voués au traitement de données numériques.

L'utilisation de logiciels de conception **de SE** nous permet de palier à ces désavantages grâce à un environnement spécialisé incorporant toutes les fonctionnalités **nécessaires** à la formalisation et la codification efficace des connaissances. **Le** logiciel Nexpert *Object* nous **apparaît** être le meilleur choix (compte **tenu** de son rapport **qualité/prix**), au moment de la **rédaction** de cette étude, pour la conception de prototype de SE faisant appel à des notions relativement complexes. **Il** ne faut surtout pas sous-estimer le **rôle prééminent** que joue l'outil de développement à l'étape implémentation des connaissances formalisées.

Les structures informatiques exposée aux sections précédentes nous démontrent à quel point **l'implémentation** des processus de base **d'EIE** peut devenir rapidement complexe malgré l'utilisation d'un matériel (logiciel et machine) de conception **très** performant et de techniques de **représentation** des connaissances bien **structurées**. Ceci nous amène à nuancer l'affirmation selon laquelle les bases de connaissances sont construites à partir d'un processus simple et assimilable rapidement par tous profanes du domaine des SE.

La croyance générale **résume** ce processus autour des quelques étapes suivantes:

- **réunir les connaissances** des experts lors d'interviews.
- les formaliser en règles de production indépendantes et introduites en vrac dans le système.
- bâtir facilement et de manière **incrémentielle** une base de connaissances cohérente et **complète** en utilisant un logiciel miracle: puissant, performant et bon marché.

La maintenance des 'bases de connaissances des SE reste tout de même plus facile qu'avec les systèmes traditionnels dans la mesure où les modes de représentation des connaissances adoptés sont gérés de manière propre et structurée. Il nous paraît important de dire quelques mots sur l'aspect transparence **du savoir introduit dans le système. Certes la traduction de** l'expertise sous forme de règles de type IF-THEN la rend plus lisible. Par contre ces parcelles de connaissances sont, en principe, indépendantes et n'apportent aucun éclaircissement au niveau de la compréhension globale des processus de résolution qui seront mis en jeu lors de la consultation du **système**. A un certain degré du développement d'un SE, toute modification est nécessairement associée à un niveau élevé de compréhension des structures et des inférences. De ce fait, ce ne sont plus seulement les **propriétés** de lisibilité et de facilité de modification intrinsèque aux modes de codification du savoir qui sont à considérer, mais aussi la **clarté** et la pertinence des concepts dégagés **et des formalismes** adoptés aux étapes **précédant l'implémentation**.

Ces nombreux mythes incitent certaines personnes à entreprendre le développement de prototypes de SE sans même se demander si cette approche est la mieux adaptée à la **résolution** de leur **problème**. On croît, grâce à l'utilisation de cette technologie, se libérer des contraintes de l'informatique traditionnelle en construisant rapidement des logiciels peu coûteux et "intelligent". Ainsi, les étapes vitales d'identification de l'utilité **réelle** du système, de définition des limites du champ d'application et d'estimation des ressources/moyens **réellement disponibles/nécessaires** pour la **réalisation** sont totalement évincées.

Le développement d'un SE reste un projet de Génie logiciel requérant une part importante d'informatique classique car un système opérationnel est toujours en interaction avec d'autres systèmes, qu'ils soient humains ou informatiques. Par contre la gestion de ces projets ne peut être **assimilée** aux méthodes utilisées lors de la conception de programmes traditionnels. L'acquisition et la conceptualisation de l'expertise sont des activités qui restent floues au départ. De plus, la validation des connaissances s'opère par un processus itératif difficile à quantifier au niveau du temps de **réalisation**.

Malheureusement les résultats obtenus avec les prototypes de SE ne traduisent pas toujours explicitement toute la complexité des connaissances et des raisonnements nécessaires à la **résolution**. Ainsi les performances d'une maquette sont souvent mal interprétées et, dans la plupart des cas, **associées** à la **qualité** de l'interface utilisateur.

Le prototype AREIE n'est pas un système expert en terme strict. Il modélise une expertise **procédurale** et **déclarative** associée au processus général de **réalisation** d'une **EIE**. Il propose des concepts et des formalismes, puis démontre leur applicabilité par l'implémentation d'une structure opérationnelle. Il doit être **considéré** comme un outil de recherche devant nous aider à établir les avantages et inconvénients liés à l'utilisation de la technologie des SE pour solutionner certains problèmes environnementaux. **L'ingénieur** ne doit pas uniquement penser en terme de simulation des processus intellectuels, mais aussi en terme de **résolution** pragmatique des **problèmes** posés. Il est donc certain que les formalismes adoptés tendent à distordre une réalité complexe et ambiguë pour la faire entrer dans un moule plus simple et univoque donc plus **compréhensible** par l'esprit humain.

Il est **très** important d'impliquer les décisionnaires dès le début afin qu'ils puissent bien comprendre les tenants et les aboutissants du projet. On doit recueillir les commentaires et les suggestions des futurs utilisateurs du système tout au long du développement. L'ensemble des intervenants (experts, utilisateurs, décisionnaires) seront intéressés **et** motivés dans la mesure où ils seront bien informés des **progrès** et des orientations **prises** par les concepteurs (cognitivistes, informaticiens). Il est avantageux de définir les objectifs du système en fonction du produit final que l'on veut obtenir. De plus une bonne marge de manoeuvre doit être prévue au niveau du temps de **réalisation** associé à chacune des activités de conception.

Malgré l'absence de **méthodologie** bien établie pour la conception de SE, l'acquisition des connaissances peut se faire **à** travers une **série** d'interviews et par la compilation des connaissances écrites disponibles (rapports, livres, etc...). Les facteurs humains et organisationnels ont une forte influence sur le temps de **réalisation** de ce genre de **système** informatique. Le développement en interne exclusivement fait rapidement apparaître des problèmes de **disponibilité** et de formation insuffisante des concepteurs. De plus, il est **difficile** pour ces derniers d'avoir un certain recul face **à** la modélisation d'une tâche qui leur est généralement **très** familière. L'inexpérience et le manque de formation en **IA** ne les disposent pas **à** reconnaître les impasses pouvant se présenter lors du développement.

Il se produit depuis quelque temps une sorte de tassement au niveau de la technologie des systèmes experts. Le marché tend **à** s'épurer et **à** se stabiliser face **à** l'offre des outils de conception et aux champs d'application **réellement** accessibles avec les techniques actuellement disponibles. Le personnel **expérimenté** est encore rare mais les concepteurs de systèmes abordent leurs problèmes de manière plus rationnelle et réaliste en ce qui touche l'investissement **personne/jour** et les coûts de conception. De nombreux résultats positifs (**\$\$**) nous montrent **à** quel point cette méthodologie peu être avantageuse. Une activité intense règne en ce domaine de **IIA** et de SE et une standardisation des processus et des méthodes de conception se dessine lentement.

Le monde du traitement de l'information et de la connaissance ne peut que progresser face **à** la puissance grandissante des moyens techniques (machines et logiciels) qui nous sont offerts. Plusieurs idées ne datent pas d'hier., mais les recherches en cours nous permettent maintenant d'entrevoir et **même** d'appliquer nombre de ces techniques **à** la **résolution** des problèmes de l'ingénieur. On parle aujourd'hui de traitement des données en **parallèle (multi-processeur)**, de connexionnisme, de sciences cognitive, de SE, d'interface intelligente, etc... '.

Les trente années d'informatique classique nous ont permis d'atteindre une **très** grande maîtrise des langages et des machines qui y sont associés. Le traitement de textes, la conception et la gestion des bases de données, la CAO et FAO et les tableurs sont des tâches faisant l'objet d'une informatisation massive et bien contrôlée. Elles **demandent** la modélisation de procédures habituellement répétitives, longues et minutieuses mais qui ne font appel **à** aucun raisonnement ou prise de décision proprement dite. A ce niveau tout le savoir-faire est bien décortiqué, **digéré** et **systematisé** dans le but de construire un outil qui permettra d'améliorer la productivité d'un individu. Certes les modèles mathématiques, par exemple, incorporent une masse importante de connaissances des spécialistes du domaine qu'ils touchent. Par contre ils sont, **pour** Ha plupart, des boîtes noires de traitement de données numériques dont les **résultats** ne sont pas justifiables explicitement et ne font l'objet d'aucune **analyse** experte **à** posteriori.

On peut donc dire que l'informatique d'aujourd'hui ne nous-permet de traiter ou de manipuler qu'une faible part de l'immense réservoir de connaissances et de savoir-faire que possède l'espèce humaine. Cette masse de savoir s'accroît **à** une vitesse phénoménale. Son contrôle et surtout son exploitation efficace demandera des outils puissants et **adaptés à** cette **tâche**.

Le développement d'un système expert demeure une tâche spécialisée, coûteuse mais rentable. L'approche SE simplifie la conception de systèmes complexes en proposant un processus incrémentiel de développement par prototypage évolutif et guidé par un modèle conceptuel de l'univers de travail.

Il peut être **très** profitable d'envisager le développement de systèmes experts appliqués **à** la résolution de problèmes environnementaux en collaboration avec des universités et des firmes privées ayant des qualifications et une expérience dans ce domaine. Il est important de s'impliquer sérieusement dans l'exploration de cette avenue technologique **afin** d'être en mesure de développer et d'intégrer les outils informatiques de demain.

BIBLIOGRAPHIE

Intelligence artificielle et svstèmes experts

- [BON 84] - Bonnet, Alain,
L'intelligence artificielle promesses et réalités.
InterEditions, France, 1984,271 p.
- [BON 863 - Bonnet, A., Truong-Ngoc, J.M.,
Systèmes experts: vers la maîtrise technique.
InterEditions, France, 1986, 288 p.
- [BRA 85] - Brachman, R.J., Levesque, H.J.,
Reading in Knowledge Representation.
Morgan Kaufmann Publishers, USA, 1985, 563 p.
- [CHA 87] - Chat&, J.N., Dussauchoy, A.,
Systèmes experts méthodes et outils.
Eyrolles, France, 1987,280 p.
- [CON 85] - Condillac, M.,
Prolog fondements et applications.
Dunod, France, 1985,215 p.
- [COX 86] - Cox, B.J.,
Object Oriented Programming.
Addison-Wesley Publishing Compagny, USA, 1986,274 p.
- [FAR 85] - Farreny, H.,
Les svstèmes experts principes et exemples.
Cepadus éditions, France, 1985, 251 p.
- [FAR 87] - Farreny, H., Ghallab, M.m
Eléments d'intelligence artificielle.
Hermes, France, 1987,295 p.
- [FEI 83] - Feigenbaum, E., McCorduck, P.,
La cin uième génération
InterEditions, France, 1983,310 p.
- [GIA 85] - Giannesini, F., Kanoui, H., Pasero, R., Van Caneghem, M.,
Prolog.
InterEditions, France, 1985,318 p.
- [GLO 84] - Gloss, P.Y.,
Understanding Expert Systems.
Université de technologie de compiegne, France, 1984, 95 p.

- [GON 85] - Gondran, M.,
Introduction au systèmes experts,
Eyrolles, France, 1985, 98 p.
- [GRA 87] - Granier, J., Espinasse, B., Suel, P.,
Un outil pour la résolution de problèmes: SNARX,
IRIAM, France, 1987, 58 p.
- [HAY 80] - Hayes, F., Waterman, D.A., Lenat, D.B.,
Building Expert Systems,
Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1983, 444 p.
- [HOL 86] - Holsapple, C.W., Whinston, A.B.,
Manager's Guide to Expert Systems using Guru,
Dow Jones-Irwin, USA, 1986, 312 p.
- [ILI 86] - Ilie, H., Kanoui, H.,
Extension de Prolog à la programmation par objets: le système LAP,
IRIAM, France, 1986, 25 p.
- [JAC 86] - Jackson, P.,
Introduction to Expert Systems,
Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1986, 246 p.
- [LAU 82] - Laurière, J.L.,
Représentation et utilisation des connaissances,
TSI, vol.1, no.1 et 2, France, 1982
- [LAU 86] - Laurière, J.L.,
Intelligence artificielle résolution de problème par l'homme et la machine,
Eyrolles, France, 1986, 473 p.
- [NEG 85] - Negoita, C.V.,
Expert Systems and Fuzzy Systems,
The Benjamin/Cummings Publishing Company, USA, 1985, 183 p.
- [NEU 87] - Neuron Data,
Nexpert Object Frameworks,
Neuron Data Inc., USA, 1987, 410 p.
- [OUZ 87] - Ouzilleau, F., Coudry, D., Sève, G.,
Système Multi-Expert de Conception en Ingénierie SMECI: analyse de principes et des concepts, Université Laval (IFT), Canada, 1987, 93 p.
- [OUZ 88] - Ouzilleau, F., Théberge, M.C.,
Etude et évaluation du logiciel Nexpert Object,
Université Laval (GCI), Canada; 1988, 77 p.
- [RIT 85] - Ritchie, D.,
Le cerveau binaire,
Robert Laffont, France, 1985, 253 p.

- [SCH 87] - Schildt, H.,
Artificial Intelligence using C.
McGraw Hill, USA, 1987, 412 p.
- [VOY 85] - Voyer, R.,
Séminaire d'information en IA : les systèmes experts.
ACT informatique, France, 1985, 82 p.
- [VOY 87] - Voyer, R.,
Moteurs de systèmes experts.
Eyrolles, France, 1987, 511 p.
- [WAT 861] - Waterman, D.A.,
A Guide to Expert Systems
Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1986, 419 p.
- [WIN 84 a] - Winston, P.H.,
Artificial Intelligence.
Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1984, 524 p.
- [WIN 84 b] - Winston, P.H., Horn, B.K.P.,
Lisp.
Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1984, 434 p.
- [WIN 87] - Winograd, T., Flores, F.,
Understanding Computer and Cognition
Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1987, 207 p.
- [YON 87] - Yonezawa, A., Todoro, M.,
Object-Oriented Concurrent Programming.
The MIT Press, USA, 1987, 282 p.

Génie de l'environnement

- [BEA 83] - Beanlands, G.E., Duinker, P.N.,
Un cadre écologique pour l'évaluation environnementale au Canada.
Dalhousie University, Canada, 1983, 142 p.
- [BOU 83] - Boudreault, F.R., Rodrigue, A.,
Guide général des études d'impacts sur l'environnement.
Ministère de l'environnement du Québec, Canada, 1983, 19 p.
- [BOU 86] - Boudreault, F.R., Bouchard, M.,
Système d'aide à la gestion en évaluation environnementales:
étude préalable au développement d'un système expert.
Ministère de l'environnement du Québec, Canada, 1986, 25 p.

