

# ***Vers une méthode pour la maîtrise de la sécurité des barrages basée sur le diagnostic multi modèles de systèmes dynamiques***

E. Masse<sup>\*,\*\*</sup>— C. Curt<sup>\*</sup>— M. Le Goc

<sup>\*</sup> Cemagref— Unité Ouvrages  
Hydrauliques et Hydrologie – 3275  
Route de Cézanne CS 40061 – 13182 Aix  
en Provence Cedex 5 – France  
{emilie.masse,  
corinne.curt}@cemagref.fr

<sup>\*\*</sup> LSIS – UMR CNRS 6168 – Université  
Paul Cézanne Aix-Marseille III –  
Avenue Normandie Niemen – 13397  
Marseille Cedex 20 – France  
{emilie.masse, marc.legoc}@lsis.org

Les barrages hydrauliques, intéressant la sécurité publique, peuvent représenter un enjeu économique et humain dramatique en cas de rupture. La catastrophe du barrage de Malpasset à Fréjus en 1956, avec 423 morts et disparus, est encore ancrée dans les mémoires. La sécurité de ces ouvrages est donc un point essentiel. Il consiste à détecter et à maîtriser les mécanismes de dégradations pouvant entraîner la rupture de l'ouvrage si aucun confortement n'est entrepris. Ces mécanismes influencent donc la sécurité des barrages. Ces dégradations sont provoquées par un ensemble de processus dynamiques plus ou moins dépendants tels que le colmatage, l'érosion interne, le glissement... aux origines diverses et souvent multiples. La sécurité est actuellement évaluée au travers d'inspections menées sur les ouvrages. Des experts réalisent des diagnostics approfondis d'ouvrages, des revues décennales de sécurité, des interventions d'urgence sur des barrages connaissant des incidents graves... Le but de ces expertises est de maintenir les barrages en état et d'éviter les mécanismes de dégradation voire de rupture de barrages. A l'heure actuelle, la cinétique des phénomènes affectant les barrages ainsi que leurs conséquences sur la sécurité, ne sont pas encore bien connus. Ainsi la maîtrise de la sécurité des barrages reste un sujet d'actualité qui amène la communauté du génie civil à chercher des méthodes permettant de rationaliser et d'assister l'évaluation et la maîtrise de la sécurité de ces structures afin d'aider les exploitants, les bureaux d'études et les experts à mieux contrôler le comportement des ouvrages hydrauliques.

L'intérêt porté à l'optimisation et la maîtrise de processus industriels n'est pas récent et s'accroît à la demande de la population. Depuis une vingtaine d'années, la communauté de l'Intelligence Artificielle y porte un intérêt majeur et se penche plus particulièrement sur la conception de systèmes d'aide à la conduite de processus dynamiques. Il s'agit de systèmes à base de connaissances effectuant la surveillance, le diagnostic et le contrôle de processus dynamiques.

Pour répondre aux besoins de la maîtrise de la sécurité des barrages, nous proposons d'utiliser des techniques de l'intelligence artificielle. Nous désirons étudier le vieillissement d'un ouvrage hydraulique comme le diagnostic de l'état courant du barrage, permettant de prendre des décisions sur les actions à réaliser (réparation, confortement, vidange d'urgence...) et le pas de temps adéquat pour les réaliser. Ce travail s'inscrit donc dans le cadre de la conception de systèmes de diagnostic à base de connaissances afin d'aider la conduite des processus dynamiques tel que Sachem pour la conduite de hauts fourneaux [3]. Notre méthodologie consiste à combiner la modélisation des processus cognitifs des experts selon la méthodologie CommonKads [1] à une approche multi modèles pour le diagnostic de systèmes dynamiques [2], [6], [8].

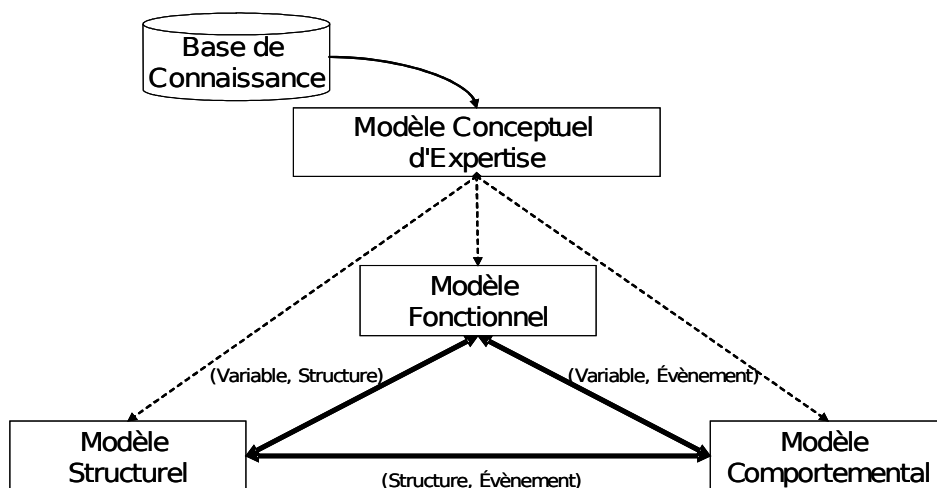
Les connaissances présentes dans le corpus de connaissance sont tout d'abord analysées selon la méthodologie CommonKADS afin d'une part, de décortiquer les connaissances et le raisonnement des experts et d'autre part, d'identifier les composants, les variables, les données temporelles... Le modèle conceptuel qui nous sert de grille de lecture est assimilable à celui utilisé pour le système Sachem conçu pour modéliser et diagnostiquer des systèmes dynamiques [4]. Cette grille de lecture permet d'identifier les termes employés sous la forme de « composants », « mesures datées », « interprétations des signaux » et « phénomènes ». De plus, cette analyse a mis en valeur deux types de règles ; les unes pour l'interprétation des signaux issus de capteurs et les

