

Chapitre 4

Les modèles de raisonnement d'un SAESE pour l'entraînement

4.1 Introduction

Nous avons consacré une part importante de notre étude au modèle du dispositif. L'importance prise par la compréhension du fonctionnement du dispositif dans la formation des opérateurs s'explique par la complexité des systèmes à appréhender. Pour les instructeurs, il s'agit de « connaissances de base » qui étayent la tâche de l'opérateur. Nous centrons notre étude sur les modèles de raisonnement sur lesquels nous avons plus particulièrement travaillé, ceux qui sous-tendent le module expert, l'explicateur et l'évaluateur.

Pour analyser les modèles de raisonnement d'un SAESE pour l'entraînement¹, nous nous situons dans le cadre de la méthode d'acquisition des connaissances KADS (Wielinga, et al., 1993). KADS est particulièrement intéressante pour sa réutilisation des modèles de raisonnement dont nous cherchons à tirer parti. En effet, la bibliothèque des modèles d'expertise de CommonKADS décrit des composants génériques fournissant des méthodes de résolution pour des classes de problèmes comme le diagnostic, la planification, l'évaluation et la conception (Breuker & Velde, 1994). La réutilisation d'un composant consiste, une fois identifié le « bon » composant, à l'adapter aux besoins d'une application particulière. Les modèles d'expertise, présentent l'avantage de décrire un raisonnement abstrait indépendant du modèle du domaine. Ainsi, l'identification d'une méthode de résolution associée à une classe de problèmes donnée permet d'analyser le problème au bon niveau d'abstraction.

Pour les SAESE, nous exploitons les composants génériques de la bibliothèque de CommonKADS selon deux modes : réutilisation et dérivation. Nous présentons dans la section 4.2 la réutilisation des composants pour le module expert et l'explicateur, et dans la section 4.3, une méthode pour concevoir, par dérivation de modèles, une évaluation du stagiaire. L'évaluateur produit sert d'*amorçe* dans un développement itératif de SAESE.

4.2 Réutilisation de composants génériques

La réutilisation de composants de la bibliothèque CommonKADS est un cadre de travail bien identifié aujourd'hui pour le développement de systèmes à bases de connaissances. Nous ne développerons pas ici ces aspects généraux et nous nous limiterons aux problèmes spécifiques des SAESE.

¹ Nous ne mentionnerons plus le simulateur car nous nous intéressons ici aux autres modules du SAESE.

4.2.1 *Modèle de raisonnement du module expert*

La réutilisation d'un composant de modélisation est d'un grand intérêt pour le module expert. Cependant l'identification du composant sera plus ou moins facile selon le moment où le choix sera effectué. Si elle a lieu suffisamment tôt dans le processus d'acquisition des connaissances, le choix du composant générique dirigera l'acquisition des connaissances du domaine. Il s'agira alors d'identifier les connaissances du domaine qui instancient les rôles des structures d'inférence. L'ordre des opérations, choix d'un composant générique puis acquisition des connaissances du domaine est souvent difficile à respecter. Reynaud et Tort soulignent la difficulté de commencer la modélisation par le choix d'un modèle générique de résolution de problèmes (Reynaud & Tort, 1998). Nous avons rencontré des difficultés analogues dans DIAPASON où l'identification d'un modèle générique pour la conduite des réseaux électriques n'a été possible qu'à l'issue du recueil des cas et de leur résolution particulière (Moinard & Joab, 1994).

Dans notre méthodologie de recueil des connaissances (voir section 3.6), nous avons proposé de procéder au recueil des connaissances de résolution en utilisant un modèle causal du dispositif déduit du modèle de simulation en supposant que la tâche de l'opérateur inclut du diagnostic. Cette proposition est tout à fait compatible avec la réutilisation d'un composant de modélisation, que le choix ait lieu avant ou après la modélisation du domaine. Simplement, si le choix a lieu avant, il est nécessaire de vérifier une contrainte supplémentaire propre au SAESE. Les modèles du dispositif sur lesquels s'appuie le composant générique doivent être des modèles informationnels. A l'inverse, si le choix a lieu après, le modèle causal, déduit du modèle de simulation est un candidat possible s'il constitue un « bon » modèle informationnel. Le modèle du dispositif influera donc sur le choix du composant générique.

