

Modélisation des critères de déclenchement des règles dans un système expert — Application à l’aide à la décision en anesthésie

Adrien UGON

28 Septembre 2025

Laboratoire Laboratoire de Biomécanique Appliquée (LBA)

Projet AI-Care (**A**dvanced **I**ntelligence for **C**linical **A**nesthesia and **R**isk **E**valuation)

Tuteur Adrien UGON (bureau 6451)

Filières visées :

- e-santé ;
- Datascience et intelligence artificielle ;
- Artificial Intelligence and Cybersecurity ;
- Informatique.

1 Contexte du projet

1.1 Contexte informatique

L’**intelligence artificielle symbolique** utilise la **connaissance** de manière **formelle** dans des **outils décisionnels**. L’IA symbolique se questionne tout d’abord sur la **modélisation des concepts du domaine** puis sur la **modélisation du raisonnement**.

Les **ontologies** constituent les **modèles de connaissance** les plus complexes ; elles constituent une *description formelle d’une conceptualisation partagée et consensuelle d’un domaine*. Elles comprennent les **concepts** et leurs **relations** de manière structurée et organisée.

Elles permettent de construire des **graphes de connaissance** (cf figure 1).

Un **système expert** est un programme informatique qui reproduit le raisonnement d’un spécialiste humain dans un domaine précis. Les systèmes experts constituent des **modèles de raisonnement**. Ils sont composés d’une **base**

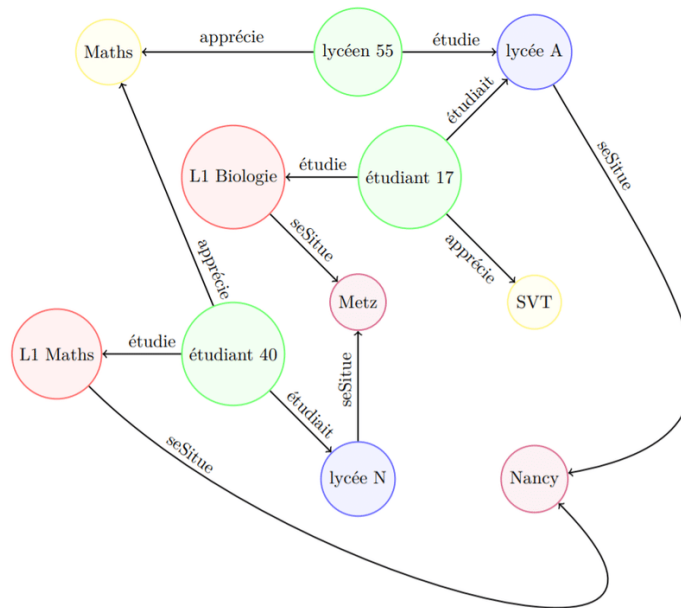


Figure 1: Exemple de graphe de connaissance

de faits (ou **base d'observation**), d'une **base de règles** et d'un **moteur d'inférence** (cf figure 2). Les faits et les règles se définissent par expression de logique formelle (souvent **logique de description**) dont les opérandes sont les **concepts** ou les **individus** du modèle de connaissance. Le **moteur d'inférence** constitue le mécanisme de déduction. En **chaînage avant**, il confronte les faits aux **prémises** des règles ; lorsqu'elles sont évaluées à **Vrai**, les conclusions sont ajoutées à la base de faits. Les systèmes experts permettent de modéliser le **raisonnement humain**. Ils produisent des décisions totalement **explicables**, et autorisent les **systèmes multidécisionnels**.

Les systèmes experts sont utilisés en médecine; ils permettent de formaliser et d'automatiser l'expertise humaine pour proposer des diagnostics ou recommandations thérapeutiques.

Ils peuvent aussi modéliser l'évolution de l'**état physiologique d'un patient** au travers du temps; les règles peuvent symboliser les modifications de l'état d'un patient, ainsi que sa prise en charge médicale. Il existe plusieurs critères de changement d'état : le diagnostic d'une maladie, un traitement médical, le temps, un événement, ...

Pour modéliser l'évolution de l'état physiologique d'un patient et sa prise en charge, un framework a été proposé [13]. Ils est composé de cinq niveaux d'abstraction; Les règles (règles algébriques ou règles logiques) permettent de combiner les éléments d'un niveau pour générer des éléments d'un niveau d'ab-

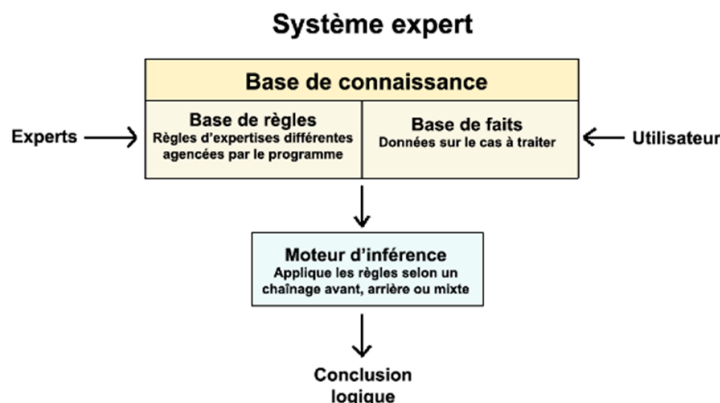


Figure 2: Principe d'un système expert

straction supérieur. Par exemple, la taille et le poids sont des données physiologiques qui peuvent être combinées pour calculer l'Indice de Masse Corporelle (IMC). Des règles logiques permettent ensuite de calculer une caractéristique du patient, et permettent de savoir s'il est en surpoids ou en obésité.