autres pour la détection des phénomènes en fonction de l'interprétation des signaux.

Une modélisation est ensuite établie par une approche multi modèles à partir des connaissances expertes recueillies et décortiquées. Trois modèles sont définis [7] :

- le modèle structurel (qui décrit la structure du processus à partir des composants et de leurs interconnexions représentant les relations entre ces structures);
- le modèle fonctionnel (qui lie n variables d'entrée à une variable de sortie par une relation appelée fonction. Chaque fonction représente une table de valeur entre les valeurs d'entrée et la valeur de sortie);
- le modèle comportemental (qui se définit par des occurrences d'évènements c'est-à-dire un triplet (Variable, Valeur, date) et des états. Un évènement correspond au changement de valeur d'un attribut du domaine. Chaque occurrence d'évènement traduit un changement d'état du système. Le modèle comportemental se présente ainsi comme un graphe des transitions d'état du processus : les transitions sont exprimées en termes de combinaisons logiques et temporelles d'occurrences d'évènement).

L'utilisation d'une approche multi modèles devrait faire ressortir un processus de modélisation respectant les principes de cohérence entre les modèles et représentant le modèle conceptuel d'expertise c'est à dire le raisonnement de l'expert. Les connaissances expertes pourront alors être systématiquement projetées dans un espace à trois dimensions à l'aide du modèle conceptuel d'expertise issu de la méthodologie CommonKADS (cf. Figure 1).



**Figure 1 : Les connaissances expertes dans une approche multi-modèles de la connaissance.**

La méthode et l'outil que nous développons, ont pour objectifs de diagnostiquer l'état d'un barrage et de prédire ses évolutions. La mise en évidence d'un évènement significatif sur un signal permet d'alerter l'exploitant du barrage sur d'éventuels problèmes. Le modèle fonctionnel donne une idée de la propagation des dégradations apparues et potentielles. Le modèle structurel permet alors la localisation des composants touchés. Le modèle comportemental donne une idée du laps de temps restant avant le déclenchement d'un nouvel état. Cela permettra aux exploitants de prévoir des travaux avant la propagation des problèmes, de réduire les coûts de réparation et d'anticiper des situations critiques.

D'ores et déjà, nous avons montré pour le cas du barrage des sapins (Cublize, 69) que la modélisation de l'ensemble de la connaissance sur les trois modèles (structurel, fonctionnel et comportemental) est possible [5]. Les trois modèles obtenus pour cette application sont uniquement relatifs au scénario fourni par la base de connaissance. Nos recherches actuelles visent à les rendre

génériques dans un premier temps à l'ensemble des barrages en remblai homogène puis à tout type de barrages.

- [1] Breuker J., W. van de Velde, editors. CommonKADS Library for Expertise Modeling. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 1994.
- [2] Chittaro, L., Guida, G., Tasso, C., and Toppano, E., 1993. Functional and teleological knowledge in the multimodeling approach for reasoning about physical systems: a case study in diagnosis. IEEE transactions on systems.
- [3] Le Goc M., Frydman C., Torres L., Publication, Verification and validation of the SACHEM conceptual model, ©2002 Academic Press
- [4] Le Goc M., « SACHEM, a real time intelligent diagnosis system based on the discrete event paradigm, » Simulation, Vol. 80, Issue 11, November 2004, pp. 591-617, ©2004 The society for Modeling and Simulation International.
- [5] Masse, E., Curt, C., et Le Goc, M., 2007. « Développement d'une méthode pour la maîtrise de la sécurité des barrages. » 25<sup>ième</sup> Rencontres Universitaires de Génie Civil, Bordeaux, France, 23-25 mai.
- [6] Thetiot R., Doctorat en Sciences, « Utilisation de l'approche multi-modèles pour l'aide au diagnostic d'installations industrielles », Université d'Evry Val d' Essonne, 1999.
- [7] Zanni C., Le Goc M., Frydman C., Publication, « A conceptual framework for the analysis, Classification and choice of knowledge-based diagnosis systems », International Journal of Knowledge-Based & Intelligent Engineering Systems (KES Journal), IOS Press Eds., 41 p., 2005.
- [8] Zouaoui F., Doctorat en Sciences, « Aide à l'interprétation du fonctionnement des systèmes physiques en utilisant une approche multi-modèles. Application au circuit primaire d'une centrale à eau pressurisée », Université de Paris XI – Orsay, Décembre 1998.