

# L'argumentation abstraite et la probabilité imprécise pour l'ingénierie forensique

TAILLANDIER Franck<sup>1</sup>, BAUDRIT Cédric<sup>2</sup>, CARVAJAL Claudio<sup>1</sup>, BEULLAC Bruno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRAE, Aix Marseille Univ, RECOVER, France

<sup>2</sup>INRAE, Université de Bordeaux-I2M, USC 1368, F-33400 Talence, France

**RESUME** Les ouvrages de génie civil sont régulièrement confrontés à des défaillances qui peuvent avoir des conséquences catastrophiques. Il est important de pouvoir identifier l'origine et la séquence des facteurs qui ont mené à la défaillance. Cette analyse des défaillances par des experts, appelée ingénierie forensique, conduit généralement à la rédaction d'un rapport d'expertise. Cet article propose une nouvelle approche méthodologique pour formaliser les avis des experts en ingénierie forensique. Elle consiste à combiner l'argumentation abstraite avec la théorie des probabilités imprécises pour prendre en compte les incertitudes épistémiques et stochastiques comme support à l'ingénierie forensique. Un modèle et un outil sont présentés dans cet objectif.

**Mots-clés** ingénierie forensique, argumentation abstraite, probabilité imprécise

## I. INTRODUCTION

Les ouvrages de génie civil sont régulièrement confrontés à des défaillances. Ces défaillances peuvent avoir des conséquences mineures ou majeures, par exemple en cas d'effondrement de l'ouvrage. Il est important après une défaillance de pouvoir identifier les origines et l'enchaînement des facteurs qui ont mené à cette défaillance ; cette analyse post-défaillance est appelée ingénierie forensique. Cette analyse résulte généralement en des rapports qui, au mieux, pour les cas les plus graves, induisent des évolutions de la réglementation et nourrissent l'état de l'art. Mais l'absence d'une réelle formalisation des connaissances par les enquêtes post-défaillance rend difficile l'échange, l'exploitation et le croisement des connaissances (Breyse, 2012). Les rapports sont généralement très techniques et ne témoignent souvent que du résultat des échanges entre les experts sans forcément faire apparaître le processus de construction de la théorie avancée. Or, comprendre le déroulement de l'expertise peut permettre à un plus large public de comprendre les différentes pistes évoquées et les raisons pour lesquelles certaines sont abandonnées.

Nous proposons d'utiliser une approche émergente pour formaliser la construction du processus de réflexion des experts : l'argumentation abstraite qui a connu des cas d'application dans le domaine juridique (Flouris and Bikakis, 2019), mais n'a jamais été encore utilisée en ingénierie forensique. Nous présenterons dans la partie suivante la démarche argumentative et la façon dont nous avons traité les incertitudes dans ce cadre formel, puis nous justifierons son utilisation.

## II. METHODE

Formalisé par Dung (1995), le système d'argumentation abstrait est un graphe orienté composé d'un ensemble d'arguments abstraits et d'une relation binaire représentant des attaques entre arguments. Un système d'argumentation est un couple  $AF = \langle A, R \rangle$  où  $A$  est un ensemble fini d'arguments et  $R$  la relation binaire sur  $A$  telle que pour un argument  $a_1$  attaquant un argument  $a_2$ , on a  $(a_1, a_2) \in R$ . Dung pose différentes définitions et règles (sémantiques) permettant de réaliser des déductions (aussi appelées inférences) sur les graphes d'arguments. Ces inférences permettent d'apporter différentes connaissances supplémentaires (arguments compatibles, acceptables...) au travers de calculs d'extensions (i.e. ensemble d'arguments rationnellement acceptables construit selon des règles préétablies). Le détail de ces définitions et règles peut être trouvé dans (Dung, 1995).

Mais le système de Dung présuppose que tous les arguments se valent ; on ne peut donner ni force intrinsèque, ni incertitude sur les arguments et les attaques. Nous proposons de combiner l'argumentation abstraite (Dung, 1995) avec les probabilités imprécises (Walley 1991), nous amenant à construire un nouveau système d'argumentation appelé IPAS (Imprecise Probability Argumentation System). Dans cette approche, un « credal set » (Levi, 1983) associé à un argument  $A$ , noté  $K(A)$ , représente l'incertitude sur l'argument  $A$ . On définit une probabilité basse  $\underline{P}$  et une probabilité haute  $\bar{P}$  telles que associée à  $K(A)$  :

$$\underline{P}(A) = \min\{p(A), p(A) \in K(A)\}, \bar{P}(A) = \max\{p(A), p(A) \in K(A)\} \quad (Eq. 1)$$

où  $p(A)$  représente la probabilité suggérée par un expert par rapport à l'argument  $A$ .