Même différé après la spécification des modèles du dispositif, le rapprochement d'un modèle générique et de l'expertise permet d'obtenir une meilleure adéquation du modèle vis-à-vis de la réalité, de tester la validité du choix du modèle en vérifiant ses conditions d'application pour le domaine, et enfin de vérifier la cohérence du modèle d'expertise. Cette démarche présente l'avantage de faire converger la réalité de l'expertise et la rigueur de méthodes de résolution génériques associées à leur cadre de validité.

4.2.2 Modèle de raisonnement de l'explicateur

Rappelons que nous avons limité l'explication à l'interprétation des observables pour une simulation à événements discrets. L'interprétation des observables, construite par l'explicateur, s'appuie principalement sur un modèle causal du dispositif et sur un modèle fondé sur l'interaction des composants. Plusieurs mécanismes de raisonnement cohabitent dans l'explicateur. Le premier concerne, au fur et à mesure de l'émission des observables, d'une part, la sélection et de la discrimination des entités explicatives et d'autre part, le parcours du graphe causal associé à l'entité. Le second mécanisme concerne la construction des explications par synthèse des entités explicatives confirmées au moment de la demande d'explication.

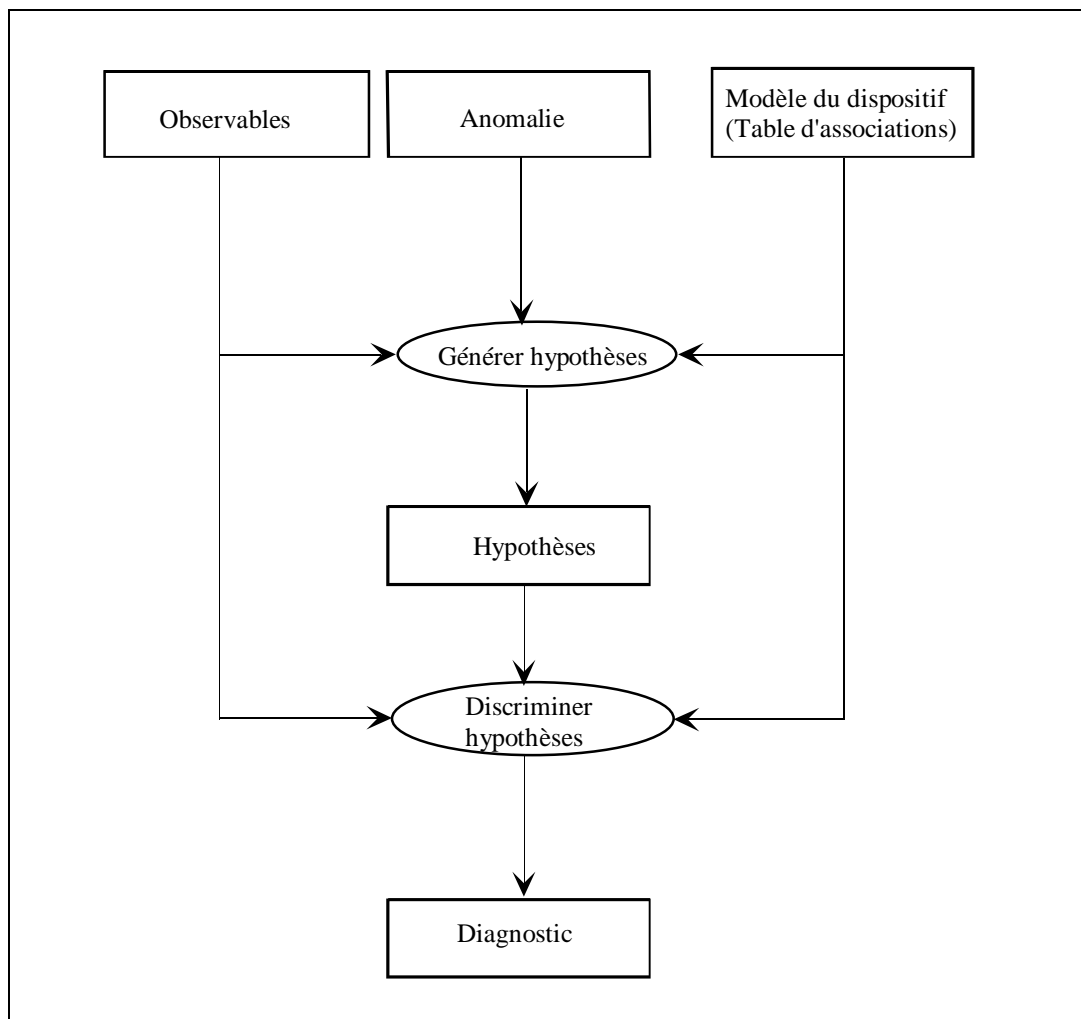


Figure 4.1 : Structure d'inférence « Generate and Test »

Le modèle de raisonnement le plus proche dans la bibliothèque de CommonKADS pour exprimer le premier mécanisme est un modèle de diagnostic « Generate and Test » (voir (Bredeweg, 1994) p. 139) où le modèle du dispositif sous-jacent est fondé sur des associations entre les observables et les situations de défauts simples ou cumulés. Chaque entité explicative est sélectionnée par l'émission d'un observable et correspond à une hypothèse de défaut (simple ou multiple). Les observables suivants permettront de discriminer ces hypothèses. Une entité sera confirmée par l'occurrence d'un groupe donné d'observables.