- [**BRO 86**] - de Brossia, M., ...
Modèle mathématique utilisés pour l'EIE au Canada.
 CCREE, Canada, 1986, 36 p.
- [**CAN 79**] - Canter, L.W., Hill, L.G.,
Handbook of Variables for Environmental Impact Assesment,
 Ann Arbor Science, USA, 1979, 203 p.
- [**CCR 86**] - CCREE,
Evaluation de incidences sociales: exposé sur la recherche.
 CCREE, Canada, 1985, 17 p.
- [**CCR 87**] - CCREE and the US national research council board on basic biology
Cumulative environmental effects : a binational perspective.
 CCREE, Canada, 1986, 175 p.
- [**COU 83**] - Couch, W.J., (éd.)
L'évaluation environnementale au Canada: sommaire des pratiques actuelles-1983.
 Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement,
 Canada, 1983, 41 p.
- [**DUF 86**] - Duffy, P.J.B., (éd.)
Guide pour l'évaluation Bureau, Fédéral d'examen des évaluations
environnementales, Canada, 1986, 37 p.
- [**GRA 88**] - Gray, A., Stokoe, P.,
Knowledge-Based or Expert Systems and Decision Support Tools for Environmental
Assesment an Management, Dalhousie University, Canada, 1988, 117 p.
- [**JAI 78**] - Jain, R.K., Urban, L.V., Stacey, G.S.,
Environnemental impact A a vss: à n w dimension'i decision making.
 Van Nostrand ReinHold, USA, 1978, 325 p.
- [**JUL 87**] - Julien, B.,
Perspectives de développement et d'utilisation des modèles mathématiques et des
systèmes experts à la direction environnement.
 Direction environnement Hydro-Québec, Canada, 1987, 150 p.
- [**KRA 87**] - Krawetz, N.M., MacDonald, W.R., Nichols, P.,
A Framework for Effective Monitoring,
 CCREE, Canada, 1987, 92 p.
- [**LAN 80**] - Lang, R., Armour, A.,
Livre-ressource de la planification de l'environnement.
 Environnement Canada, Canada, 1980, 388 p.
- [**LAN 81**] - Lang, R., Armour, A.,
The Assesment and Rewiew of Social Impacts Federal
Assesment and Review Office, Canada, 1983, 163 p.

- [MAX 87] - Maxim, T.,
Les infrastructures de transport en commun en milieu urbain: recherche d'une méthodologie d'EI. Université Laval, Canada, 1987, 144 p.
- [MEQ 85] - Ministère de l'environnement du Québec,
Procédure administrative d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. Gouvernement du Québec, Canada, 1985, 23 p.
- [PER 87] - Perron, F.,
Le rôle de la modélisation mathématique dans le processus d'EIE au Québec. CCREE, Canada, 1987, 59 p.
- [RAU 80] - Rau, J.G., Wooten, D.C.,
Environmental Impact Analysis Handbook. McGraw-Hill Book Company, USA, 1980, 615 p.
- [ROD 81] - Rodrigue, A.,
L'analyse de l'étude d'impact: aspects méthodologiques. Ministère de l'environnement du Québec, Canada, 1981, 29 p.
- [SIM 83] - Simpson-Lewis, W., McKechnie, R., Neimanis, V.,
Les terres du Canada: Stress et impacts. Environnement Canada, Canada, 1983, 347 p.
- [SOR 70] - Sorensen, J.,
A Framework for Identification and Control of Resource Degradation and Conflict in the Multiple Use of the Coastal Zone. University of California, USA, 1970
- [THE 85] - Therrien-Bollullo, D.,
Technique d'identification et d'évaluation d'impacts de projet sur l'environnement. Ecole Polytechnique de Montréal, Canada, 1985, 37 p.

ANNEXE A

LE LOGICIEL NEXPERT OBJECT



NEXPERT *OBJECT*

Macintosh Plus, SE, Macintosh II
PC/AT, PS2, 386 et compatibles
Stations UNIX : Sun, Apollo, HP . . .
Stations VAX sous VMS

SOMMAIRE

Introduction	1
I Représentation des connaissances	2
II Les objets	3
111 Règles et schémas	5
IV Le raisonnement	8
V La non-monotonie	10
VI Acquisition des connaissances	11
VII Navigation dans la base de connaissances	13
IIIX Les graphismes	17
IX Architecture ouverte	20

INTRODUCTION

Dans l'ambitieux projet de l'Intelligence Artificielle, consistant à simuler par ordinateur les fonctions les plus complexes de l'être humain, les systèmes experts (ou plus généralement les systèmes d'information à base de connaissances) tiennent une place à part en raison de la rapide émergence des applications dans les entreprises commencent à apprécier sa rentabilité.

Le logiciel Nexpert Object, développé par la société NEURON DATA, peut se féliciter d'avoir largement contribué à cette évolution en s'affirmant dès sa sortie en 1986 comme un outil de développement tourné vers la productivité, permettant le développement rapide d'applications pleinement opérationnelles.

Pour satisfaire à ces exigences, il était nécessaire de concevoir un outil puissant aussi bien pour modéliser les connaissances que pour les activer. Il fallait une interface de développement permettant le contrôle et la visualisation de la base de connaissances en cours de construction. Il fallait un outil naturellement orienté vers le graphisme pour permettre de développer rapidement une interface utilisateur efficace et conviviale. Il fallait enfin un outil logiciel ouvert vers l'extérieur pour pouvoir l'intégrer facilement dans une architecture de système d'information aussi variée que possible.

Les nombreuses références de Nexpert Object (aux Etats-Unis, en France et dans le monde entier), la qualité et la variété des applications développées, la portabilité de l'outil et de ses applications ont fait reconnaître cet outil logiciel comme une référence dans le domaine des générateurs de systèmes experts.

Nexpert Object permet aujourd'hui de mettre les systèmes experts à la portée de toutes les entreprises, dans tous les domaines où cette nouvelle technologie apporte un gain d'efficacité et de productivité.

I REPRESENTATION DES CONNAISSANCES

Un système expert est un système informatique capable de reproduire les raisonnements de l'expert qui l'a construit. Il se présente ainsi comme une image informatique de l'expert, restreinte au contexte du domaine expertisé. Ce système expert est capable, à partir d'informations entrées par l'utilisateur, de fournir aide à la décision, analyse de situation, planification, ordonnancement, diagnostic, etc.

La construction d'un système expert repose sur un problème clé : la modélisation des connaissances de l'expert. Cette fonction est souvent réalisée en deux phases la première consiste à recueillir la connaissance du détenteur, la seconde à la formaliser pour l'implémenter sur une machine.

Il n'existe pas aujourd'hui de méthode générale pour recueillir la connaissance. En revanche, les procédés efficaces de modélisation des connaissances sont mieux connus : règles de production, règles de réécriture, schémas, réseaux sémantiques, scripts, etc. Les systèmes les plus performants tentent d'intégrer plusieurs formalismes fonctionnant en parallèle, par exemple réseaux sémantiques et scripts, ou règles et frames.

Les connaissances d'un Cn humain sont multiples, d'une grande variété, parfois complexes, mais elles sont surtout remarquablement intégrées dans le cerveau humain.

Il est difficile de donner une typologie des diverses connaissances que nous manipulons, mais deux modes complémentaires s'avèrent fondamentaux :

- les connaissances actives, modélisées par des règles de production,
- les connaissances descriptives, représentées par des structures.

Cette représentation est d'autant plus efficace que les deux modes sont interactifs : les objets structurés sont le champ d'application des règles de production.

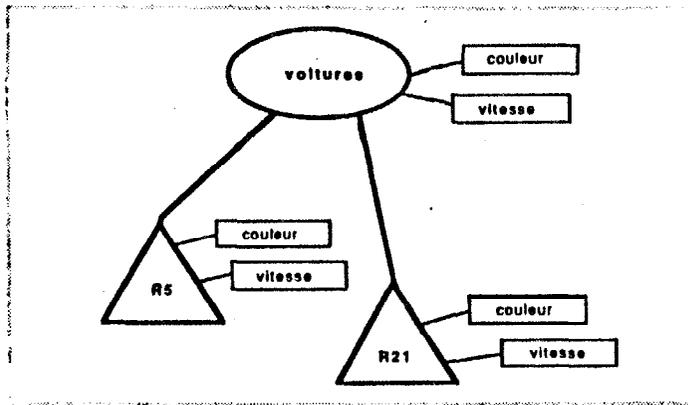
Nexpert Object est une implémentation de ce double modèle de représentation. C'est un outil hybride de génération de systèmes experts

II LES OBJETS

Une structure est un ensemble d'entités reliées entre elles par des relations. L'informatique utilise couramment des structures variées, dont une base de données relationnelle est un exemple.

Les structures d'objets de Nexpert sont basées sur des relations de type hiérarchique entre des classes, des objets et des propriétés.

- Un objet est une entité conceptuelle, décomposable en entités plus petites (sous-objets), qui sont encore des objets, eux-mêmes décomposables...
- Une classe est un regroupement d'objets disposant (en général) de caractéristiques communes. Les classes sont regroupables en sur-classes qui sont encore des classes, elles-mêmes regroupables...
- Les propriétés sont des caractéristiques des objets ou des classes. Elles permettent de définir selon une syntaxe simple ks variables qui seront manipulées par les règles.



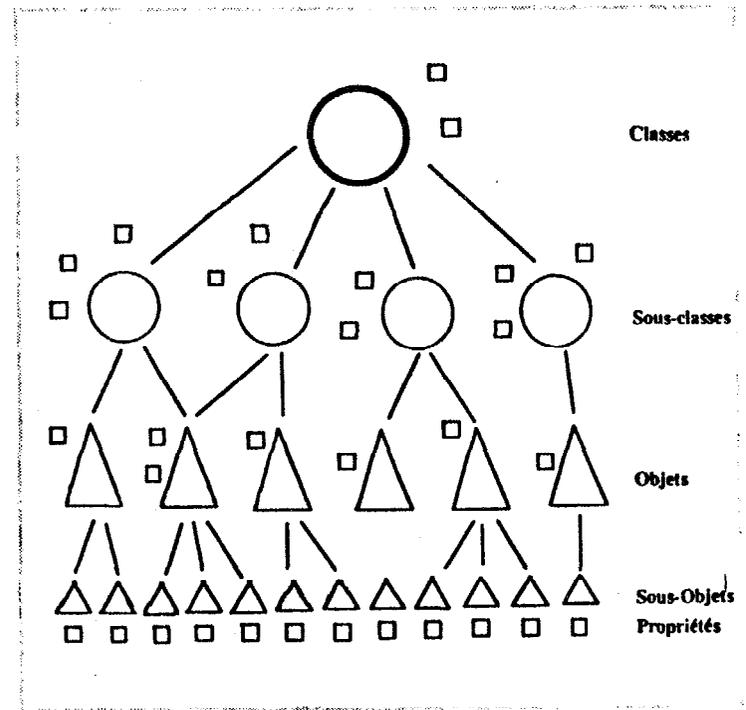
L'organisation des classes et objets s'effectue par ks relations hiérarchiques d'appartenance et d'inclusion.

Les propriétés sont souvent communes à plusieurs objets, à plusieurs classes, ou à plusieurs objets et classes. La transmission de ces propriétés constitue k phénomène d'héritage :

- héritage statique au moment où se construit la structure d'objets,
- héritage dynamique lorsque k système fonctionne : ce sont alors les valeurs des propriétés qui sont héritées.

Si les structures d'objets se résumaient à une simple organisation hiérarchique, elles auraient déjà le mérite de permettre au concepteur de décrire k domaine dont il modélise l'expertise, et ks variables fondamentales du système expert. Cependant, ks structures sont beaucoup plus efficaces lorsqu'on attache aux objets des fonctions dynamiques : déclenchement de procédures, démons, paramétrage de la stratégie d'inférence, calculs internes ou externes, lecture de données, etc. Dans Nexpert Object, la gamme des fonctions attachées aux objets est aussi riche que celle des actions déclenchées par ks règles. Ceci rend possible (mais rarement souhaitable!) la construction d'un système expert à partir d'une structure d'objets, pratiquement exempte de règles de production.

L'expérience montre que règles et structures sont complémentaires, et que les applications les plus performantes réalisent k juste équilibre entre ks deux modèles.



III REGLES ET SCHEMAS

Chaque règle de production est une unité de connaissance "active". Elle exprime les actions devant être déclenchées par le système lorsqu'une certaine situation a été reconnue.

Le format des règles de Nexpert est ternaire :

SI (conditions) ALORS (conclusion principale) ET (actions)

Les conditions sont des propositions portant sur des entités logiques, alphanumériques ou numériques. La conclusion principale identifie la règle (ou l'ensemble des règles ayant cette même conclusion), et joue un rôle privilégié dans la propagation du raisonnement.

Les actions peuvent valider des conclusions secondaires, mettre à jour des variables, déclencher des calculs internes ou externes, provoquer des accès en lecture ou écriture à des fichiers ou bases de données, afficher à l'écran des textes et des graphiques, etc.

Les relations sont étroites entre les règles et la structure d'objets : les propriétés d'objets sont les variables intervenant dans les expressions en partie gauche (conditions) ou en partie droite (conclusion et actions) des règles. L'imbrication entre les deux modes de représentation des connaissances permet aux règles de production de jouer le rôle de mécanisme d'irrigation de la structure d'objets.

Voici un exemple de règle :

Si la vitesse de mon véhicule est supérieure à la vitesse limite, si la route est glissante à cause de la pluie, et si le virage est très fermé, alors le risque de sortie de route est élevé et il est conseillé de ralentir (déclencher aussi un calcul de décélération).

Cette règle pourra s'écrire en syntaxe Nexpert :

```
SI      (voiture.vitesse) - (vitesse_limite) > 0
      oui route_glissante
      est virage.courbure FORTE
ALORS  risque_de_sortie_de_route
ET     Soit conseil RALENTIR
      Montrer ralentissement.pict
      Executer calculfreinage (@STRING=ralentir,
      @ATOMID=virage.courbure , voiture.vitesse)
```

Les filtres (ou patterns) permettent d'introduire les quantificateurs dans les règles.

Il est intéressant de pouvoir exprimer en une seule condition que "l'un au moins des réservoirs est en surpression" ou que "tous les capteurs fonctionnent".

Il suffit pour cela de définir chaque objet réservoir comme élément de la classe des réservoirs, ou chaque objet capteur dans une classe de capteurs.