La probabilité  $\underline{P}(A)$  mesure la certitude en faveur de l'argument  $A$  dans le graphe et  $\bar{P}(A)$  mesure le manque de certitude de l'absence de l'argument  $A$  dans le graphe. Comme nous interprétons l'incertitude associée à chaque argument comme une incertitude sur la structure du graphe d'arguments, nous allons ainsi manipuler une distribution de probabilité sur l'ensemble des sous-graphes issus du graphe d'argumentation original. En utilisant, la totalité des sous-graphes, nous allons pouvoir explorer la notion de probabilités basse et haute des extensions.

On utilisera dans cet article, « l'extension fondée », telle que définie par Dung (1995), laquelle correspond intuitivement au plus petit ensemble d'arguments s'immunisant lui-même contre toute attaque, comme celle définissant l'acceptabilité : un argument est défini comme acceptable si, et seulement si, il appartient à l'extension fondée. Le modèle de Dung est abstrait et dénué de sémantique. Pour que le système d'argumentation soit interprétable par les experts, nous utiliserons le modèle AIPA (Taillandier et al. 2017). AIPA (Argumentation Interface for Participative Approach) est un modèle permettant de donner une sémantique simple et facilement manipulable aux arguments et attaques. AIPA formalise les arguments à partir de 3 types d'arguments : Conclusion, StatementFor et StatementAgainst. Le concept « Conclusion » est l'objectif final d'un sujet de discussion. Les notions de StatementFor et StatementAgainst regroupent respectivement le principe de « pour » et « contre ». Il s'agit d'exprimer un argument appuyant ou rejetant un autre argument. AIPA permet de traduire le graphe d'arguments vers IPAS pour bénéficier des mécanismes d'inférences proposés précédemment.

### III. UTILISATION ET DISCUSSION

Le modèle est conçu pour être utilisé dans le cadre d'un travail d'expertise post-défaillance d'un ouvrage. On suppose que ce travail d'expertise rassemble un ou plusieurs experts qui vont, à partir des éléments à disposition, formuler des hypothèses permettant d'expliquer la défaillance. Les hypothèses formulées prendront dans AIPA la forme de Conclusion. Tous les éléments qui vont venir appuyer ou s'opposer à ces hypothèses seront formalisés sous forme de statements. Les statements peuvent être des éléments factuels, des résultats d'essai, des observations... ces éléments vont être potentiellement entachés d'incertitudes (par exemple un témoignage). Pour traduire cela, on associera aux statements un niveau de confiance. Bien évidemment, certains de ces arguments (notamment factuels) peuvent être certains. On n'affectera pas d'incertitudes sur les conclusions, mais un degré de certitude sera calculé par le modèle. La figure 1 illustre le processus IPAS-AIPA.

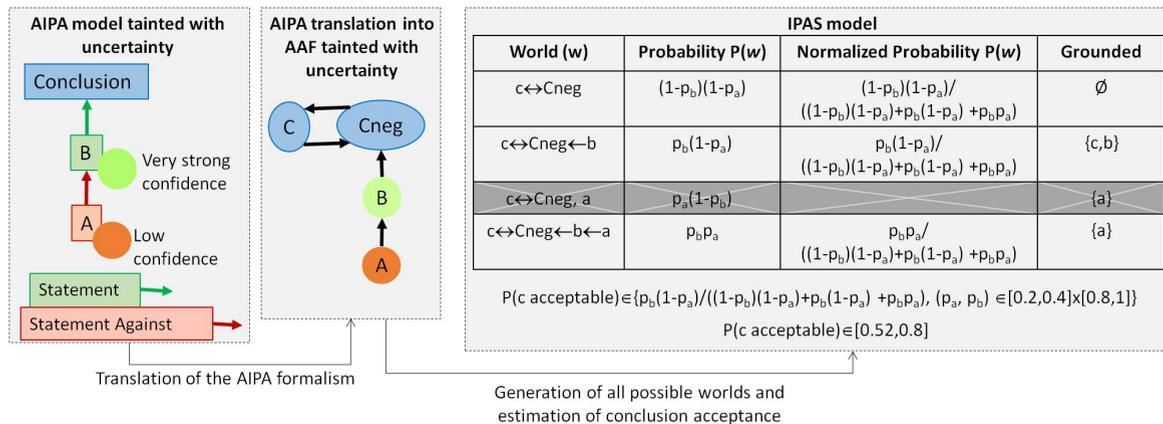


FIGURE 1. Processus de couplage entre IPAS et AIPA

La figure 2 montre un exemple simple de résultats de l'approche appliquée à la discussion sur une cause de défaillance d'un ouvrage en béton armé. L'échelle qualitative des niveaux de confiance "certain", "very strong confidence", ... est traduite par des intervalles de probabilité {1}, (0.8, 1), (0.6, 0.8], .... Par exemple l'assertion A4 à laquelle on accorde une confiance forte ("strong confidence") signifie que l'expert est sûr à 60% que "the number of specimens was too small to draw reliable conclusions". Les 80% traduisent quant à eux le manque de confiance de l'expert dans le fait que "the number of specimens was **not** too small to draw reliable conclusions". Autrement dit l'expert n'est certain qu'à 20% que "the number of specimens was **not** too small to draw reliable conclusions"

