

## Outil d'aide à l'expertise dans le domaine de l'incendie Eric Chojnacki et William Plumecocq

La recherche menée à l'IRSN a pour objectif de mieux décrire les phénomènes physiques pouvant conduire notamment à un accident et en évaluer les conséquences. Un des résultats de cette activité de recherche s'est traduit par le développement de logiciels permettant de simuler l'évolution de scénarios accidentels. Ces logiciels constituent en cela une capitalisation de la connaissance à la fois expérimentale et théorique qui a été acquise au cours de ces années de recherche.

Le développement de ces logiciels repose en partie sur une approche « mécaniste », c'est-à-dire sur une formalisation mathématique précise des processus physiques mis en jeu. La performance et la qualité des prédictions atteintes par ces outils sont alors évaluées lors des phases de validation des logiciels.

La démarche mécaniste couplée aux efforts de recherche a ainsi permis à l'Institut de disposer d'outils logiciels performants pouvant être utilisés pour décrire avec une bonne précision l'évolution d'un scénario accidentel dès lors que les conditions initiales et limites de celui-ci peuvent être déterminées. La précision des résultats dépend cependant de la complétude des phénomènes modélisés, ainsi que de la qualité des modèles physiques et numériques permettant d'en rendre compte.

L'utilisation opérationnelle des outils de modélisation dans le cas d'évaluation de sûreté ou de situation de crise repose donc en grande partie sur la capacité à pouvoir alimenter en données numériques les valeurs attendues par le logiciel pour réaliser ces calculs et au temps nécessaire pour les réaliser.

C'est pourquoi l'IRSN s'est engagé récemment dans la conception de nouveaux outils logiciels utilisant l'intelligence artificielle dont l'objet est de permettre de tirer le meilleur parti de la connaissance véhiculée au travers des logiciels métiers, pour aider au diagnostic du scénario en cours, au pronostic de son évolution ou encore aux éléments importants à contrôler.

L'idée générale est de construire de larges bases de données issues de millions de simulations numériques. Le nombre considérable de simulations permet de couvrir un large domaine de conditions initiales et limites pouvant être rencontrées lors d'un accident. Ces bases de données permettent de mettre en lien les configurations accidentelles possibles et leurs évolutions. Le logiciel d'intelligence artificielle exploite alors ces données de façon dynamique pour identifier les configurations et les évolutions compatibles avec les données connues.

L'IRSN a ainsi développé deux systèmes experts utilisant la technique des réseaux bayésiens dans le cadre des études de l'incendie et de la ventilation. Ces systèmes experts ont permis de confirmer à la fois la faisabilité informatique de créer de larges bases de données, ainsi que l'intérêt pour l'expertise de disposer de ce type d'outil.

De manière plus générale, les modèles graphiques probabilistes constituent des modèles de connaissance et de raisonnement dans l'incertain qui se révèlent très adaptés et utiles pour les différentes missions de notre institut : formation, expertise et développement d'outils de crise. Aussi, nous souhaitons développer nos activités de recherche sur les méthodes pour générer des bases de données, ainsi que sur les modèles et algorithmes probabilistes causaux les plus adaptés pour exploiter ces bases de données.

Nous souhaiterions pouvoir présenter aux JFRB 2021 la méthodologie actuelle pour développer des systèmes automatisés de diagnostics et pronostics accidentels dans le domaine de la sûreté incendie, ainsi que les questions de recherche pour disposer d'outils automatisés de raisonnement moins limités. Les JFRB constituent pour nous une opportunité de rencontrer les chercheurs académiques du domaine et une étape pour orienter notre recherche dans ce domaine.

Notre présentation comportera deux parties. En premier lieu, nous présenterons à partir d'un exemple industriel (un système expert dédié au réseau de ventilation d'une installation industrielle), la méthodologie que nous avons suivie, ainsi que l'outil informatique développé. Dans un second temps, nous présenterons notre objectif. Les outils d'aide à la décision que l'on souhaite développer ont vocation à assister les experts de l'IRSN dans leurs recommandations de sûreté. Pour cette raison, il est important que ces outils soient vérifiables/auditables par des experts de l'évaluation du risque, et préserver la causalité du système physique dans la modélisation probabiliste est certainement un facteur y contribuant fortement. De plus, ces outils d'aide à la décision doivent être rapides car l'objectif visé est d'aider l'expert à mieux cerner les facteurs et les enjeux propres à un risque donné. En particulier, il ne vise pas à se substituer à une expertise mais à la rendre plus efficiente en ayant recours à des techniques d'intelligence artificielle.

Les algorithmes usuels d'apprentissage de structure des réseaux bayésiens se basent sur l'exploitation directe des données, et cherchent à identifier une structure de dépendance minimale. Cette structure apprise directement à partir des données ne peut rendre compte à elle-seule de la causalité car celle-ci nécessite des connaissances sur le processus qui a généré les données que l'on ne peut retrouver dans ces dernières (cf. le paradoxe de Simpson). Pour cela, il faut donc pouvoir intégrer la connaissance apportée par les experts métier (incendie dans le cas d'application qui sera présenté) et externe aux données observées. Aussi, la recherche que nous proposons est de contribuer au développement d'algorithmes d'apprentissage pour des réseaux bayésiens causaux intégrant notamment des contraintes sur sa structure. Le temps de résolution pour effectuer les inférences de l'outil informatique final est également un élément important à considérer et peut nécessiter le développement de nouveaux algorithmes d'inférence.