La condition "l'un au moins des réservoirs est en surpression" s'exprimera selon le filtre:

"l'un au moins des objets de la classe "réservoirs" a une pression supérieure à la pression-limite"

ou encore, en syntaxe Nexpert :

```
< | Réservoir | > . pression ) - (pression-limite) > 0
```

De même, "tous les capteurs fonctionnent" s'exprime par le schéma :

"tous les objets de la classe des capteurs ont la propriété fonctionne dans l'état VRAI"

ou encore :

```
Oui { | capteurs | } . fonctionne
```

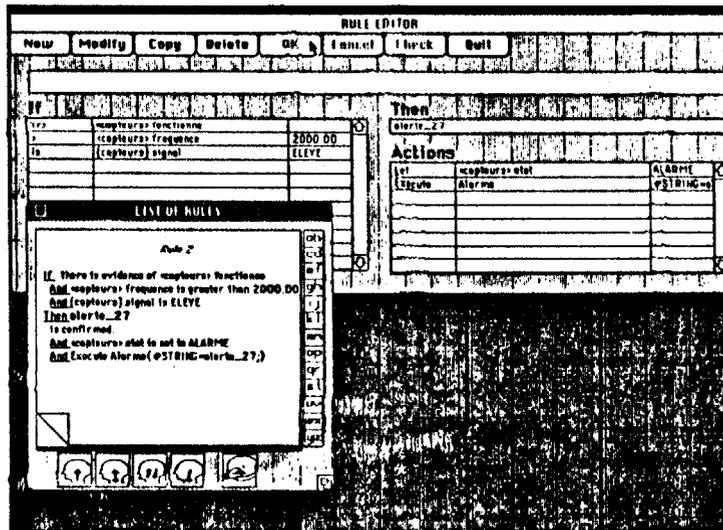
L'enchaînement des quantificateurs en partie gauche de règle sélectionne des listes d'objets sur lesquels pourront agir les actions en partie droite de règle.

Par exemple, considérons la règle suivante :

```
Si      Oui < | capteurs | > . fonctionne
      < | capteurs | > . fréquence > 2000
      Est { | capteurs | } . signal ELEVE
ALORS  Alerte _ 27
ET     Soit < capteurs > . état ALARME
      Executer ALARME ( @ STRING alerte _ 27 )
```

Cette règle exprime que si des capteurs fonctionnent, si parmi ceux-ci il en existe de fréquence supérieure à 2000 Hz, et si tous les capteurs vérifiant ces conditions ont un signal ELEVE, alors Alerte _ 27 est la conclusion de la règle et il faut mettre l'état de ces capteurs à ALARME, et exécuter le sous-programme ALARME pour la procédure Alerte _ 27.

Ce format des règles de Nexpert Object permet ainsi d'exprimer dans une seule règle concise une unité de connaissance puissante et efficace.



IV LE RAISONNEMENT

Dans les bases de connaissances créées avec Nexpert Object, le raisonnement de l'expert est modélisé par des enchaînements de règles.

Bien-sûr la structure d'objets participe au raisonnement :

- ks propriétés d'objets sont les variables utilisées par ks règles.
- ks actions attachées aux objets influencent k raisonnement et son déroulement.

Cependant l'enchaînement des règles reste le modèle principal pour traduire le raisonnement au niveau macroscopique.

Le raisonnement est activé par k rmtatr d'inférences, selon un mak d'enchaînement appelé "chainage mixte", par opposition au "chainage avant" ou au "chainage arrière".

- le chainage avant correspond au raisonnement déductif :
que puis-je déduire des informations disponibles ?
- k chainage arrière est inductif :
quelles informations sont nécessaires pour arriver à telle déduction ?
- le chainage mixte synthétise les deux modes avant et arrière :
il procède (quasi) simultanément en induction et en déduction pour mailler les informations disponibles et ks conclusions pertinentes au problème.

Nexpert Object gère le chainage mixte du moteur d'inférences pu un algorithme automatique d'optimisation. Cet algorithme tient à jour, à chaque instant, un agenda des conclusions pertinentes et de leur évolution : c'est la "génération automatique des buts". qui permet au système d'explorer la base de connaissances jusqu'à saturation, en fonction du problème posé.

Ce contrôle du raisonnement est obtenu par diverses fonctionnalités agissant sur le moteur d'inférences, soit par les actions de règles, soit par la structure d'objets, soit par paramétrage de la stratégie globale. (Ces fonctionnalités remplacent, dans Nexpert Object, le concept de "méta-règles").

Ce contrôle a pow objet de résoudre ks conflits d'application des règles (par des priorités), les conflits d'héritage et les stratégies d'héritage, ks variations locales de la stratégie du moteur d'inférences (en action de règles, ou dans les objets), k transfert du raisonnement à travers les îlots de connaissances (par des liens de contexte), et la divers effets de bord qui ne sont pas directement soumis au contrôl des règles (activation des démons, passation de paramètres, héritage de méthodes, etc.).

L'ensemble de ces fonctionnalités est géré au niveau local des propriétés d'objets par un gestionnaire ou "méta-slot" :

Meta-Slots of voiture.couleur

Categories: Inference: 3, Inheritance: 100

Inheritability: Property Default, Value Default

Inheritance strategy: Depth first, Class first

Order of Sources	Initialise	BLEU	
If Change	let	seuleur change	TRUE

Prompt Line: Quelle est le couleur de cette voiture? [Cancel] [OK]

et au niveau global par un masque de paramétrage :

STRATEGY [Cancel] [OK]

Inference Strategy

Forward confirmed hypotheses Forward action effects

Forward rejected hypotheses Exhaustive evaluation

Unconditionally forward hypotheser

Inheritance Defaults: Class, Object, Value

Inheritance Strategy: Breadth first, Class first

V LA NON-MONOTONIE

La logique monotone limite le fonctionnement du moteur d'inférences : un fait ne peut être valé qu'une seule fois et une règle ne se déclenche qu'une seule fois. Pour obtenir des expertises sur divers cas de figure, ou des variantes autour d'un cas, il faut redémarrer une session d'inférences. Surtout, il est impossible de rendre compte de la temporalité (un fait était vrai, mais devient faux; la vitesse était 3000 tr/mn, mais elle est maintenant de 3500 tr/mn, etc.), ou de remettre en cause des raisonnements en fonction d'une nouvelle information.

Pourtant les problèmes d'expertise sont nombreux pour lesquels ks informations sont mouvantes, imprévisibles et sujettes à réévaluation. La prise en compte du facteur "temps" (et à fortiori du "temps réel") est primordiale en contrôle de procédé. La non-monotonie est donc une propriété fondamentale de Nexpert Object.

La non-monotonie s'exprime par les fonctionnalités suivantes :

→ Toute variable ou propriété d'objet peut varier et la variation peut être propagée en chaînage avant, provoquant la réévaluation des chemins d'inférence concernés.

→ Toute variable ou propriété peut être remise à INCONNU. S'il s'agit d'une conclusion, le moteur d'inférences peut faire un chaînage arrière pour réévaluer cette conclusion.

Les fonctions de modification ou de remise à INCONNU sont activées par des règles (en partie gauche ou en partie droite), ou dans ks méta-slots d'objets. Elks peuvent être k résultat d'une procédure ou d'une lecture de base de données.

Nexpert Object permet une gestion précise de l'incertitude. Il reconnaît deux états particuliers pour toute variable du système :

→ l'état INCONNU (ou UNKNOWN) pour toutes ks variables n'ayant pas encore été documentées,

→ l'état NON-CONNU (ou NOTKNOWN) pour les variables ayant fait l'objet d'une question à laquelle l'opérateur (ou une procédure quelconque) a répondu que l'information n'était pas disponible.

Le système gère ces deux états et peut en tenir compte pour la propagation de son raisonnement.

Nexpert Object n'intègre pas de calculs de coefficients de vraisemblance. Cependant ces calculs peuvent être explicités en action de règle, ou mieux, en procédures attachées aux propriétés des objets relevant de calculs de vraisemblance (ces procédures étant elles-mêmes héritables).

VIACQUISITION DES CONNAISSANCES

L'acquisition et la modélisation des connaissances constituent un problème-clé pour les applications de l'Intelligence Artificielle, et pour les systèmes experts en particulier.

Il n'existe pas aujourd'hui de procédé universel pour modéliser les connaissances dans n'importe quel domaine relevant d'une expertise. Les recherches actives dans le domaine de l'apprentissage automatique, ou des méthodes de modélisation, n'ont pas encore abouti à des outils opérationnels en raison de l'extrême complexité des problèmes à résoudre.

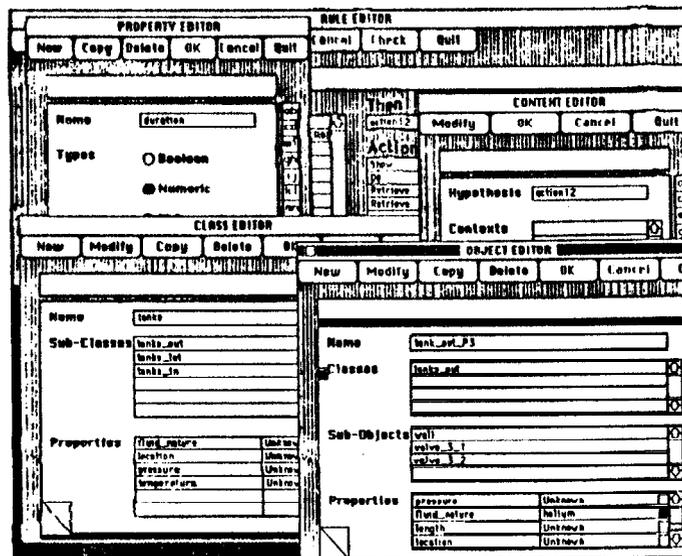
Les outils modernes de génération de systèmes experts peuvent cependant faciliter la tâche de représentation des connaissances, en proposant :

- la richesse de modélisation des connaissances
- la souplesse de l'outil
- la qualité de l'interface de développement.

Nous avons déjà insisté sur la puissance du couple règles/objets dans l'expression de la connaissance des experts.

Nexpert Object dispose aussi d'une interface de développement entièrement graphique à base de multi-fenêtrage. Chaque type d'entité possède son éditeur :

Editeur de règles, de contexte, d'objets, de classes, de propriétés, de méta-slots.



Ces éditeurs peuvent s'appeler les uns les autres de façon croisée, car l'écriture d'une règle demandera de visualiser, par exemple, la structure d'un objet.

Surtout, toute action dans un éditeur provoque une compilation incrémentale de l'action et une mise à jour instantanée de la base de connaissances et des autres éditeurs.

Enfin, deux éditeurs graphiques, le **réseau des règles** et le **réseau des objets**, permettent de visualiser graphiquement, le premier, les enchaînements de règles et les liens sémantiques (avant ou arrière) entre les entités de la base de connaissances, et le second, les relations d'inclusion et d'appartenance entre les classes, les objets et les propriétés.

Ces deux outils s'avèrent indispensables pour le contrôle de la cohérence du système expert en cours de construction.

VII NAVIGATION DANS LA BASE DE CONNAISSANCES

La possibilité, à chaque instant, de pouvoir consulter les entités d'un système d'information et visualiser les liens qui les unissent est un concept fondamental des logiciels modernes. On le retrouvera par exemple dans un SGBDR (système de gestion de base de données relationnelle), ou dans un générateur de système expert tel que Nexpert.

La consultation des entités de la base de connaissances peut se faire dans Nexpert Object à 4 niveaux :

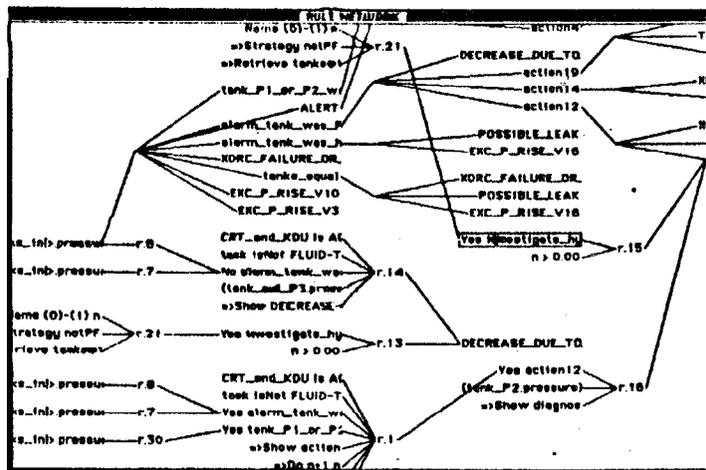
- dans les éditeurs (règles, objets, classes, métaslots, propriétés, contextes)
- dans les dictionnaires (règles, objets, classes, métaslots, propriétés, contextes)
- dans les menus spontanés (ou pop up) à l'intérieur des fenêtres
- dans les réseaux graphiques (règles, structures).

Le concept de navigation dans la base de connaissances est implémenté dans les réseaux graphiques de règles et d'objets :

→ Le réseau des règles est un instrument dynamique de visualisation des enchaînements de règles. A partir d'une entité sélectionnée, des flèches avant ou arrière permettent de générer les arbres ayant pour racine cette entité, soit en arrière (arbre de décision) soit en avant (lien de cause à effet).

L'outil permet une visualisation sur un niveau de profondeur ou à saturation (arbre exhaustif).

→ Le réseau fait apparaître à volonté certaines informations complémentaires (priorités, liens de contexte...) et est totalement paramétrable (fontes, taille des libellés, écartement, couleurs, etc.)

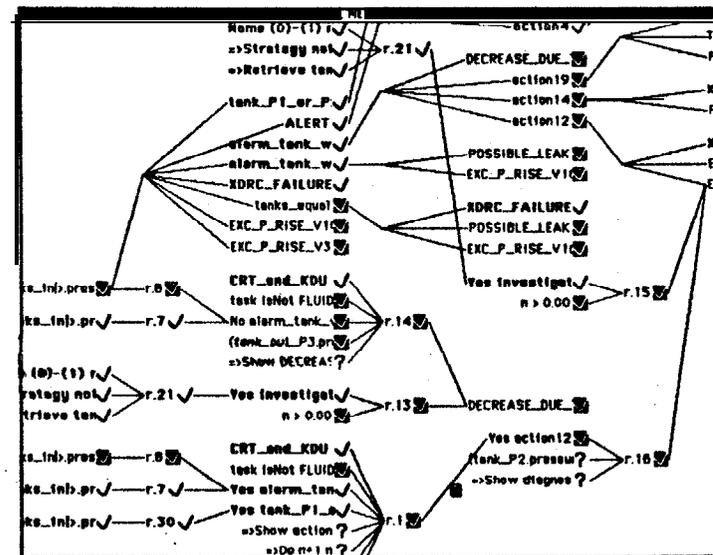


13

Copyright © 1988 par Intellia S.A. Tous droits réservés.

→ Enfin, le réseau des règles est dynamique en inférence : par une palette de typographies, de couleurs et d'icônes, le réseau fait apparaître les chemins suivis par le moteur d'inférences : pourquoi telle conclusion a-t-elle été validée, pourquoi tel chemin se termine par une impasse, pourquoi le système s'intéresse-t-il à telle conclusion intermédiaire...

