

Fusion d'information possibiliste par sous-ensembles maximaux cohérents

S. Destercke ¹ D. Dubois ² and E. Chojnacki ¹

¹Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
Cadarache, France

²Institut de recherche en informatique de Toulouse
University Paul-Sabatier

LFA'07



Motivations

Il existe de nombreux domaines et situations où il faut analyser/synthétiser des informations provenant de plusieurs sources

- Opinions d'experts (analyse de risque, de fiabilité, ...)
- Senseurs multiples (robotique, applications militaires, industrielles ...)
- Base de données
- Traitement d'images (application médicale, ...)

Outils de bases

Les informations (incomplètes, imprécises) sont modélisées aux moyens des théories de l'incertain, qui permettent ensuite de les agréger avec de nombreux opérateurs

Trois opérateurs de bases

- Conjonction : suppose que **toutes** les sources sont fiables.
- Disjonction : suppose qu'**au moins une** source est fiables
- Moyenne : similaire à un comptage statistique, présuppose que chaque source est une observation indépendante d'une même quantité

Gérer le conflit, pourquoi?

Lorsque les sources sont plus de deux, il est rare que ces opérateurs soient satisfaisants:

- Les informations sont souvent conflictuelles, aussi la conjonction est souvent proche (si pas égale) de l'ensemble vide.
- La disjonction donne des résultats fiables, mais souvent trop imprécis pour être réellement utiles.
- Les hypothèses de la moyenne (indépendance des sources) sont rarement satisfaites.

► Besoin de gérer le conflit de manière adaptative et efficace.

Gérer le conflit, comment?

Idée de base

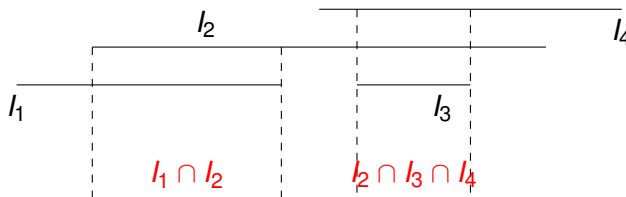
Adapter des méthodes utilisées dans le traitement d'inconsistences en logique classique à un cadre numérique et quantitatif (ici, des distributions de possibilités).

Méthode par sous-ensembles maximaux cohérents (SMC)

Quand une base de formules logiques est inconsistente, un moyen de traiter cette inconsistance est de:

- ▶ Considérer toutes les sous-bases consistantes de formules (i.e. prendre la conjonction des formules consistantes entre-elles).
- ▶ Considérer une proposition comme vraie si elle l'est dans chacune de ces sous-bases.

SMC sur des intervalles : illustration



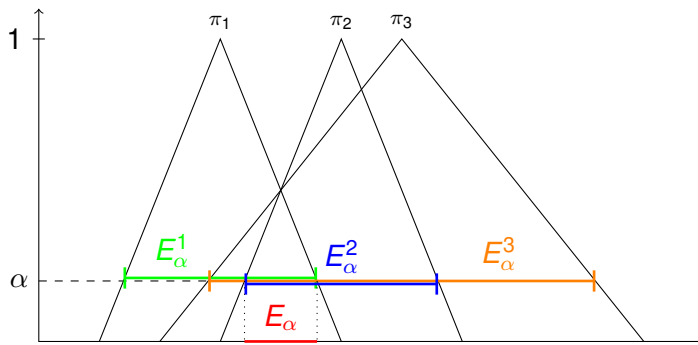
Résultat de la méthode SMC: $(I_1 \cap I_2) \cup (I_2 \cap I_3 \cap I_4)$

Un mot sur la complexité

- En logique : trouvé les SE max. coh. est de complexité exponentielle
- Dans le cadre numérique : trouvé les SE max. coh. est de complexité linéaire (grâce à l'ordre naturel des nombres)

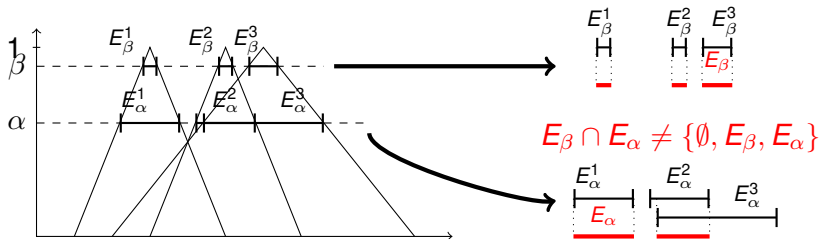
SMC avec distributions de possibilité : comment ? (1)

Soit n distributions π_i , à chaque niveau α correspond une α -coupe constituée de n intervalles $\Rightarrow$ on peut appliquer la méthode SMC sur ces derniers.