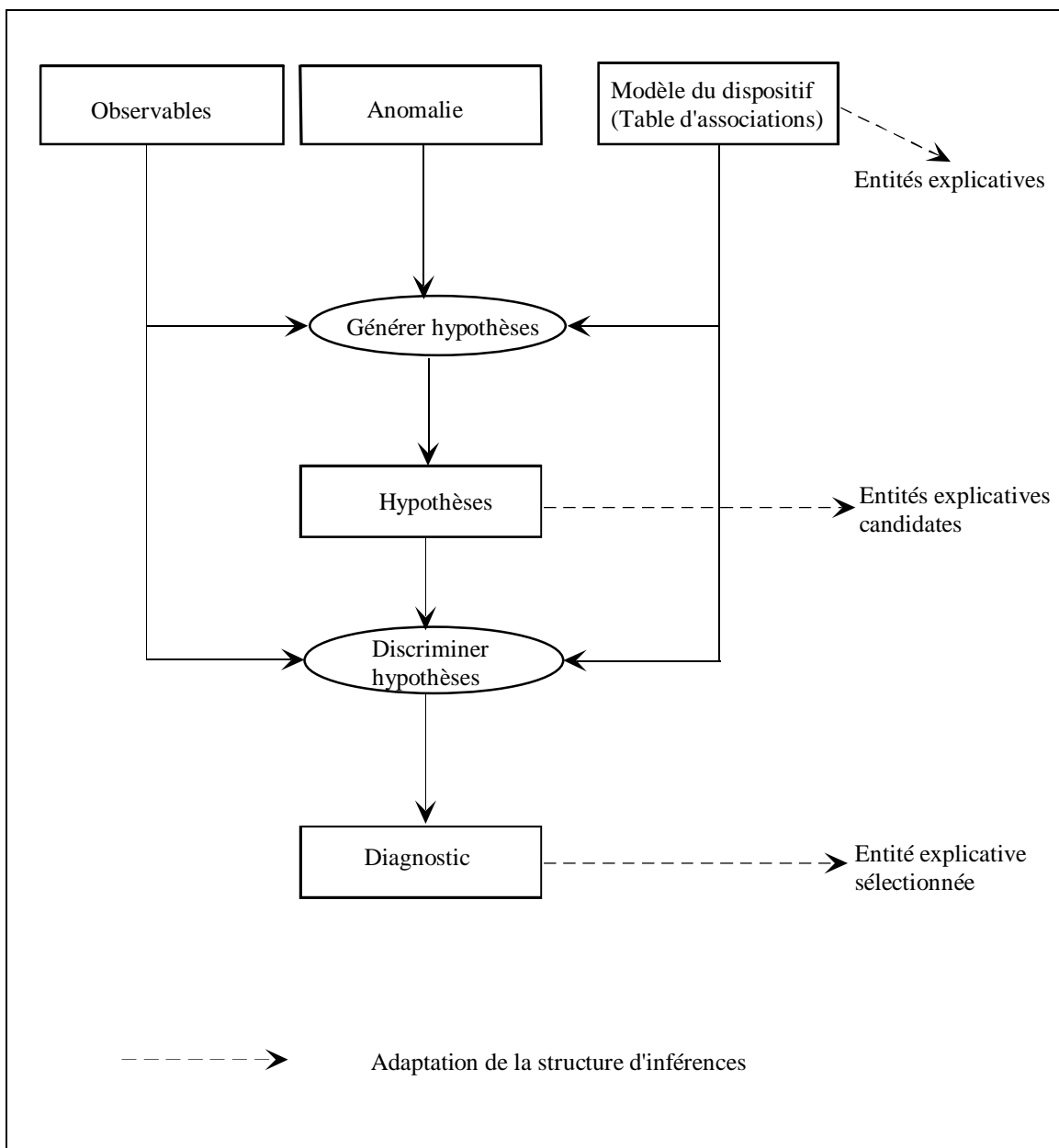


Figure 4.2 : Adaptation de la structure d'inférence pour l'explicateur

Nous obtenons donc une réutilisation de la structure d'inférence « Generate and Test » (figure 4.1). Notons que le rôle « anomalie » est facultatif et peut être assimilé à un observable. Cette structure est représentative de l'interprétation des observables si l'on s'intéresse uniquement à l'aspect statique c'est-à-dire aux connaissances contenues dans les entités explicatives (figure 4.2).

Le premier mécanisme comporte aussi en parallèle le parcours du graphe causal associé à l'entité explicative. la progression dans ce graphe est provoquée par l'émission d'un observable en rapport avec le changement d'état d'une variable interne du dispositif. La structure d'inférence de la figure 4.2 traduit l'essentiel du fonctionnement de l'explicateur. Les autres mécanismes, plus simples, ne seront pas représentés ici. Ce modèle présente l'inconvénient de ne pas capturer la dynamique de la construction de l'interprétation des observables¹ mais présente l'intérêt de montrer la proximité du diagnostic et de l'interprétation des observables.

4.3 Dérivation du modèle d'évaluation

Moinard présente une méthode générale de dérivation du modèle d'évaluation à partir du modèle expert² (Moinard, 1998). En particulier, les structures d'inférence de l'évaluation sont obtenues à partir des structures d'inférence du modèle de référence implantées dans le module expert.