La mise au point d'une base de connaissances est évidemment grandement facilitée par l'utilisation de cet outil.



14

Copyright © 1988 par Intellia S.A. Tous droits réservés.

En environnement VMS, l'accès aux bases de données est intégré pour les SGBD standards que sont RDB et ORACLE : l'appel se fait dans la partie gauche ou droite des règles ou dans les attachements d'objets, et la requête dans le langage d'interrogation du SGBD est facilitée par une fenêtre de saisie.

Enfin, le fonctionnement multitâche de VMS permet d'utiliser pleinement l'architecture ouverte de Nexpert : contrôle des événements, actions simultanées, communications, etc.

VERSION UNIX

Nexpert exploite pleinement l'architecture multiutilisateur du système d'exploitation UNIX.

L'interface de développement utilise préférentiellement la couche logicielle X-Windows (version X 11 et supérieures).

En utilisation, Nexpert ouvre un process de X-Windows pour installer sur la station l'interface du logiciel.

La communication ou l'intégration avec d'autres applications se fait entre les divers process de X-Windows ouverts pour chaque application en sus de Nexpert.

Enfin, la version UNIX accède aux SGBD ORACLE, INGRES, CYBASE, FOCUS et INFORMIX par l'intermédiaire de ponts (disponibles en option).

Pour toutes les versions de Nexpert, des spécifications techniques plus détaillées sont disponibles sur demande à Intellia.

Nous allons voir maintenant les fonctionnalités dont l'implémentation diffère d'une plate-forme à l'autre :

VERSION MACINTOSH

Le passage des paramètres est directement géré par le système d'exploitation du Macintosh : il suffit que la structure de données en provenance de Nexpert corresponde à celle de l'application appelée. Celle-ci sera écrite en Pascal, en C, en assembleur 68000, en FORTRAN.

On réalise un fonctionnement (pseudo) multitâche par la fonction Accessoire de Bureau (*Desk Accessory*) du Macintosh : un Accessoire de Bureau peut réaliser des traitements algorithmiques à la demande de Nexpert, mais il peut aussi surveiller et filtrer des événements extérieurs et envoyer à Nexpert des informations de type "temps réel". Un Accessoire de Bureau peut aussi gérer une interface utilisateur graphique interactive...

La communication avec les S.G.B.D. est aujourd'hui implémentée pour les Bases de Données au format SYLK (EXCEL, WORKS...) et les Bases de Données au format interne Nexpert (NXP et NXPDB). Les versions futures de Nexpert intégreront une communication avec les SGBD qui se seront imposés comme des standards (4^e Dimension, dBase Mac...)

Nexpert est globalement conçu comme un système ouvert aux événements extérieurs (*event-driven*), ne serait-ce qu'aux actions de l'utilisateur. Ici encore, un Accessoire de Bureau permet d'activer des procédures, d'assigner des valeurs, de suggérer des buts, de modifier la stratégie du moteur d'inférences.

Ces fonctionnalités sont particulièrement importantes pour les applications industrielles de haute technologie, pour le contrôle de processus ou les commandes en temps réel.

VERSION PC/AT-386-PS 2

Les programmes externes auxquels peut faire appel Nexpert sont par exemple des applications de communication par protocole. Ainsi le programme Windows de Microsoft supporte le protocole D.D.E. (*Dynamic Data Exchange*) que reconnaît Nexpert, et dont il se sert pour communiquer directement avec d'autres applications dans un environnement multitâche.

Ces programmes externes seront écrits sous Windows en Pascal ou en C Microsoft.

Nexpert peut fonctionner en version utilisateur dans des versions d'exécution non graphiques (sur PC/AT ou PC/XT). Dans ce cas, Nexpert peut communiquer avec une application sous DOS, en utilisant directement la *Callable Interface*.

L'accès aux SGBD est particulièrement étendu dans la version PC/AT-386-PS 2 : Nexpert accède directement aux Bases de Données en format Lotus 123; dBase III, SYLK, NXP et NXPDB (formats internes propres à Nexpert), et par l'intermédiaire d'un pont (disponible en option) au SGBD ORACLE.

L'ouverture de Nexpert aux événements peut être exploitée en fonctionnement multitâche sous Windows : une application en tâche de fond peut par exemple contrôler la variable "temps", assigner des valeurs à Nexpert, provoquer l'inférence, etc. Des applications industrielles utilisent déjà ces fonctionnalités en contrôle de procédé.

VERSION VAX/VMS

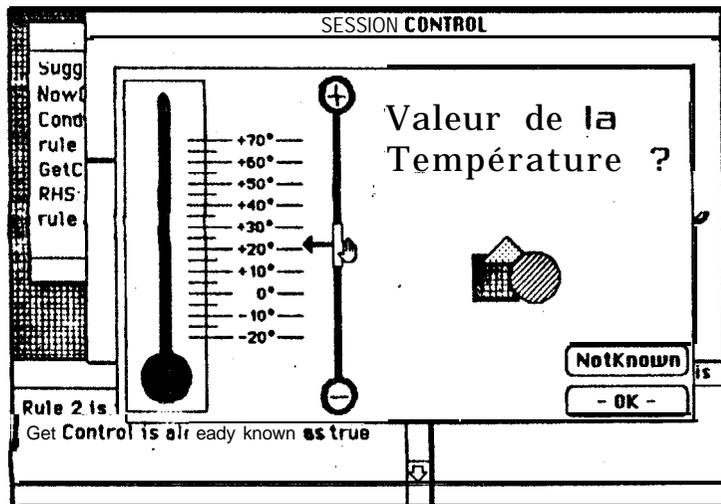
Le système d'exploitation VMS est d'emblée conçu comme un environnement multitâche permettant d'organiser spontanément les VAX Stations en réseau (VAX Cluster et DEC net).

Nexpert exploite les possibilités de VAX/VMS en utilisant plusieurs concepts :

- Nexpert se présente comme un intégrateur au niveau du système d'exploitation lui-même,
- Nexpert exploite le concept d'image partageable (*Shareable Image*) : les bibliothèques d'applications ou de données sont partagées par plusieurs applications ou tâches,
- Nexpert peut également fonctionner en tâches séparées communiquant avec d'autres tâches à travers des "Boîtes à lettres" (*Mailboxes*) ou des sections de la mémoire globale, selon les conventions de VMS.

De ce fait, l'intégration du système expert dans une application ou dans un système d'information devient particulièrement aisée.

Dans sa **version 2.0, N-Control** est un outil de **construction de véritables interfaces graphiques animées**, acceptant **jusqu'à 16 entrées/sorties** Graphiques analogiques à variation linéaire ou curviligne.



IX ARCHITECTURE OUVERTE

Le concept d'architecture ouverte est devenu rapidement **une clé** pour la **réalisation de systèmes experts** pleinement opérationnels. Aujourd'hui, de plus en plus, le **Système Expert est conçu comme un élément** (parfois fondamental, mais pas toujours...) d'une **chaîne de traitement** : on parle plus volontiers de "système d'information à base de connaissances" (S.I.B.C.).

Cette approche suppose **une architecture** du système expert ouverte **vers l'extérieur**, permettant en particulier :

l'appel de procédures externes et le transfert des paramètres,

le fonctionnement multitâche,

l'appel de SGBD en lecture et écriture,

l'ouverture du moteur d'inférences à tout nouvel événement,

le fonctionnement en réseau.

Bien que ces fonctionnalités soient réalisées pour chaque version de Nexpert, l'implémentation dépend bien-sûr de la configuration matérielle.

<INTERFACE DE NEXPERT

Nexpert présente au développeur ou à l'utilisateur **une interface invariante** d'une **plate-forme à l'autre** : la **Nexpert Callable Interface** contient **toutes les primitives** de Nexpert, aussi bien pour la **manipulation des données** que pour les **actions** sur le **moteur d'inférences**, à la description, comme l'appel de ces primitives, ne **dépend pas de la machine utilisée**. Cette **propriété** garantit une **haute portabilité** des applications réalisées avec Nexpert.

L'APPEL DE PROCEDURES ET LE TRANSFERT DE PARAMETRES.

L'appel de programmes externes est assuré par la fonction **Executer** de Nexpert.

Cette commande peut être activée en partie gauche ou en partie droite de règle, ou directement par un méta-slot d'objet.

Elle est simple à déclarer :

Executer <nom-du-programme>, <liste 1 d'arguments>, <liste 2 d'arguments>.

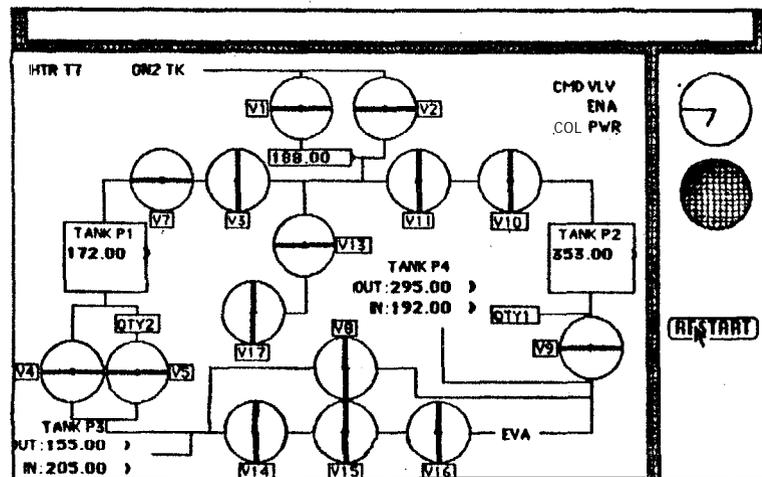
La liste 1 contient les arguments passés par Nexpert au programme externe, et la liste 2 les arguments que Nexpert récupère.

VIII LES GRAPHISMES

Le concept d'interface graphique est une composante essentielle des ordinateurs modernes. Il rentre pour une bonne part dans le succès des stations de travail pour lesquelles le graphisme est intégré au système d'exploitation.

Le logiciel Nexpert est fondamentalement graphique dans sa présentation. Il s'appuie sur une interface pratiquement invariante d'une machine à l'autre, utilisant soit directement le système d'exploitation (Macintosh) soit une couche graphique (MS Windows pour le PC DOS, UIS pour V/VVMS, X-Window pour UNIX) dont l'aspect reste homogène d'un système d'exploitation à l'autre : souris, icônes, multifenêtrage et dialogues.

La possibilité de construire une documentation graphique de la base de connaissances est implicite dans Nexpert : à toute entité (classe, objet, variable...) on peut associer un fichier graphique ou texte de même nom, qui apparaîtra soit spontanément, soit à la demande de l'opérateur ou du développeur.

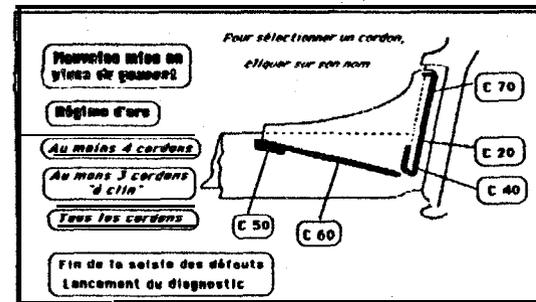


Par exemple, l'action montrer en partie droite de règle fait apparaître ce fichier graphique à l'écran. La fonction A propos a le même effet au moment où le système pose la question.

L'ensemble des fichiers graphiques associés à une base de connaissances constitue une véritable documentation de celle-ci, c'est aussi un plan de la connaissance qui vient compléter le plan des règles et celui des objets.

Nexpert est utilement complété par des outils de conception d'interfaces graphiques :

→ AiVision/AiScreen de NEURON DATA est un outil permettant de construire des questions graphiques avec réponses en cliquant dans des zones sensibles de l'image. Dans sa version 2.0, chaque graphique est une hyperimage : on peut consulter une cascade d'images associées avant de répondre à la question.



→ N-Toolkit, développée par Intellia, est une véritable boîte à outils pour Nexpert contenant un ensemble de logiciels pour l'interfaçage et l'intégration des systèmes experts :

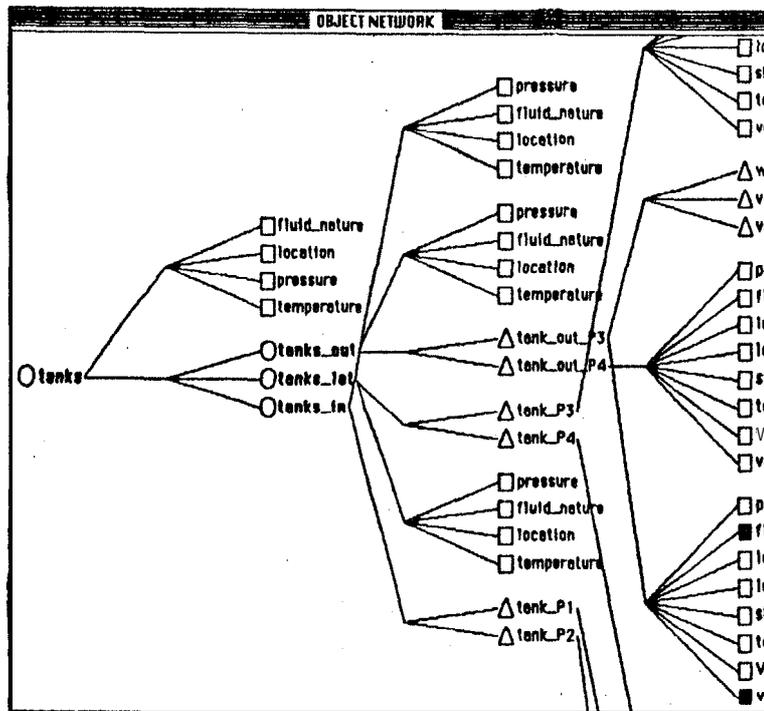
Outils d'aide à l'écriture de routines externes :

- N-Access est une bibliothèque de procédures utilitaires réalisant l'interface entre votre programme et Nexpert. Il complète l'interface de programmation externe de Neuron Data.
- N-Express est une routine externe permettant de dialoguer avec le gestionnaire de base de données pcExpress.
- N-Série est une routine externe de gestion des ports de communication série.
- N-Simul est un outil de mise au point des routines externes qui simule la présence de Nexpert.