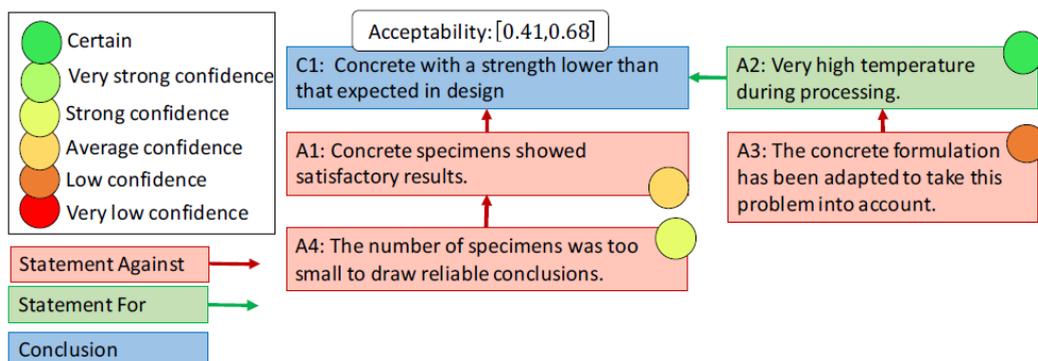


FIGURE 2. Exemple de résultats de l'utilisation du modèle IPAS - AIPA

Dans le cadre d'une analyse complète d'une défaillance, plusieurs hypothèses peuvent être mises en concurrence, chacune générant un arbre d'arguments pouvant être composé de plusieurs dizaines d'arguments. Afin de valider l'approche, elle a été appliquée à des défaillances réelles d'ouvrages, et notamment à un barrage en remblai (Brésil) et un cas de barrage en béton (France).

L'utilisation de cet outil apporte plusieurs avantages. Le premier est de donner un cadre de formalisation pour les experts. En se forçant à formaliser les informations et connaissances sous une forme dédiée, les experts sont amenés à devoir exposer et clarifier leurs réflexions. Ce travail, propre à nourrir la réflexion et à favoriser l'explicitation, est aussi intéressant lorsque plusieurs experts doivent participer aux analyses. C'est une façon d'échanger des informations au sein du comité d'expertise. Notre outil vise aussi à définir des niveaux d'acceptabilité pour les différentes hypothèses. Cela peut permettre aux experts de s'intéresser prioritairement aux hypothèses les plus crédibles et à privilégier les analyses les concernant. L'analyse et l'argumentation sont vues comme des processus dynamiques pouvant être réévalués dès qu'un nouvel élément (i.e. argument) intervient dans les débats. Par ailleurs, en présentant des informations structurées et explicites, les résultats sont plus facilement compréhensibles par des non-experts. Un avantage de cette approche est d'analyser non seulement le scénario retenu comme étant le plus probable, mais de montrer aussi que d'autres pistes ont été investiguées. Un dernier avantage est d'assurer une traçabilité des discussions ayant eu lieu lors de l'expertise. Il est possible ainsi a posteriori d'analyser la façon dont les experts ont conduit leur étude. Les graphes d'arguments construits correspondent à un cas particulier. Ils sont construits par le comité d'expertise pour chaque cas de défaillance. Mais, le nombre de types de mécanismes de défaillance par ouvrage est limité et des points communs peuvent exister entre plusieurs défaillances. L'analyse d'un ensemble de graphes d'arguments pourrait ainsi permettre d'acquérir de nouvelles connaissances sur les défaillances d'ouvrages.

## REFERENCES

- Breyse, D. (2012). Forensic engineering and collapse databases. *Proceedings of the ICE - Forensic Engineering* 165, 63–75.
- Dung, P.M. (1995) On the Acceptability of Arguments and its Fundamental Role in Nonmonotonic Reasoning and Logic Programming. in: *IJCAI*. pp. 852–857.
- Flouris, G., Bikakis, A. (2019). A comprehensive study of argumentation frameworks with sets of attacking arguments. *International Journal of Approximate Reasoning* 109, 55–86.
- Grossi, D. & Hoek, W. (2013). Audience-based uncertainty in abstract: Argument games. *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*. 143-149.
- Hunter, A. (2014) Probabilistic qualification of attack in abstract argumentation. *International Journal of Approximate Reasoning*, 55(2), 607-638.
- Levi, I. (1983) *The Enterprise of Knowledge: An Essay on Knowledge, Credal Probability, and Chance*. MIT press.
- Taillandier, F., et al. (2017) Designing an argumentative decision-aiding method for urban planning, présenté à 7ème colloque du réseau OPDE, Montpellier, France, 2017.
- Walley, P. (1991) *Statistical reasoning with imprecise probabilities*, Vol 42 of *Monographs on Statistics & Applied Probability*, Chapman and Hall/CRC, Taylor & Francis, 706 p.