La méthode proposée se décompose en trois étapes : extraction de sous-structures dans le modèle expert, construction de structures d'évaluation et enfin construction de structures d'interprétation. La première étape consiste à déterminer les *rôles*³ cible de l'évaluation. Ces rôles cible représentent les étapes clés de la résolution intéressantes à surveiller pour l'instructeur. Par exemple, une prise de décision ou le choix d'un plan constituent des étapes clés de la résolution.

En prenant l'un de ces rôles cible comme destination, on recherche une sous-structure extraite qui aboutit à ce rôle cible et dont les rôles initiaux sont des rôles en entrée de la structure globale ou eux-mêmes des rôles cible. Ainsi la sous-structure extraite a pour rôles initiaux des données observables ou des éléments qui seront eux même candidats à

¹ Le lecteur trouvera en annexe de ce document un article sur le sujet (Auzende & Joab, 1996).

² Nous noterons modèle expert, le modèle des connaissances de raisonnement qui entrent en jeu dans la construction du module expert du SAESE.

³ On utilisera ici le terme *rôle* qui, dans KADS, désigne une entrée ou une sortie d'un opérateur. Un rôle désigne une abstraction des données du domaine, mises en œuvre par les opérateurs qui sont eux aussi abstraits.

l'évaluation. Le grain de l'évaluation est directement en relation avec la taille des sous-structures considérée.