Outils de conception d'interfaces utilisateur

- N-Start est un produit qui permet de lancer une session Nexpert suivant des critères prédéfinis par l'utilisateur.
- N-Board est une interface qui, sous forme de tableaux de bord, masque Nexpert, contrôle l'application et visualise en temps réel l'évolution des variables.
- d'Alague est une routine externe qui permet, à l'aide de masques, de saisir de façon globale des ensembles de variables.
- N-Show est une routine externe qui autorise l'affichage de fichiers MacPaint et PICT (provenant de MacDraw, SuperPaint...). Cet affichage s'effectue dans une fenêtre aux dimensions paramétrables.
- N-Speech est un outil de synthèse de la parole.
- N-Control est une routine externe de saisie graphique de variables numériques.
- N-Dore est un calendrier interactif permettant la saisie de dates.

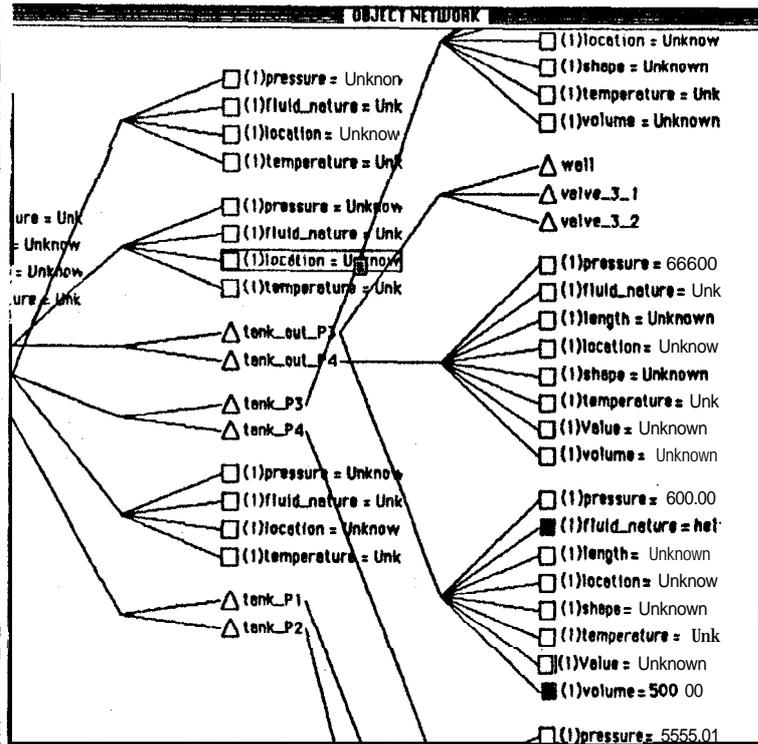
→ Le réseau des objets est construit sur le principe de visualisation des liens entre diverses entités: ce sont cette fois les classes et leurs sous-ensembles (sous-classes, sous-sous-classes, etc.), puis les objets et leurs composants (sous-objets, etc.) qui apparaissent de façon descendante (classe vers objets) ou montante. A chaque niveau les propriétés sont rattachées aux entités.



La duplication des propriétés d'une entité à l'autre est la trace d'un héritage lui aussi visualisable (version 1.1). Les propriétés dont le méta-slot est non vide sont repérées par une encoche.

L'ouverture de cette encoche provoque l'affichage du contenu du méta-slot (ordre des sources, témoins, libellé de question, etc.)

Enfin les valeurs des propriétés affectées par l'inférence peuvent être affichées dynamiquement sur le réseau des objets.



ANNEXE B

Liste des classes

Liste des classes, de leurs propriétés et de leurs méthodes

Note:

-Ce **fichier** texte est sauvegarder directement de l'éditeur de classe de Nexpert **Object**.

-Il ne représente pas le fichier base de connaissances **chargé** par N.O. en **début** de consultation.

NAME : Activités

PROPERTIES :

présente =

ORDER OF SOURCES :

Execute **N_Name** @ATOMID=SELF,VAR.nom_activité;
AskQuestion SELF.présente TRUE

IF CHANGE:

PROMPT LINE : L'activité \VAR.nom_activité\ aura-t-elle lieu au cours du projet?

lancer-analyse =

ORDER OF SOURCES :

Execute **N_Name** @ATOMID=SELF,VAR.nom_activité;
Reset **VAR.hyp_lancer**
Do **VAR.hyp_lancer** VAR.hyp_lancer
Execute **N_SpeakS** @ATOMID=VAR.nom_activité;@STRING=the evaluation has crash for the

activity##;

Interrupt TRUE

IF CHANGE:

état = NON-IDENTIFIE

ORDER OF SOURCES :

InitValue NON-IDENTIFIE

IF CHANGE:

Execute **N_PropagFS** @ATOMID=SELF.état;
Execute **N_NOFilsAD** @ATOMID=SELF,IAESMSI.agresseur,IAESMSI.victime,VAR.nom_activité;
Reset **SELF.hyp_non_lien**
Do **SELF.hyp_non_lien** SELF.hyp_non_lien
CreateObjec <IAESMS> ICLESMSI
DeleteObjec <IAESMS b IAESMSI

hyp_non_lien =

ORDER OF SOURCES :

Backward TRUE
RunTimeValu FALSE

IF CHANGE:

NAME : AESMS

PROPERTIES :

victime =

agresseur =

NAME : CLESMS

PROPERTIES :

victime =

grandeur-s =

ORDER OF SOURCES :

Execute **N_Name** @ATOMID=SELF,VAR.nom_ESMS;
Do SELF.victime VAR.nom_victime
Let \VAR.nom_ESMS\s_grandeur_s REGIES
Reset \VAR.nom_victime\hyp_grandeur_s
Do \VAR.nom_victime\hyp_grandeur_s \VAR.nom_victime\hyp_grandeur_s
Let \VAR.nom_ESMS\s_grandeur_s HERITAGE
Reset **VAR.hyp_grandeur_s_déf**
Do **VAR.hyp_grandeur_s_déf** VAR.hyp_grandeur_s_déf
Let \VAR.nom_ESMS\s_grandeur_s V_P_D
RunTimeValu 10.000000

```

IF CHANGE:
agresseur =
impact_s =
ORDER OF SOURCES :
  Reset    SELF.grandeur_s
  Do       SELF.grandeur_s      SELF.grandeur_s
  Do       SELF.importance     SELF.importance
  Do       SELF.grandeur_s*SELF.importance     SELF.impact_s
IF CHANGE:
importance =
ORDER OF SOURCES :
  Do       SELF.victime  VAR.nom_victime
  Do       \VAR.nom_victime\importance  SELF.importance
IF CHANGE:
s_grandeur_s =

NAME : CLESMT
PROPERTIES :
victime =
grandeur-t =
impact-t =
importance =
s_importance =

NAME : CLRANG

NAME : ESM
PROPERTIES :
état =      NON_IDENTIFIE
ORDER OF SOURCES :
  InitValue NON-IDENTIFIE
IF CHANGE:
Execute    N_Name      @ATOMID=SELF,VAR.nom_ESM;
Reset      VAR.hyp_ICC_état
Do         VAR.hyp_ICC_état    VAR.hyp_ICC_état
traité =      False
ORDER OF SOURCES :
  InitValue FALSE
IF CHANGE:
rang =
ORDER OF SOURCES :
IF CHANGE:
  Do       VAR.compteur_rang+1  VAR.compteur_rang
  Do       VAR.compteur_rang    SELF.rang
Execute    N_PropagPI    @ATOMID=SELF.rang;
impact-t =
ORDER OF SOURCES :
Execute    N_ConcatSU    @ATOMID=VAR.nom_ESM,VAR.nom_activité,VAR.nom_ESMT;
Reset      SELF.grandeur_t
Do         SELF.grandeur_t      SELF.grandeur_t
Do         SELF.importance     SELF.importance
Do         SELF.grandeur_t*SELF.importance     SELF.impact_t
IF CHANGE:
Execute    N_VoluN      @ATOMID=SELF.impact_t,\VAR.nom_ESMT\impact_t;
Execute    N_VoluN      @ATOMID=SELF.importance,\VAR.nom_ESMT\importance;
Execute    N_VoluN      @ATOMID=SELF.grandeur_t,\VAR.nom_ESMT\grandeur_t;
Execute    N_VoluS      @ATOMID=SELF.s_importance,\VAR.nom_ESMT\s_importance;

```

```

importance =
  ORDER OF SOURCES :
    Let SELF.s_importance REGLES
    Do SELF.hyp_importance SELF.hyp_importance
    Let SELF.s_importance D _ B
    Retrieve db_import
    @NXP:@ADD:@PROPS=importance;@FIELDS=importance;@ATOMS=SELF.importance;
    Let SELF.s_importance USAGER
    Execute N_Name @ATOMID=SELF,VAR.tampon;
    AskQuestion SELF.importance NOTKNOWN
    Let SELF.s_importance V_P_D
    Do 10 SELF.importance
IF CHANGE:
  PROMPT LINE : Quelle importance accordez vous à l'élément \VAR.tampon\
grandeur-t =
  ORDER OF SOURCES:
    Reset VAR.hyp_grandeur_t
    Do VAR.hyp_grandeur_t VAR.hyp_grandeur_t
IF CHANGE:
hyp_importance =
  ORDER OF SOURCES :
    Backward TRUE
    RunTimeValu FALSE
IF CHANGE:
hyp_grandeur_s =
  ORDER OF SOURCES :
    Backward TRUE
    RunTimeValu FALSE
IF CHANGE:
hyp_non_lien =
  ORDER OF SOURCES :
    Backward TRUE
    RunTimeValu FALSE
IF CHANGE:
s_importance =

```

ANNEXE C

Liste des Objets

List des objets, de leurs sous-objets et de l'é

Note:

-Ce fichier texte est sauvegarder **directement** de l'éditeur d'objets de Nexpert **Object**.

-Il ne **représente** pas le **fichier** base de connaissances chargé par N.O. en début de consultation.

<p>NAME : élément_final PROPERTIES : rang =</p> <p>NAME : AP CLASSES : ESM SUBOBJECTS : SSR PROPERTIES : hyp_grandeur_s = importance = hyp_importance = hyp_non_lien = grandeur-t = état = NON_IDENTIFIE traité = False rang = impact-t = s_importance =</p> <p>NAME : CCR CLASSES : ESM SUBOBJECTS : PTR PROPERTIES : grandeur_t = ratio = p_str = p_cptr = hyp_grandeur_s = importance = hyp_importance = hyp_non_lien = état = NON_IDENTIFIE traité = False rang = impact-t = s_importance =</p> <p>NAME : CHS CLASSES : ESM SUBOBJECTS : DH PROPERTIES : hyp_grandeur_s = importance = hyp_importance = hyp_non_lien = grandeur-t = état = NON_IDENTIFIE</p>	<p>traité = False rang = impact-t = s_importance =</p> <p>NAME : CPTR CLASSES : ESM SUBOBJECTS : CCR PROPERTIES : grandeur_t = hyp_grandeur_s = importance = hyp_importance = hyp_non_lien = état = NON_IDENTIFIE traité = False rang = impact_t = s_importance =</p> <p>NAME : CRR CLASSES : ESM SUBOBJECTS : PTR PROPERTIES : hyp_grandeur_s = importance = hyp_importance = hyp_non_lien = grandeur_t = état = NON_IDENTIFIE traité = False rang = impact-t = s_importance =</p> <p>NAME : DH CLASSES : ESM SUBOBJECTS : SPAH PROPERTIES : hyp_grandeur_s = importance = hyp_importance = hyp_non_lien = grandeur-t = etat = NON_IDENTIFIE traité = False rang =</p>	<p>impact-t = s_importance =</p> <p>NAME : DP CLASSES : ESM SUBOBJECTS : PRE LSE AP PROPERTIES : importance = hyp_importance = hyp_grandeur_s = hyp_non_lien = grandeur-t = état = NON_IDENTIFIE traité = False rang = impact-t = s_importance =</p> <p>NAME : GOUVERN PROPERTIES : election =</p> <p>NAME : IDENT PROPERTIES : timmg =</p> <p>NAME : Jobs CLASSES : ESM SUBOBJECTS : NU PROPERTIES : grandeur-t = importance = kind= hyp_importance = t_number = hyp_grandeur_s = r_number = hyp_non_lien = état = NON_IDENTIFIE traité = False rang = impact-t = s_importance =</p> <p>NAME : LSE CLASSES : ESM SUBOBJECTS :</p>
---	--	--

SLS
Jobs
PROPERTIES :
 hyp_grandeur_s =
 importance =
 hypimportance =
 hyp_non_lien =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact-t =
 s_importance =

NAME : NCP
CLASSES :
 ESM
SUBJECTS :
 STR
 Jobs
 CPTR
PROPERTIES :
 hyp_non_lien =
 t_sale =
 r_sale =
 t_area =
 r_area =
 t_number =
 hyp_grandeur_s =
 r_number =
 importance =
 hyp_importance =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact_t =
 s_importance =

NAME : NU
CLASSES :
 ESM
SUBJECTS :
 WP
 UBP
PROPERTIES :
 hyp_non_lien =
 hyp_grandeur_s =
 rate =
 importance =
 hyp_importance =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact_t =
 s_importance =

NAME : PRE

CLASSES :
ESM
PROPERTIES :
 hyp_grandeur_s =
 importance =
 hyp_importance =
 hyp_non_lien =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact-t =
 s_importance =

NAME : PTR
CLASSES :
 ESM
PROPERTIES :
 ratio =
 importance =
 hyp_importance =
 hyp_grandeur_s =
 hyp_non_lien =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact-t =
 s_importance =

NAME : REGION
PROPERTIES :
 type =

NAME : RofB
CLASSES :
 Activités
SUBJECTS :
 NCP
PROPERTIES :
 hyp_non_lien =
 présente =
 état =
NON_IDENTIFIE
 lancer-analyse =

NAME : RofH
CLASSES :
 Activités
SUBJECTS :
 RPTR
 CHS
 DP
PROPERTIES :
 présente =
 état =
NON_IDENTIFIE
 hyp_non_lien =
 lancer-analyse =

NAME : RPTR
CLASSES :
 ESM
SUBJECTS :
 CRR
PROPERTIES :
 hyp_grandeur_s =
 importance =
 hyp_importance =
 hyp_non_lien =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact-t =
 s_importance =

NAME : SLS
CLASSES :
 ESM
PROPERTIES :
 hyp_grandeur_s =
 importance =
 hyp_importance =
 hyp_non_lien =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact-t =
 s_importance =

NAME : SPAH
CLASSES :
 ESM
PROPERTIES :
 hyp_grandeur_s =
 importance =
 hyp_importance =
 hyp_non_lien =
 grandeur-t =
 ttat =
NON-IDENTIFIE
 traité = False
 rang =
 impact-t =
 s_importance =

NAME : SSR
CLASSES :
 ESM
PROPERTIES :
 hyp_grandeur_s =
 importance =
 hyp_importance =
 hyp_non_lien =
 grandeur-t =
 état =
NON_IDENTIFIE
 traité = False

```

rang =
impact_t =
s_importance =

NAME : STR
CLASSES :
  ESM
SUBJECTS :
  CCR
PROPERTIES :
  grandeur_t =
  hyp_grandeur_s =
  importance =
  hyp_importance =
  hyp_non_lien =
  grandeur_t =
  état =
    NON_IDENTIFIE
  traité = False
rang =
impact_t =
s_importance =

NAME : UBP
CLASSES :
  ESM
PROPERTIES :
  hyp_grandeur_s =
  importance =
  hyp_importance =
  hyp_non_lien =
  grandeur-t =
  état =
    NON_IDENTIFIE
  traité = False
rang =
impact-t =
s_importance =

NAME : VAR
PROPERTIES :
  max-grandeur-s =
  hyp_ICC_état =
  nom_victime =
  nom_activité =
  hyp_grandeur_t =
  nom_ESMS =
  hyp_traitement =
  hyp_évaluation =
  nom_ESM =
  nom_ESMT =
  rang-max = 0.00
  hyp_impact_s =
  som_grandeur_s = 0.00
  hyp_grandeur_s_déf =
  état_identifié =
    IDENTIFIE
  compteur_rang = 0.00
  [redacted] =
  [redacted] =
  [redacted] =

```

ANNEXE D

Liste des Propriétés

Liste des propriétés avec leur type

Note:

-Ceci ne constitue qu'une **récapitulation** des **propriétés énoncées** aux niveaux des objets et **des** classes mais en indiquant leur type.