1.2 Contexte médical

La consultation d'anesthésie est une étape obligatoire et déterminante dans le parcours chirurgical, visant à évaluer l'état de santé global du patient, à anticiper les risques liés à l'anesthésie et à définir une stratégie personnalisée de prise en charge. Aujourd'hui, cette consultation repose sur l'analyse manuelle de données complexes, variées et dispersées, souvent consignées sous forme de texte libre dans les dossiers médicaux électroniques. La variabilité des pratiques, la lourdeur de la charge cognitive et la croissance exponentielle des informations disponibles exposent les praticiens à des risques d'erreur, d'omission ou de traitement incomplet de l'information. Ce contexte rend nécessaire le développement d'un outil d'aide à la décision qui puisse structurer et interpréter automatiquement ces données pour soutenir la qualité et la sécurité des soins.

Les différentes sociétés d'anesthésie publient régulièrement des guides de bonne pratique cliniques et des recommandations médicales indiquant les règles à suivre par les médecins anesthésistes pour la prise en charge d'un patient lors d'une intervention chirurgicale [4, 8, 5, 6] dans le but d'améliorer sa sécurité [3, 12, 10]

D'autres équipes de recherche se sont intéressées à l'utilisation de l'intelligence artificielle en anesthésie [7, 1, 2, 11, 9]. Il conviendra de s'en inspirer et de s'y comparer.

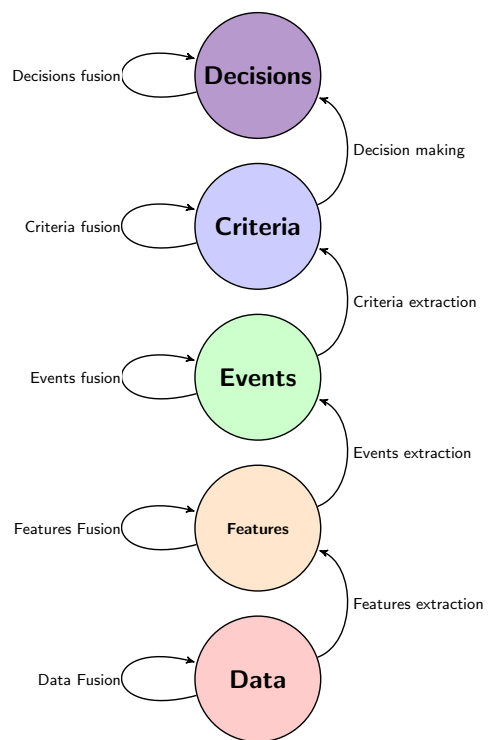


Figure 3: Cadre à cinq couches d'abstraction pour la modélisation du raisonnement médical

2 Présentation générale du sujet

Le projet **AI-Care** se propose de concevoir un système expert qui formalise les guides de bonnes pratiques cliniques publiés par la Société Française d’Anesthésie-Réanimation (SFAR) [4]. Ces bonnes pratiques sont utilisées par les médecins anesthésistes pour réduire le risque lié à l’anesthésie lors d’une intervention chirurgicale en fonction de la situation clinique du patient.

Ces décisions peuvent être déclenchées pour des raisons différentes. Par exemple, en pré-opératoire, l’anesthésiste choisira une stratégie de ventilation ou d’intubation en fonction des données physiologiques présentes dans le dossier médical du patient. Dans ce cas, la décision s’appuie sur des **données** issues du dossier médical.

Parfois, il est nécessaire d’interrompre un traitement médicamenteux avant une intervention chirurgicale. Une fois le traitement interrompu, il faut attendre un certain temps pour qu’il ne fasse plus effet. Cette durée dépend de paramètres pharmacocinétiques. Dans ce cas, c’est le **temps** qui entraîne un changement d’état du patient.

En per-opératoire, pendant l’intervention chirurgicale, des événements indésirables peuvent survenir qui vont déclencher un changement de prise en charge par l’anesthésiste. Par exemple, une chute de tension artérielle du patient peut nécessiter son réveil. Ici, la décision repose sur un **événement**.

Ce tremplin recherche souhaite modéliser ces critères différents de déclenchement des règles, à la fois dans le modèle de connaissance, mais aussi du point de vue du moteur d’inférence.