Le travail présenté s'inscrit dans le cadre d'un ensemble d'activités de recherche que l'IRSN mène sur les outils d'aide à la décision, et différentes formes de collaboration peuvent être mises en œuvre : thèses, post-docs ou participation à des programmes de recherche plus vastes comme l'ANR.

Cinétique du feu		Puissance maximale du feu en milieu bien ventilé (kW)		Chaleur de combustion (MJ kg <sup>-1</sup> )		Temps de fermetures des CCF Admission (s)/Extraction (s)		Résistance aérodynamique des CCF (m <sup>2</sup> )	
lente	<input type="checkbox"/> 0%	200-800	<input checked="" type="checkbox"/> 25%	15-25	<input type="checkbox"/> 0%	150 / +0	<input type="checkbox"/> 0%	10 <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 19%
moyenne	<input type="checkbox"/> 0%	800-1500	<input checked="" type="checkbox"/> 25%	25-35	<input type="checkbox"/> 0%	150 / +1800	<input checked="" type="checkbox"/> 20%	10 <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 19%
rapide	<input checked="" type="checkbox"/> 25%	1500-3000	<input type="checkbox"/> 25%	35-50	<input type="checkbox"/> 0%	150 / +3600	<input type="checkbox"/> 0%		
ultra rapide	<input type="checkbox"/> 0%	3000-5000	<input checked="" type="checkbox"/> 25%			1200 / +0	<input type="checkbox"/> 0%		
						1200 / +1800	<input type="checkbox"/> 0%		
						1200 / +3600	<input type="checkbox"/> 0%		
						∞ / ∞	<input type="checkbox"/> 0%		

  

Diamètre des particules de suies (µm)		Taux de production de suies (%)		Taux de dépôt des suies (%)		Perte de charge initiale aux bornes du DNF (Pa)	
0.005-0.02	<input type="checkbox"/> 0%	1-5	<input type="checkbox"/> 0%	0-20	<input checked="" type="checkbox"/> 100%	250-500	<input checked="" type="checkbox"/> 20%
0.02-0.06	<input type="checkbox"/> 0%	5-10	<input type="checkbox"/> 0%	20-40	<input type="checkbox"/> 0%	500-1000	<input checked="" type="checkbox"/> 20%
0.06-0.1	<input type="checkbox"/> 0%	10-15	<input checked="" type="checkbox"/> 25%	40-60	<input type="checkbox"/> 0%		
0.1-0.3	<input checked="" type="checkbox"/> 25%	15-20	<input type="checkbox"/> 0%				
0.3-1	<input type="checkbox"/> 0%						

  

Volume du local (m <sup>3</sup> )		TR du local (h <sup>-1</sup> )		Taux de fuite du local (h <sup>-1</sup> )		Débit de dilution (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )		Position de la bouche d'extraction	
50-300	<input checked="" type="checkbox"/> 19%	1-3	<input checked="" type="checkbox"/> 33%	0.1 - 0.4	<input checked="" type="checkbox"/> 33%	4.5 10 <sup>1</sup> - 2 10 <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 76%	Bas	<input checked="" type="checkbox"/> 34%
300-700	<input checked="" type="checkbox"/> 28%	3-7	<input checked="" type="checkbox"/> 33%	0.4 - 0.7	<input checked="" type="checkbox"/> 33%	2 10 <sup>1</sup> - 4 10 <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 22%	Haut	<input checked="" type="checkbox"/> 66%
700-1000	<input checked="" type="checkbox"/> 27%	7-10	<input checked="" type="checkbox"/> 33%	0.7 - 1	<input checked="" type="checkbox"/> 33%	4 10 <sup>1</sup> - 6 10 <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 4%		
1000-1500	<input checked="" type="checkbox"/> 27%					6 10 <sup>1</sup> - 8 10 <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 2%		
						8 10 <sup>1</sup> - 10 <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 1%		

  

  

Pression relative maximale aux bornes du DNF (Pa)		Température maximale des filtres (°C)		Taux de dilution initial (s)	
500	<input type="checkbox"/> 0%	20-50	<input checked="" type="checkbox"/> 76%	5	<input checked="" type="checkbox"/> 18%
500-1000	<input type="checkbox"/> 0%	50-100	<input checked="" type="checkbox"/> 24%	5-50	<input checked="" type="checkbox"/> 85%
1000-1500	<input type="checkbox"/> 0%	100-150	<input checked="" type="checkbox"/> 3%	50-500	<input checked="" type="checkbox"/> 17%
1500-2000	<input type="checkbox"/> 0%	150-200	<input checked="" type="checkbox"/> 1%	500-1000	<input checked="" type="checkbox"/> 0%
>2000	<input checked="" type="checkbox"/> 25%	>200	<input checked="" type="checkbox"/> 0%	>1000	<input checked="" type="checkbox"/> 0%

Exemple du système expert SEVEN