NAME : état TYPE: String	TYPE: Numeric	NAME : rate TYPE: Numeric
NAME : état_identifié TYPE: String	NAME : impact-t TYPE: Numeric	NAME : ratio TYPE: Numeric
NAME : agresseur TYPE: String	NAME : importance TYPE: Numeric	NAME : s_grandeur_s TYPE: String
NAME : compteur_rang TYPE: Numeric	NAME : kind TYPE: String	NAME : s_importance TYPE: String
NAME : election TYPE: String	NAME : lancer-analyse TYPE: Boolean	NAME : som_grandeur_s TYPE: Numeric
NAME : grandeur_s TYPE: Numeric	NAME : max_grandeur_s TYPE: Numeric	NAME : t_area TYPE: Numeric
NAME : grandeur_t TYPE: Numeric	NAME : nom_activité TYPE: String	NAME : t_number TYPE: Numeric
NAME : hyp_évaluation TYPE: Boolean	NAME : nom_ESM TYPE: String	NAME : t_rtaxe TYPE: Numeric
NAME : hyp_grandeur_s TYPE: Boolean	NAME : nom_ESMS TYPE: String	NAME : t_sale TYPE: Numeric
NAME : hyp_grandeur_s_déf TYPE: Boolean	NAME : nom_ESMT TYPE: String	NAME : tampon TYPE: String
NAME : hyp_grandeur_t TYPE: Boolean	NAME : nom-victime TYPE: String	NAME : timing TYPE: String
NAME : hyp_ICC_état TYPE: Boolean	NAME : p_cpnr TYPE: Numeric	NAME : traité TYPE: Boolean
NAME : hyp_impact_s TYPE: Boolean	NAME : p_str TYPE: Numeric	NAME : type TYPE: String
NAME : hyp_importance TYPE: Boolean	NAME : présente TYPE: Boolean	NAME : Value TYPE: Special
NAME : hyp_initialisation TYPE: Boolean	NAME : r_area TYPE: Numeric	NAME : victime TYPE: String
NAME : hyp_lancer TYPE: Boolean	NAME : r_number TYPE: Numeric	
NAME : hyp_non_lien TYPE: Boolean	NAME : r_sale TYPE: Numeric	
NAME : hyp_traitement TYPE: Boolean	NAME : rang TYPE: Numeric	
NAME : impact-s	NAME : rang_max TYPE: Numeric	

ANNEXE E

LISTE DES REGLES

Liste des règles

No:e:

- Ce fichier texte est sauvegarder directement de l'éditeur de règles de Nexpert Object.
- Il ne représente pas le fichier base de **connaissances** chargé par N.O. en début de consultation.

RULE : Rule 1

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is CPTR
And CCR.p_cptr is greater than 0.00

Then CCR.hyp_grandeur_s

is wnfiied.
And CPTR.grandeur_t*CCR.p_cptr/100 is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 2

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is STR
And CCR.p_str is greater than 0.00

Then CCR.hyp_grandeur_s

is wnfiied.
And MIN(STR.grandeur_t*CCR.p_str*0.03,10) is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 3

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is NCP
And NCP.r_area is greater than 0.00
And NCP.t_area is greater than 0.00

Then CPTR.hyp_grandeur_s

is wnfiied.
And (NCP.r_area/NCP.t_area)*10 is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 4

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is NCP
And Jobs.r_number is greater than 0.00
And Jobs.t_number is greater than 0.00

Then Jobs.hyp_grandeur_s

is wnfiied.
And (Jobs.r_number/Jobs.t_number)*10 is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 5

If

REGION.type is RURAL
And Jobs.kind is DAY-LABOURER

Then Jobs.hyp_importance

is wnfiied.
And 8 is assigned to Jobs.importance

RULE : Rule 6

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is RofB
 And NCP.r_number is greater than 0.00
 And NCP.t_number is greater than 0.00

Then NCP.hyp_grandeur_s

is confirmed.

And $(NCP.r_number/NCP.t_number)*10$ is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 7

If

<!AESMS!>.victime is Jobs
 And Jobs.r_number is precisely equal to 0.00

Then NCP.hyp_non_lien

is confirmed.

And <!AESMS!>.victime is assigned to VAR.nom_ESMS
 And \VAR.nom_ESMS\état is set to NON_IDENTIFIABLE
 And Delete Object <!AESMS!>

RULE : Rule 8

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is Jobs
 And $(Jobs.grandeur_t*10)-2$ is greater than 0.00
 And $(Jobs.grandeur_t*10)-6$ is less than or equal to 0.00

Then NU.hyp_grandeur_s

is confirmed.

And 6 is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 9

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is Jobs
 And $(Jobs.grandeur_t*10)-2$ is less than or equal to 0.00

Then NU.hyp_grandeur_s

is confirmed.

And 3 is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 10

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is Jobs
 And $(Jobs.grandeur_t*10)-10$ is greater than 0.00

Then NU.hyp_grandeur_s

is confirmed.

And 10 is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 11

If

\VAR.nom_ESMS\agresseur is Jobs
 And $(Jobs.grandeur_t*10)-6$ is greater than 0.00
 And $(Jobs.grandeur_t*10)-10$ is less than or equal to 0.00

Then NU.hyp_grandeur_s

is confirmed.

And 8 is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 12

If
 <IAESMS!>.victime is WP
 And IDENT.timing is not LONG-TERM
 Then NU.hyp_non_lien
 is confied.
 And <IAESMS!>.victime is assigned to VAR.nom_ESMS
 And \VAR.nom_ESMS\état is set to NON_IDENTIFIABLE
 And Delete Object <IAESMS!>

RULE : Rule 13

If
 <IAESMS!>.victime is UBP
 And IDENT.timing is not SHORT-TERM
 Then NU.hyp_non_lien
 is confirmed.
 And <IAESMS!>.victime is assigned to VAR.nom_ESMS
 And \VAR.nom_ESMS\état is set to NON_IDENTIFIABLE
 And Delete Object <IAESMS!>

RULE : Rule 14

If
 \VAR.nom_ESMS\agresseur is CCR
 And CCR.ratio is greater than 0.00
 And PTR.ratio is greater than 0.00
 Then PTR.hyp_grandeur_s
 is confirmed.
 And $\text{MIN}((\text{CCR.grandeur}_t * \text{CCR.ratio}) / \text{PTR.ratio}, 10)$ is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 15

If
 GOUVERN.election is SOON
 Then PTR.hyp_importance
 is confirmed.
 And 9 is assigned to PTR.importance

RULE : Rule 16

If
 <IAESMS!>.victime is NCP
 And NCP.r_number is precisely equal to 0.00
 Then RofB.hyp_non_lien
 is confied.
 And <IAESMS!>.victime is assigned to VAR.nom_ESMS
 And \VAR.nom_ESMS\état is set to NON_IDENTIFIABLE
 And Delete Object <IAESMS!>

RULE : Rule 17

If
 \VAR.nom_ESMS\agresseur is NCP
 And NCP.r_sale is greater than 0.00
 And NCP.t_sale is greater than 0.00
 Then STR.hyp_grandeur_s
 is confirmed.
 And $(\text{NCP.r_sale} / \text{NCP.t_sale}) * 10$ is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 18

If
 <IESM!>.état is IDENTIFIE
 And there is no evidence of <IESM!>.traité
 And Execute maximum(@ATOMID=VAR.rang_max,<IESM!>.rang;)
 And <IESM!>.rang-VAR.rang_max is precisely equal to 0.00
 Then VAR.hyp_évaluation
 is confirmed.
 And Execute N_Name(@ATOMID=<IESM!>,VAR.nom_ESM;)
 And Reset <IESM!>.impact_t
 And <IESM!>.impact_t is assigned to <IESM!>.impact_t
 And Reset VAR.hyp_impact_s
 And VAR.hyp_impact_s is assigned to VAR.hyp_impact_s
 And <IESM!>.traité is set to TRUE
 And Reset VAR.rang_max
 And Reset VAR.hyp_évaluation

RULE : Rule 19

If
 <CLESM!>.victime is equal to \VAR.nom_ESMS\agresseur
 Then VAR.hyp_grandeur_s_déf
 is confirmed.
 And <CLESM!>.grandeur_t is assigned to \VAR.nom_ESMS\grandeur_s

RULE : Rule 20

If
 <CLESMS!>.victime is equal to VAR.nom_ESM
 And <CLESMS!>.grandeur_s is assigned to <CLESMS!>.grandeur_s
 And <CLESMS!>.grandeur_s+VAR.som_grandeur_s is assigned to VAR.som_grandeur_s
 Then VAR.hyp_grandeur_t
 is confirmed.
 And Execute maximum(@ATOMID=VAR.max_grandeur_s,<CLESMS!>.grandeur_s;)
 And MIN((9*VAR.max_grandeur_s)+VAR.som_grandeur_s)/10,10) is assigned to
 \VAR.nom_ESM\grandeur_t
 And Execute N_LkObjNP(@ATOMID=VAR.nom_ESMT,<CLESMS!>);
 And 0 is assigned to VAR.som_grandeur_s

RULE : Rule 21

If
 <CLESMS!>.victime is equal to VAR.nom_ESM
 Then VAR.hyp_ICC_état
 is confirmed.
 And \VAR.nom_ESM\état is set to IDENTIFIE
 And Execute N_PropagFS(@ATOMID=\VAR.nom_ESM\état;)
 And Execute
 N_NOFilsAD(@ATOMID=\VAR.nom_ESM\AESMS!agresseur,\AESMS!.victime,VAR.nom_activité;)
 And Reset \VAR.nom_ESM\hyp_non_lien
 And \VAR.nom_ESM\hyp_non_lien is assigned to \VAR.nom_ESM\hyp_non_lien
 And Create Object <AESMS!>|CLESMS!
 And Delete Object <AESMS!>|AESMS!
 And Execute N_ConcatSU(@ATOMID=VAR.nom_ESM,VAR.nom_activité,VAR.nom_ESMT;)
 And Create Object ""\VAR.nom_ESMT\|CLESMT!
 And VAR.nom_ESM is assigned to \VAR.nom_ESMT\|victime

RULE : Rule 22

If

<|CLESMS|>.agresseur is equal to VAR.nom_ESM

And **<|CLESMS|>.impact_s is assigned to <|CLESMS|>.impact_s**

Then VAR.hyp_impact_s
is **confirmed.**

RULE : Rule 23

If

there **is** no evidence of **<|ESM|>.traité**

Then VAR.hyp_initialisation
is **confirmed.**

And **Execute N_ObjNS(@ATOMID=|CLRANG|,<|ESM|>);**

And Create Object **élément_final <|CLRANG|>**

And 0 **is** assigned to **élément_final.rang**

And **Delete** Object **élément_final <|CLRANG|>**

And Delete Object ICLRANGI **<|CLRANG|>**

RULE : Rule 24

If

VAR.état_identifié is assigned to **VAR.nom_activité\état**

And there **is** no evidence of **VAR.hyp_évaluation**

Then VAR.hyp_lancer
is **confirmed.**

And **VAR.nom_activité\lancer_analyse is** set to **TRUE**

RULE : Rule 25

If

there is evidence of **<|Activités|>.présente**

Then VAR.hyp_traitement
is **confirmed.**

And **<|Activités|>.lancer_analyse is** assigne-d to **<|Activités|>.lancer_analyse**

ANNEXE F**LES ROUTINES EXTERNES**

Routines externes utilisés par le prototype AREIE

Cette section est un descriptif de la nature et du fonctionnement des **procédures** pouvant être **appelées, dans Nexpert**, par :

EXECUTE **theProcedure** **@ATOMID=...**

NB: les majuscules dans les noms sont importantes

N_Name()

Execute **N_Name**
@ATOMID=theObject, dest.prop;

theObject= objet de la BC
dest=objet de la BC recuperant le **nom**
prop=propriete de dest (type String)
dest.prop=NOM de l'objet **theObject**

Permet de **recupérer** le nom d'un objet dans une variable **lorsqu'utilisé à l'intérieur** du **méta-slot** de cet **objet**.

N_ConcatSU()

Execute **N_ConcatSU**
@ATOMID=theObject1.prop1, theObject2.prop2, dest.prop;

theObject1, theObject2=objets de la BC
dest=objet de la BC recuperant la **concatenation**
prop1, prop2, prop= propriétés des objets (type String)
dest.prop=CONCATENATION de "**theObject1.prop1**" et "_" et "**theObject2.prop2**"
dest.prop=string1_string2

Même principe que **N_Concat()**, mais on **incère** un "underscore" () entre les deux chaînes de **caractères**.

N_NOFilsAD()

Execute **N_NOFilsAD**
@ATOMID=theFather, theClass.theParent,theClass.theSon,theDis.str;

Même procédure que **N_NOFils()**, mais sans la propagation de la valeur du **père**. Le nom du nouvel objet est formé par la **concaténation** de l'objet **père**, de l'objet **fil** et d'un discriminant (**theDis.str**), chacun sépare **avec** un "underscore" () :

newObject=father_child_string

N_PropagFS()

Execute **N_PropagFS**
@ATOMID=theFather.theProp;

Même procédure que **N_NOFils** sans la **creation** des nouveaux objets: s'occupe uniquement de la propagation de la **valeur** de la propriété STRING (**theProp**) du **père** vers ses **fil**.