La deuxième étape consiste à construire une structure élémentaire d'évaluation à partir d'une sous-structure (figure 4.3). Il s'agit de comparer le rôle cible du modèle expert et le rôle homologue de la résolution du stagiaire. Le rôle homologue devra être identifié à partir des données effectives (initiales ou calculées) sur le stagiaire. Le résultat de la comparaison est désigné par *la différence*.

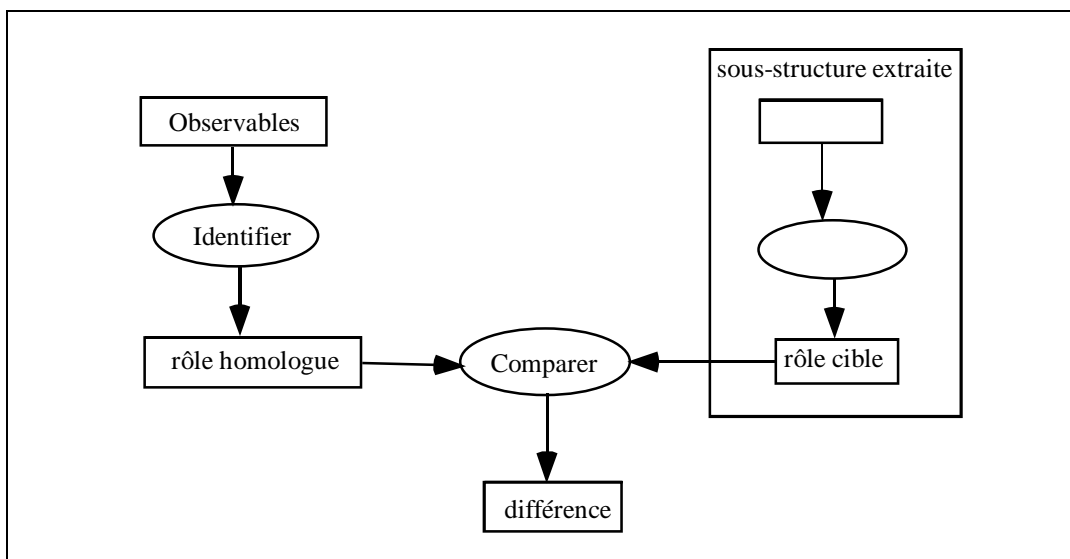


Figure 4.3 Structure d'évaluation extraite de Moinard 98.

La troisième étape cherche à produire une structure d'interprétation des différences entre la résolution du stagiaire et la résolution de référence. La figure 4.4 montre comment une telle structure d'interprétation peut être construite à partir de la sous-structure extraite du modèle expert. L'interprétation est fondée sur la recherche des connaissances qui ont motivé dans le modèle expert la production du rôle cible.

Les structures d'évaluation ou d'interprétation ainsi produites sont des structures candidates pour le modèle d'évaluation. Elles doivent encore être examinées sous l'angle de la faisabilité effective. Par exemple, dans DIAPASON où cette méthode a été utilisée, la structure d'évaluation du diagnostic a été abandonnée car les actions du stagiaire ne permettent d'inférer son diagnostic du défaut. En revanche, la zone de travail est inférable à partir de ses actions et peut donc être comparée à celle du modèle de référence.

Il est essentiel de noter que l'expertise de l'instructeur intervient dans la spécification des rôles cible c'est-à-dire dans la mise en évidence de données intermédiaires sur le stagiaire qui

présentent un intérêt pour l'évaluation. En revanche, le modèle d'évaluation dérivé du modèle expert ne peut prétendre au titre de modèle d'expertise de l'instructeur pour l'évaluation.