3 Objectif du projet

Ce tremplin recherche propose de **modéliser les critères de déclenchement des règles** d’un **système expert** dans le domaine de l’application de l’anesthésie.

Le premier objectif est de **concevoir un cadre formel de modélisation des critères de déclenchement des règles** utilisées dans un système expert qui modélise l’évolution d’une situation, ses changements d’état. Dans le domaine médical, on considérera l’**évolution de l’état clinique d’un patient**.

Le deuxième objectif est de tester ce cadre sur un système expert qui modélise le raisonnement dans le domaine de l’**anesthésie**.

Dans un premier temps, il s’agira d’identifier les différentes raisons qui entraînent un changement de l’état d’un patient : un diagnostic médical, un résultat d’examen, une mesure physiologique ou biologique, un événement, ou même le temps qui passe. Ainsi, on pourra modéliser les changements d’état du

patient avant, pendant et après l'intervention chirurgicale; on pourra modéliser les décisions à prendre; et ainsi, on pourra améliorer la pratique médicale et la sécurité du patient.

Ces raisons seront intégrées sous la forme de critères au modèle de connaissance sur lequel repose le système expert. On étudiera si elles peuvent également être ajoutées aux prémisses des règles, ou s'il faut modéliser ces conditions autrement.

Dans un second temps, on appliquera ce modèle au domaine de l'anesthésie qui alimentent le système expert du projet AI-Care. L'ensemble sera testé sur des situations cliniques simulées et évaluées par des médecins anesthésistes du projet AI-Care.

References

- [1] Valentina Bellini, Emanuele Rafano Carnà, Michele Russo, Fabiola Di Vincenzo, Matteo Berghenti, Marco Baciarello, and Elena Bignami. Artificial intelligence and anesthesia: a narrative review. *Annals of translational medicine*, 10:528, May 2022.
- [2] Valentina Bellini, Marina Valente, Antonio V. Gaddi, Paolo Pelosi, and Elena Bignami. Artificial intelligence and telemedicine in anesthesia: potential and problems. *Minerva anesthesiologica*, 88:729–734, September 2022.
- [3] L. J. Corbeel, I. L. Corbeel, and M. Hortmann. Data protection and security within tanit. *Studies in health technology and informatics*, 27:162–167, 1996.
- [4] SFAR (Société Française d'Anesthésie Réanimation). Recommandations médicales de la société française d'anesthésie-réanimation. <https://sfar.org/recommandations/>.
- [5] Gregory Dobson. Special announcement: Guidelines to the practice of anesthesia – revised edition 2018. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*, 65(1):1–6, November 2017.
- [6] S. E. Gisvold, J. Ræder, T. Jyssum, L. Andersen, C. Arnesen, L. Kvale, and J. Mellin Olsen. Guidelines for the practice of anesthesia in norway. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 46(8):942–946, August 2002.
- [7] Daniel A. Hashimoto, Elan Witkowski, Lei Gao, Ozanan Meireles, and Guy Rosman. Artificial intelligence in anesthesiology: Current techniques, clinical applications, and limitations. *Anesthesiology*, 132:379–394, February 2020.

- [8] Donald R. Miller. 2010 guidelines and international standards to the practice of anesthesia. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*, 57(11):957–960, September 2010.
- [9] Emmanuel Pardo, Elena Le Cam, and Franck Verdonk. Artificial intelligence and nonoperating room anesthesia. *Current Opinion in Anaesthesiology*, 37(4):413–420, May 2024.
- [10] Rolf Rossaint, Arash Afshari, Bertil Bouillon, Vladimir Cerny, Diana Cimpoesu, Nicola Curry, Jacques Duranteau, Daniela Filipescu, Oliver Grottko, Lars Grønlykke, Anatole Harrois, Beverley J. Hunt, Alexander Kaserer, Radko Komadina, Mikkel Herold Madsen, Marc Maegele, Lidia Mora, Louis Riddez, Carolina S. Romero, Charles-Marc Samama, Jean-Louis Vincent, Sebastian Wiberg, and Donat R. Spahn. The european guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Critical Care*, 27(1), March 2023.
- [11] Amol Singam. Revolutionizing patient care: A comprehensive review of artificial intelligence applications in anesthesia. *Cureus*, December 2023.
- [12] Tomonori Takazawa, Ken Yamaura, Tetsuya Hara, Tomoko Yoroze, Hiromasa Mitsuata, and Hiroshi Morimatsu. Practical guidelines for the response to perioperative anaphylaxis. *Journal of Anesthesia*, 35(6):778–793, October 2021.
- [13] Adrien Ugon, Amina Kotti, Brigitte Séroussi, Karima Sedki, Jacques Bouaud, Jean-Gabriel Ganascia, Patrick Garda, Carole Philippe, and Andrea Pinna. Knowledge-based decision system for automatic sleep staging using symbolic fusion in a turing machine-like decision process formalizing the sleep medicine guidelines. *Expert Systems with Applications*, 114:414–427, December 2018.