N_PropagPI()

Execute **N_PropagPS**
@ATOMID=theSon.theProp;

Même procédure que **N_NOFils** sans la création des nouveaux objets: s'occupe uniquement de la propagation de la valeur de la propriété **INTEGER (theProp)** du fils vers ses pères.

N_Speak"S,V,SV"()

Execute **N_SpeakS**
@STRING=texte a dire##;

Execute **N_SpeakV**
@ATOMID=objet.prop;

Execute **N_SpeakSV**
@ATOMID=objet.prop; @STRING=texte a dire##;

objet.prop est la valeur d'un slot de type string

Ces routines permettent de faire prononcer au Mac une chaîne de caractères de longueur quelconque **et/ou** la valeur d'une variable (objetprop) **passée** sous forme d'argument **@STRING** **et/ou** d'argument **@ATOMID**.

N_Write"S,V,SV"()

Ces trois routines permettent **d'écrire** des chaînes de caractères dans la fenêtre **Transcript**. La chaîne est passée de 2 façons différentes:

Execute **N_WriteS**
@STRING=chaîne de caractères;

Execute **N_WriteV**
@ATOMID=objet.prop;

Execute **N_WriteSV**
@ATOMID=objet.prop; @STRING=chaîne de caractères;

objet.prop est la valeur d'un slot de type string

Ces routines permettent de faire afficher dans une fenêtre texte Mac (fenêtre **TRANSCRIPT**) une chaîne de caractères de longueur quelconque **et/ou** la valeur d'une variable (objet.prop) **passée** sous forme d'argument **@STRING** **et/ou** d'argument **@ATOMID**.

N_LkObjNP()

Execute **N_LkObjNP**
@ATOMID=theObject.theProp,<theClass>;

theObject.theProp = nom de l'objet à rattacher à chacun des autres contenus dans la liste **<theClass>**.
 <theClass> = liste d'objet à lier.

Procédure permettant de lier dynamiquement un objet, dont le nom est contenu dans la valeur de la propriété d'un autre (theObject.theProp), à une liste d'objets (<theClass>) formée au préalable (ex.: pattern matching).

N_VoluN()Execute **N_VoluN****@ATOMID=theObject1.theProp1, theObject2.theProp2;****Permet** d'affecter la valeur de "**theObject1.theProp1**" à "**theObject2.theProp2**".

Note:

La valeur "**theObject1.theProp1**" doit **être connue** au préalable et de type **numérique**.**Utile** lorsqu'utilisé dans un **IfChanged** car on **évite un** message "**Loop detected in backward chaining**" obtenu avec la commande:Do **SELF.theProp1 theObject2.theProp2**et que la valeur de **SELF.theProp1** vienne **d'être** obtenue au niveau du OS.

N_VoluS()Execute **N_VoluS****@ATOMID=theObject1.theProp1, theObject2.theProp2;**Comme **N_VoluN** mais pour les valeurs de type **STRING**.

N_ObjNS()Execute **N_ObjNS****@ATOMID=|theClass|, <|theList|>;****Permet de** relier les objets terminaux d'un arbre ou d'un réseau d'objets (**theList**) à une classe (**theClass**).

maximum()Execute **maximum****@ATOMID=theMax.value, <|theClass|>.theNum;**Retourne dans **theMax.value** le maximum des valeurs **theNum** des objets contenues dans la liste **<|theClass|>**.

minimum()Execute **minimum****@ATOMID=theMin.value, <|theClass|>.theNum;**Retourne dans **theMin.value** le minimum des valeurs **theNum** des objets contenues dans la liste **<|theClass|>**.

ANNEXE G**LISTING DU FICHIER NEXPERT OBJECT
POUR LA BASE DE CONNAISSANCES
PROTOTYPE AREIE**

Base de connaissances du prototype **AREIE** sauvegarder sous le nouveau format fichier texte généralé par *Nexpert Object version 1.1.*

Note:

-Ce code **représente** les classes, les objets, les propriétés, les **méthodes**, les **règles** et les variables globales de la base de connaissances **du**, prototype.

-Ce fichier sera lu directement par Nexpert **Object** et compilé en mémoire.

-Il est aussi possible de sauvegarder une version **compilée** de la BC avec la version 1.1.

```
(@VERSION= 011)
(@PROPERTY= traite @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= etat @TYPE=String;)
(@PROPERTY= etat_identifie @TYPE=String;)
(@PROPERTY= hyp_evaluation @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_grandeur_s_def @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_ICC_etat @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= nom_activite @TYPE=String;)
(@PROPERTY= presente @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= agresseur @TYPE=String;)
(@PROPERTY= compteur-rang @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= election @TYPE=String;)
(@PROPERTY= grandeur-s @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= grandeur-t @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= hyp_grandeur_s @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_grandeur_t @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_impact_s @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_importance @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_initialisation @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_lancer @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_non_lien @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= hyp_traitement @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= impact_s @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= impact-t @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= importance @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= kind @TYPE=String;)
(@PROPERTY= lancer-analyse @TYPE=Boolean;)
(@PROPERTY= max_grandeur_s @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= nom_ESM @TYPE=String;)
(@PROPERTY= nom_ESMS @TYPE=String;)
(@PROPERTY= nom_ESMT @TYPE=String;)
(@PROPERTY= nom-victime @TYPE=String;)
(@PROPERTY= p_cptr @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= p_str @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= r_area @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= r_number @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= r_sale @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= rang @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= rang-max @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= rate @TYPE=Float;)
```

```

(@PROPERTY= ratio @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= s_grandeur_s @TYPE=String;)
(@PROPERTY= s_importance @TYPE=String;)
(@PROPERTY= som_grandeur_s @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= t_area @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= t_number @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= t_rtaxe @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= t_sale @TYPE=Float;)
(@PROPERTY= tampon @TYPE=String;)
(@PROPERTY= timing @TYPE=String;)
(@PROPERTY= type @TYPE=String;)
(@PROPERTY= victime @TYPE=String;)

```

```

(@CLASS= Activites
  (@PROPERTIES=
    etat
    presente
    hyp_non_lien
    lancer-analyse
  )
)

```

```

(@CLASS= AESMS
  (@PROPERTIES=
    agresseur
    victime
  )
)

```

```

(@CLASS= CLESMS
  (@PROPERTIES=
    agresseur
    grandeur-s
    impact-s
    importance
    s_grandeur_s
    victime
  )
)

```

```

(@CLASS= CLESMT
  (@PROPERTIES=
    grandeur-t
    impact-t
    importance
    s_importance
    victime
  )
)

```

```

(@CLASS= CLRANG

```

```

)
(@CLASS= ESM
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)

```

```

(@OBJECT= element_final
  (@PROPERTIES=
    rang
  )
)

```

```

(@OBJECT= AP
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    SSR
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)

```

```

(@OBJECT= CCR
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    PTR
  )
)

```

```

    (@PROPERTIES=
      traite
      etat
      grandeur-t
      hyp_grandeur_s
      hyp_importance
      hyp_non_lien
      impact_t
      importance
      p_cptr
      p_str
      rang
      ratio
      s_importance
    )
  )
)

(@OBJECT= CHS
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    DH
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)

)

(@OBJECT= CPTR
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    CCR
  )
  (@PROPERTIES=
    mite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
  )
)

```

```

        impact_t
        importance
        rang
        s_importance
    )
)
(@OBJECT= CRR
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    PTR
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur_t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    impoltance
    rang
    s_importance
  )
)
(@OBJECT= DH
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    SPAH
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur_t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    impoltance
    rang
    s_importance
  )
)
(@OBJECT= DP
  (@CLASSES=
    ESM

```

```

)
(@SUBJECTS=
  PRE
  LSE
  AP
)
(@PROPERTIES=
  traite
  etat
  grandeur_t
  hyp_grandeur_s
  hyp_importance
  hyp_non_lien
  impact_t
  importance
  rang
  s_importance
)
)
(@OBJECT= GOUVERN
  (@PROPERTIES=
    election
  )
)
(@OBJECT= IDENT
  (@PROPERTIES=
    timing
  )
)
(@OBJECT= Jobs
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBJECTS=
    NU
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact-t
    importance
    kind
    r_number
    rang
    s_importance
  )
)

```

```

        t_number
    )
)
(@OBJECT= LSE
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    SLS
    Jobs
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)
(@OBJECT= NCP
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    STR
    Jobs
    CPTR
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur_t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    importance
    r_area
    r_number
    r_sale
    rang
    s_importance
    t_area
    t_number
    t_sale
  )
)

```

))

(@OBJECT= NU
 (@CLASSES=
 ESM
)
 (@SUBOBJECTS=
 WP
 UBP
)
 (@PROPERTIES=
 traite
 etat
 grandeur-t
 hyp_grandeur_s
 hyp_importance
 hyp_non_lien
 impact_t
 importance
 rang
 rate
 s_importance
)
)

(@OBJECT= PRE
 (@CLASSES=
 ESM
)
 (@PROPERTIES=
 traite
 etat
 grandeur-t
 hyp_grandeur_s
 hyp_importance
 hyp_non_lien
 impact-t
 importance
 rang
 s_importance
)
)

(@OBJECT= PTR
 (@CLASSES=
 ESM
)
 (@PROPERTIES=
 traite
 etat
 grandeur-t

```

        hyp_grandeur_s
        hyp_importance
        hyp_non_lien
        impact_t
        importance
        rang
        ratio
        s_importance
    )
)
(@OBJECT= REGION
  (@PROPERTIES=
    type
  )
)
(@OBJECT= RofB
  (@CLASSES=
    Ativites
  )
  (@SUBOBJECTS=
    NCP
  )
  (@PROPERTIES=
    etat
    presente
    hyp_non_lien
    lancer-analyse
  )
)
(@OBJECT= RofH
  (@CLASSES=
    Activites
  )
  (@SUBOBJECTS=
    RPTR
    CHS
    DP
  )
  (@PROPERTIES=
    etat
    presente
    hyp_non_lien
    lancer_analyse
  )
)
(@OBJECT= RPTR
  (@CLASSES=
    ESM

```

```

)
(@SUBJECTS=
  'CRR
)
(@PROPERTIES=
  traite
  etat
  grandeur-t
  hyp_grandeur_s
  hyp_importance
  hyp_non_lien
  impact-t
  importance
  rang
  s_importance
)
)
)
(@OBJECT= SLS
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact-t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)
)
)
(@OBJECT= SPAH
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact-t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)
)

```

```

)
(@OBJECT= SSR
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur_t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)

```

```

)
(@OBJECT= STR
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@SUBOBJECTS=
    CCR
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact_t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)

```

```

)
(@OBJECT= UBP
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
  )
)

```

```

        impact_t
        importance
        rang
        s_importance
    )
)

(@OBJECT= VAR
  (@PROPERTIES=
    etat_identifie
    hyp_evaluation
    hyp_grandeur_s_def
    hyp_ICC_etat
    nom_activite
    compteur_rang
    hyp_grandeur_t
    hyp_impact_s
    hyp_initialisation
    hyp_lancer
    hyp_traitement
    max_grandeur_s
    nom_ESM
    nom_ESMS
    nom_ESMT
    nom-victime
    rang_max
    som_grandeur_s
    tampon
  )
)

(@OBJECT= WP
  (@CLASSES=
    ESM
  )
  (@PROPERTIES=
    traite
    etat
    grandeur-t
    hyp_grandeur_s
    hyp_importance
    hyp_non_lien
    impact-t
    importance
    rang
    s_importance
  )
)

(@SLOT= Activites.etat
  @INHVALUP=FALSE;
  @INHVALDOWN=TRUE;

```

```

(@INITVAL=      "NON_IDENTIFIE")
(@CACTIONS=
  (Execute      ("N_PropagFS") (@ATOMID=SELF.etat;))
  (Execute      ("N_NOFilsAD"))
  (@ATOMID=SELF,IAESMSI.agresseur,IAESMSI.victime,\
VAR.nom_activite;))
  (Reset (SELF.hyp_non_lien))
  (Do (SELF.hyp_non_lien) (SELF.hyp_non_lien))
  (CreateObject (<IAESMSI>) (ICLESMS I))
  (DeleteObject (<IAESMSI>) (IAESMSI))
)
)
(@SLOT=    Activites.presente
  @PROMPT="L'activité @V(VAR.nom_activité) aura-t-elle lieu au cours du projet?";
  (@SOURCES=
    (Execute      ("N_Name") (@ ATOMID=SELF,VAR.nom_activite;))
    (AskQuestion (SELF.presente) (TRUE))
  )
)
(@SLOT=    Activites.hyp_non_lien
  (@SOURCES=
    (Backward (TRUE))
    (RunTimeValue (FALSE))
  )
)
(@SLOT=    Activites.lancer_analyse
  (@SOURCES=
    (Execute      ("N_Name") (@ ATOMID=SELF,VAR.nom_activite;))
    (Reset (VAR.hyp_lancer))
    ( Do (VAR.hyp_lancer) (VAR.hyp_lancer))
    (Execute      ("N_SpeakS"))
    (@ATOMID=VAR.nom_activite;@STRING="the evaluation has crash for the acti\
vity##";))
    (Interrupt (TRUE))
  )
)
(@SLOT=    CLESMS.grandeur_s
  (@SOURCES=
    (Execute      ("N_Name") (@ATOMID=SELF,VAR.nom_ESMS;))
    ( Do (SELF.victime) (VAR.nom_victime))
    (Let (\VAR.nom_ESMS\s_grandeur_s) ("REGLES"))
    (Reset (\VAR.nom_victime\hyp_grandeur_s))
    ( Do (\VAR.nom_victime\hyp_grandeur_s)
(\VAR.nom_victime\hyp_grandeur_s))
    (Let (\VAR.nom_ESMS\s_grandeur_s) ("HERITAGE"))
    (Reset (VAR.hyp_grandeur_s_def))
    (Do (VAR.hyp_grandeur_s_def)(VAR.hyp_grandeur_s_def))
    (Let (\VAR.nom_ESMS\s_grandeur_s) ("V_P_D"))
  )
)