SMC avec distributions de possibilité : comment ? (2)

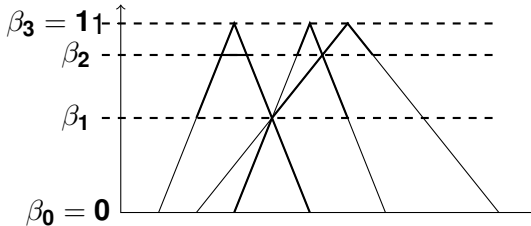
Pour 2 différents niveaux $\alpha < \beta$, les intervalles résultants E_α, E_β ne sont pas forcément emboîtés ($E_\alpha \subseteq E_\beta$), puisque nous pouvons passer de la conjonction à la disjonction (SE max. coh. changent)



Mais il existe un ensemble fini de niveaux β_i $i = 0, 1, \dots, n$ entre lesquels les ensembles E_α seront emboîtés $\alpha \in (\beta_i, \beta_{i+1}]$

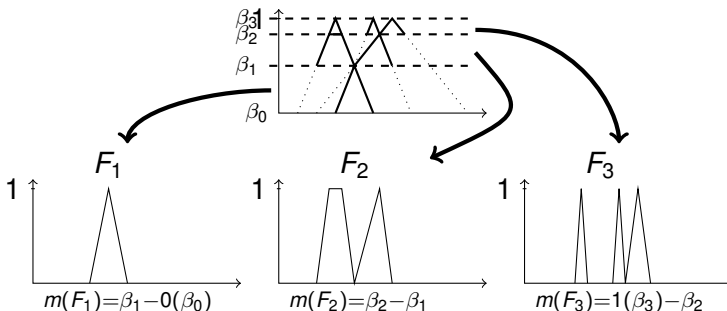
SMC avec distributions de possibilité : comment ? (2)

Pour 2 différents niveaux $\alpha < \beta$, les intervalles résultants E_α, E_β ne sont pas forcément emboîtés ($E_\alpha \subseteq E_\beta$), puisque nous pouvons passer de la conjonction à la disjonction (SE max. coh. changent)



Mais il existe un ensemble fini de niveaux β_i $i = 0, 1, \dots, n$ entre lesquels les ensembles E_α seront emboîtés $\alpha \in (\beta_i, \beta_{i+1}]$

SMC avec distributions de possibilité : résultat



Le résultat peut-être interprété comme une structure de croyance floue (formellement équivalent à une variable aléatoire floue) où chaque ensemble flou (normalisé) F_i a une masse $m(F_i) = \beta_i - \beta_{i-1}$.

Utilisation de résultats existants

- ▶ L'information est résumée par une méthode bien justifiée mathématiquement, qui offre un bon compromis en terme d'informativité et de fiabilité.
- ▶ Depuis leur introduction par Zadeh en 79, les fonctions de croyance floues*, ont été étudiées par de nombreux auteurs:
 - J.Yen, T.Denoex, R. Yager comme extensions des fonctions de croyance classiques
 - C. Baudrit, I. Couso, D. Dubois (IJAR 2007) comme un modèle de probabilités imprécises

Les résultats de l'approche SMC peuvent être analysés grâce aux résultats de ces études

* Les fonctions de croyance floues sont des cas particuliers de variables aléatoires floues introduites par Feron (1976), Kwakernaak (1978), et étudiées plus tard par Puri et Ralescu (1987), Kruse (1987), etc.

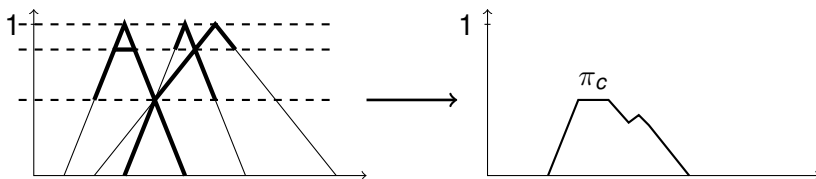
Post-traitement de l'information résumée

Une fois toute la structure de croyance floue calculée, diverses informations peuvent en être extraites:

- Mesure du gain de précision/information après la fusion (via cardinalité floue, nombres graduels)
- Mesure de la confiance en une source, un événement (au moyen de mesures de plausibilité/crédibilité ou de probabilité pignistique)
- Ensembles des sous-groupes cohérents et de leur niveau de cohérence.

Nous proposons également de prendre la fonction de contour (i.e. plausibilité des valeurs uniques) comme distribution synthétique finale (plus facile à manipuler). Cela revient à calculer la moyenne arithmétique des ensembles flous F_i pondérés par leurs poids respectifs $m(F_i)$.

Post-traitement : calcul de la fonction de contour



Conclusion et perspectives

Conclusions

La méthode de fusion proposée

- utilise une approche logique établie pour traiter le conflit
- prend toute les sources en compte et ne nécessite que l'information originale
- est efficace (complexité linéaire)
- peut utiliser les résultats obtenus sur les fonctions de croyance floues et/ou les variables aléatoires floues.

Perspectives

- Intégrer de l'information supplémentaire (i.e. fiabilité des sources, métrique)
- Comparaison (axiomatique, pratique) avec d'autres règles (Oussalah *et al.*, Delmotte)
- Application pratique pour valider l'approche (projet BEMUSE: benchmark sur des codes accidentels de sûreté nucléaire)