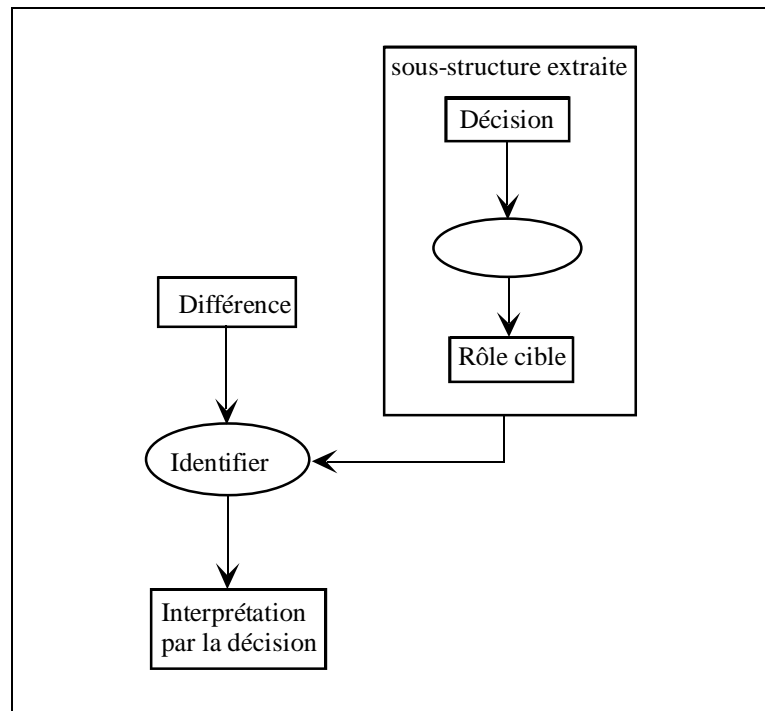


Figure 4.4 : Structure d'interprétation

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre 1, cette expertise pédagogique est peu disponible car les instructeurs ne sont pas toujours en mesure de la verbaliser. Ils sont susceptibles de fournir des points de repère dans la trace de la résolution du stagiaire, des erreurs caractéristiques mais ils ne fournissent que peu d'éléments sur leurs stratégies d'évaluation du stagiaire.

En l'absence de ce modèle, il est utile de disposer de modèles partiels, construits à partir du modèle expert, et qui sont opérationnalisables. Un évaluateur, qui implante ce modèle d'évaluation, peut alors servir de système *amorçage* dans un développement itératif d'un SAESE.

4.4 Conclusion

Les méthodes d'ingénierie de la connaissance que nous avons évoquées dans ce chapitre ne sont pas toutes d'égale portée. La réutilisation de modèles génériques de raisonnement pour obtenir un modèle de résolution de référence n'est pas spécifique de la classe d'applications des SAESE. C'est une démarche générale applicable à la conception des systèmes à base de connaissances. Lorsque le SAESE porte sur un dispositif discret dont le fonctionnement est prédictible, le modèle des connaissances du dispositif dédié à l'interprétation des observables

peut être déduit du modèle de simulation. Le modèle de raisonnement correspondant (section 4.2.2), qui s'appuie sur ce modèle du dispositif, est alors valide. Le modèle de raisonnement pour l'interprétation des observables est spécifique des SAESE où le stagiaire agit sur un dispositif discret dont le fonctionnement est prédictible.

La méthode de dérivation d'un modèle d'évaluation à partir d'un modèle de résolution de référence n'est pas propre à la classe des SAESE. Cette méthode peut être plus généralement appliquée dans un EIAO où l'apprenant est placé dans une situation de résolution de problèmes. Sa limite n'est pas d'ordre technologique. Nous avons adopté cette approche dans le cadre d'une activité professionnelle normée avec un public cible relativement homogène. Elle est alors bien adaptée parce qu'une évaluation différentielle par rapport à une résolution de référence est pertinente. Elle ne saurait être appliquée si les écarts sont importants entre le comportement de résolution des apprenants et le comportement de référence, en particulier si le stagiaire a un comportement erratique. Dans le cadre de la formation professionnelle, elle fournit un système *amorce* satisfaisant, car elle produit des commentaires de la résolution du stagiaire, proches de l'expérience *métier* des instructeurs. A partir de la validation expérimentale des résultats de ce système amorce, nous espérons approfondir l'évaluation du stagiaire pour améliorer la qualité de l'interprétation des erreurs pour pouvoir développer un véritable modèle de l'apprenant.