```

```

        (RunTimeValue (10.0))
    )
)
(@SLOT= CLESMS.impact_s
  (@?SOURCES=
    (Reset (SELF.grandeur_s))
    (Do (SELF.grandeur_s) (SELF.grandeur_s))
    (Do (SELF.importance) (SELF.importance))
    (Do (SELF.grandeur_s*SELF.importance) (SELF.impact_s))
  )
)
(@SLOT= CLESMS.importance
  (@SOURCES=
    (Do (SELF.victime) (VAR.nom_victime))
    (Do (VAR.nom_victime\importance) (SELF.importance))
  )
)
(@SLOT= ESM.traite
  @INHVALUP=FALSE;
  @INHVALDOWN=TRUE;
  (@INITVAL= FALSE)
)
(@SLOT= ESM.etat
  @INHVALUP=FALSE;
  @INHVALDOWN=TRUE;
  (@INITVAL= "NON-IDENTIFIE")
  (@CACTIONS=
    (Execute ("N_Name") (@ATOMID=SELF,VAR.nom_ESM;))
    (Reset (VAR.hyp_ICC_etat))
    (Do (VAR.hyp_ICC_etat) (VAR.hyp_ICC_etat))
  )
)
(@SLOT= ESM.grandeur_t
  (@SOURCES=
    (Reset (VAR.hyp_grandeur_t))
    (Do (VAR.hyp_grandeur_t) (VAR.hyp_grandeur_t))
  )
)
(@SLOT= ESM.hyp_grandeur_s
  (@SOURCES=
    (Backward (TRUE))
    (RunTimeValue (FALSE))
  )
)
(@SLOT= ESM.hyp_importance

```

```

    (@SOURCES=
      (Backward (TRUE))
      (RunTimeValue (FALSE))
    )
  )
  (@SLOT= ESM.hyp_non_lien
    (@SOURCES=
      (Backward (TRUE))
      (RunTimeValue (FALSE))
    )
  )
  (@SLOT= ESM.impact_t
    (@SOURCES=
      (Execute ("N_ConcatSU"))
      (@ ATOMID=VAR.nom_ESM,VAR.nom_activite,\
VAR.nom_ESMT;))
      (Reset (SELF.grandeur_t))
      ( D o (SELF.grandeur_t) (SELF.grandeur_t))
      (Do (SELF.importance) (SELF.importance))
      ( D o (SELF.grandeur_t*SELF.importance) (SELF.impact_t))
    )
    (@CACTIONS=
      (Execute ("N_VoluN"))
      (@ ATOMID=SELF.impact_t,\VAR.nom_ESMT\impact_t;\
))
      (Execute ("N_VoluN"))
      (@ATOMID=SELF.importance,\VAR.nom_ESMT\importance;\
))
      (Execute ("N_VoluN"))
      (@ATOMID=SELF.grandeur_t,\VAR.nom_ESMT\grandeur_t;\
))
      (Execute ("N_VoluS"))
      (@ATOMID=SELF.s_importance,\VAR.nom_ESMT\s_importance;\
))
    )
  )
  (@SLOT= ESM.importance
    @PROMPT="Quelle importance accordez vous à l'élément @V(VAR.tampon).";
    (@SOURCES=
      (Let (SELF.s_importance) ("REGLES"))
      ( D o (SELF.hyp_importance) (SELF.hyp_importance))
      (Let (SELF.s_importance) ("D_B"))
      (Retrieve ("db_import"))
      (@TYPE=NXF;@FILL=ADD;@PROPS=importance;@FIELDS="importance";\
@ATOMS=SELF.importance;))
      (Let (SELF.s_importance) ("USAGER"))
      (Execute ("N_Name") (@ATOMID=SELF,VAR.tampon;))
      (AskQuestion (SELF.importance) (NOTKNOWN))
      (Let (SELF.s_importance) ("V_P_D"))
    )
  )

```

```

        (Do (10.0) (SELF.importance))
    )
)
(@SLOT=   ESM.rang
  (@CACTIONS=
    (Do (VAR.compteur_rang+1 .0) (VAR.compteur_rang))
    (Do (VAR.compteur_rang) (SELF.rang))
    (Execute ("N_PropagPI") (@ATOMID=SELF.rang;))
  )
)
(@SLOT=   element_final.rang
  (@CACTIONS=
    (Do (VAR.compteur_rang+1 .0) (VAR.compteur_rang))
    (Do (VAR.compteur_rang) (SELF.rang))
    (Execute ("N_PropagPI") (@ATOMID=SELF.rang;))
  )
)
(@SLOT=   VAR.etat_identifie
  (@INITVAL= "IDENTIFIE")
)
(@SLOT=   VAR.compteur_rang
  (@INITVAL= 0.0)
)
(@SLOT=   VAR.rang_max
  (@INITVAL= 0.0)
)
(@SLOT=   VAR.som_grandeur_s
  (@INITVAL= 0.0)
)
(@RULE=   R 2
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("SIR"))
    (> (CCR.p_str) (0.0))
  )
  (@HYPO=   CCR.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do (MIN(STR.grandeur_t*CCR.p_str*0.03,10.0))
    (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)
)
(@RULE=   R1
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("CPTR"))
    (> (CCR.p_cpnr) (0.0))
  )
)

```

```

)
(@HYPO= CCR.hyp_grandeur_s)
(@RHS=
  (Do (CPTR.grandeur_t*CCR.p_cptr/100.0)
  (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
)
)
(@RULE= R 3
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("NCP"))
    (> (NCP.r_area) (0.0))
    (> (NCP.t_area) (0.0))
  )
  (@HYPO= CPTR.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do ((NCP.r_area/NCP.t_area)* 10.0) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)
)
(@RULE= R 4
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("NCP"))
    (> (Jobs.r_number) (0.0))
    (> (Jobs.t_number) (0.0))
  )
  (@HYPO= Jobs.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do ((Jobs.r_number/Jobs.t_number)*10.0)
    (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)
)
(@RULE= R5
  (@LHS=
    (Is (REGION.type) ("RURAL"))
    (Is (Jobs.kind) ("DAY-LABOURER"))
  )
  (@HYPO= Jobs.hyp_importance)
  (@RHS=
    (Do (8.0) (Jobs.importance))
  )
)
)
(@RULE= R 6
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("RofB"))
    (> (NCP.r_number) (0.0))
    (> (NCP.t_number) (0.0))
  )
  (@HYPO= NCP.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=

```

```

        (Do ((NCP.r_number/NCP.t_number)* 10.0)
        (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
    )
)

(@RULE= R 7
  (@LHS=
    (Is (<|AESMS|>.victime) ("Jobs"))
    (= (Jobs.r_number) (0.0))
  )
  (@HYPO= NCP.hyp_non_lien)
  (@RHS=
    (Do (<|AESMS|>.victime) (VAR.nom_ESMS))
    (Let (\VAR.nom_ESMS\etat) ("NON_IDENTIFIABLE"))
    (DeleteObject (<|AESMS|>))
  )
)

(@RULE= R11
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("Jobs"))
    (> ((Jobs.grandeur_t* 10.0)-6.0) (0.0))
    (<= ((Jobs.grandeur_t*10.0)- 10.0) (0.0))
  )
  (@HYPO= NU.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do (8.0) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)

(@RULE= R10
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("Jobs"))
    (> ((Jobs.grandeur_t* 1 0.0)- 10.0) (0.0))
  )
  (@HYPO= NU.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do (10.0) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)

(@RULE= R9
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("Jobs"))
    (<= ((Jobs.grandeur_t*10.0)-2.0) (0.0))
  )
  (@HYPO= NU.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do (3.0) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)

```

```

(@RULE= R8
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("Jobs"))
    (> ((Jobs.grandeur_t*10.0)-2.0) (0.0))
    (<= ((Jobs.grandeur_t*10.0)-6.0) (0.0))
  )
  (@HYPO= NU.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do (6.0) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)

(@RULE= R13
  (@LHS=
    (Is (<IAESMS!>.victime) ("UBP"))
    (IsNot (IDENT.timing) ("SHORT-TERM"))
  )
  (@HYPO= NU.hyp_non_lien)
  (@RHS=
    (Do (<IAESMS!>.victime) (VAR.nom_ESMS))
    (Let (\VAR.nom_ESMS\etat) ("NON_IDENTIFIABLE"))
    (DeleteObject (<IAESMS!>))
  )
)

(@RULE= R12
  (@LHS=
    (Is (<IAESMS!>.victime) ("WP"))
    (IsNot (IDENT.timing) ("LONG-TERM"))
  )
  (@HYPO= NU.hyp_non_lien)
  (@RHS=
    (Do (<IAESMS!>.victime) (VAR.nom_ESMS))
    (Let (\VAR.nom_ESMS\etat) ("NON_IDENTIFIABLE"))
    (DeleteObject (<IAESMS!>))
  )
)

(@RULE= R14
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("CCR"))
    (> (CCR.ratio) (0.0))
    (> (PTR.ratio) (0.0))
  )
  (@HYPO= PTR.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do (MIN((CCR.grandeur_t*CCR.ratio)/PTR.ratio,\
10.0)) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)

(@RULE= R15

```

```

    (@LHS=
      (Is (GOUVERN.election) ("SOON"))
    )
    (@HYPO= PTR.hyp_importance)
    (@RHS=
      (Do (9.0) (PTR.importance))
    )
  )
)

(@RULE= R16
  (@LHS=
    (Is (<|AESMS|>.victime) ("NCP"))
    (= (NCP.r_number) (0.0))
  )
  (@HYPO= RofB.hyp_non_lien)
  (@RHS=
    (Do (<|AESMS|>.victime) (VAR.nom_ESMS))
    (Let (\VAR.nom_ESMS\etat) ("NON_IDENTIFIABLE"))
    (DeleteObject (<|AESMS|>))
  )
)

)

(@RULE= R17
  (@LHS=
    (Is (\VAR.nom_ESMS\agresseur) ("NCP"))
    (> (NCP.r_sale) (0.0))
    (> (NCP.t_sale) (0.0))
  )
  (@HYPO= STR.hyp_grandeur_s)
  (@RHS=
    (Do ((NCP.r_sale/NCP.t_sale)* 10.0) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)

)

(@RULE= R18
  (@LHS=
    (Is (<|ESM|>.etat) ("IDENTIFIE"))
    (No (<|ESM|>.traite))
    (Execute ('maximum') (@ATOMID=VAR.rang_max,<|ESM|>.rang;))
    (= (<|ESM|>.rang-VAR.rang_max) (0.0))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_evaluation)
  (@RHS=
    (Execute ("N_Name") (@ATOMID=<|ESM|>,VAR.nom_ESM;))
    (Reset (<|ESM|>.impact_t))
    (Do (<|ESM|>.impact_t) (<|ESM|>.impact_t))
    (Reset (VAR.hyp_impact_s))
    (Do (VAR.hyp_impact_s) (VAR.hyp_impact_s))
    (Let (<|ESM|>.traite) (TRUE))
    (Reset (VAR.rang_max))
    (Reset (VAR.hyp_evaluation))
  )
)

```

```

)
(@RULE= R19
  (@LHS=
    (Equal (<|CLESMT|>.victime) (\VAR.nom_ESMS\agresseur))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_grandeur_s_def)
  (@RHS=
    (Do (<|CLESMT|>.grandeur_t) (\VAR.nom_ESMS\grandeur_s))
  )
)
)
(@RULE= R21
  (@LHS=
    (Equal (<|CLESMS|>.victime) (\VAR.nom_ESM))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_ICC_etat)
  (@RHS=
    (Let (\VAR.nom_ESM\etat) ("IDENTIFIE"))
    (Execute ("N_PropagFS") (@ATOMID=\VAR.nom_ESM\etat;))
    (Execute ("N_NOFilsAD"))
    (@ATOMID=\VAR.nom_ESM\AESMSI.agresseur,\
    |AESMSI.victime,VAR.nom_activite;))
    (Reset (\VAR.nom_ESM\hyp_non_lien))
    (Do (\VAR.nom_ESM\hyp_non_lien)
    (\VAR.nom_ESM\hyp_non_lien))
    (CreateObject (<|AESMS|>) (|CLESMSI|))
    (DeleteObject (<|AESMS|>) (|AESMSI|))
    (Execute ("N_ConcatSU"))
    (@ATOMID=VAR.nom_ESM,VAR.nom_activite,\
    VAR.nom_ESMT;))
    (CreateObject (\VAR.nom_ESMT) (|CLESMT|))
    (Do (VAR.nom_ESM) (\VAR.nom_ESMT\victim))
  )
)
)
(@RULE= R20
  (@LHS=
    (Equal (<|CLESMS|>.victime) (\VAR.nom_ESM))
    (Name (<|CLESMS|>.grandeur_s) (<|CLESMS|>.grandeur_s))
    (Name (<|CLESMS|>.grandeur_s+VAR.som_grandeur_s)
    (\VAR.som_grandeur_s))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_grandeur_t)
  (@RHS=
    (Execute ("maximum"))
    (@ATOMID=VAR.max_grandeur_s,<|CLESMS|>.grandeur_s;\
    ))
    (Do (MIN(((9.0*VAR.max_grandeur_s)+VAR.som_grandeur_s)/10.0,\
    10.0)) (\VAR.nom_ESM\grandeur_t))
    (Execute ("N_LkObjNP"))
    (@ATOMID=VAR.nom_ESMT,<|CLESMS|>))
)

```

```

        (Do (0.0) (VAR.som_grandeur_s))
    )
)
(@RULE= R22
  (@LHS=
    (Equal      (<|CLESMS|>.agresseur) (VAR.nom_ESM))
    (Name       (<|CLESMS|>.impact_s)  (<|CLESMS|>.impact_s))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_impact_s)
)
(@RULE= R23
  (@LHS=
    (No (<|ESM|>.traite))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_initialisation)
  (@RHS=
    (Execute      ("N_ObjNS")      (@ATOMID=|CLRANG|,<|ESM|>:))
    (CreateObject (element_final)  (<|CLRANG|>))
    (Do (0.0) (element_final.rang))
    (DeleteObject (element_final) (<|CLRANG|>))
    (DeleteObject (|CLRANG|) (<|CLRANG|>))
  )
)
)
(@RULE= R24
  (@LHS=
    (Name      (VAR.etat_identifie) (\VAR.nom_activite\etat))
    (No (VAR.hyp_evaluation))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_lancer)
  (@RHS=
    (Let (\VAR.nom_activite\lancer_analyse) (TRUE))
  )
)
)
(@RULE= R25
  (@LHS=
    (Yes (<|Activites|>.presente))
  )
  (@HYPO= VAR.hyp_traitement)
  (@RHS=
    (Do (<|Activites|>.lancer_analyse) (<|Activites|>.lancer_analyse))
  )
)
)
(@GLOBALS=
  @INHVALUP=FALSE;
  @INHVALDOWN=FALSE;
  @INHOBJUP=FALSE;
  @INHOBJDOWN=FALSE;

```

**@INHCLASSUP=FALSE;
@INHCLASSDOWN=TRUE;
@INHBREADTH=TRUE;
@INHPARENT=FALSE;
@PWTRUE=TRUE;
@PWFALSE=TRUE;
@PWNOTKNOWN=TRUE;
@EXHBWRD=TRUE;
@PTGATES=TRUE;
@PFACTIONS=TRUE;
@SOURCESON=TRUE;
@CACTIONSON=TRUE;
@SUGLIST=VAR.hyp_initialisation,VAR.hyp_traitement;**

)