

Du concept de conflit cohérent en fusion d'informations vulnérables



Quentin SAINT-CHRISTOPHE^{1,2,3}, Christophe OSSWALD^{2,3}, Abdel-Ouahab BOUDRAA^{1,3}, Cyril RAY^{1,3}

¹Chaire de cyberdédense des systèmes navals, BCRM Brest, CC 600, 29240 Brest Cedex 9, France

²IRENav (EA2624), École navale/Arts-Métiers ParisTech, BCRM Brest, CC 600, 29240 Brest Cedex 9, France

³Lab-STICC (UMR CNRS 6285) ENSTA Bretagne, 2 rue François Verny, 29200 Brest, France

RÉSUMÉ

Pour vérifier l'intégrité des informations dans le cadre de **fusion d'informations vulnérables**, une stratégie est d'identifier et écarter les informations altérées ou falsifiées. C'est dans cette optique que ce travail porte sur la **définition d'un type de conflit**, dit cohérent, ainsi que de la **construction d'une règle de fusion** cohérente associée. On montre les limites du conflit classique par un exemple standard, et enfin l'efficacité de la métrique de conflit cohérent dans une application numérique.

OBJECTIFS

- **combiner** des sources d'information multiples
- **détecter** par fusion d'information les sources altérées

DIVERSITÉ DES SOURCES D'INFORMATION

- **hétérogénéité** de nature et de précision
- **asynchronisme** temporel et fréquentiel
- **vulnérabilité** par falsifications et dégradations

POSTULATS SUR LES SOURCES D'INFORMATION

- **sources intègres** : représentatives et majoritaires
- **sources altérées** : insidieuses et minoritaires

1. THÉORIE DE L'ÉVIDENCE

La théorie de l'évidence est fondée sur la manipulation des **fonctions de masse** m définies sur la disjonction du **cadre de discernement** Θ regroupant l'ensemble des informations envisageables par les sources. Les éléments X de Θ tels que $m(X) > 0$ sont appelés **éléments focaux** et respectent l'axiome de normalité suivant :

$$\forall X \in \wp_{\Theta}, m(X) \in [0, 1], \sum_{X \in \wp_{\Theta}} m(X) = 1$$

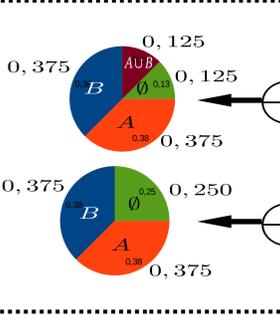
L'affectation $m(X)$ représente la **confiance portée en X** sans que celle-ci puisse être répartie sur les éléments qui la composent. L'ensemble vide représente une information non-envisagée par les sources ; il est à l'origine du **conflit**.

2. LA FUSION D'INFORMATIONS

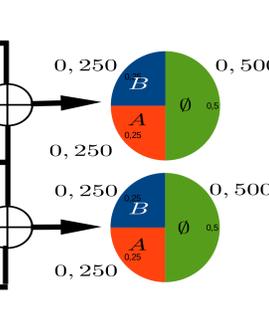
Pour **combiner deux sources d'information**, il existe différentes règles de fusion qui sont toutes des sommes orthogonales des fonctions de masse projetées sur des conjonctions ou des disjonctions d'éléments focaux. Notre cas d'utilisation prend en compte des **sources vulnérables qui peuvent fausser l'intégrité de la fusion**. Pour caractériser le conflit entre deux sources, la règle éligible à notre contexte doit donc être disjonctive et **conserver l'ensemble vide** ; la règle de fusion de Smets :

$$\forall Z \in \wp_{\Theta}, m_{p \oplus q}(Z) = \sum_{X \cap Y = Z} m_p(X) m_q(Y)$$

Fusion cohérente



Fusion de Smets

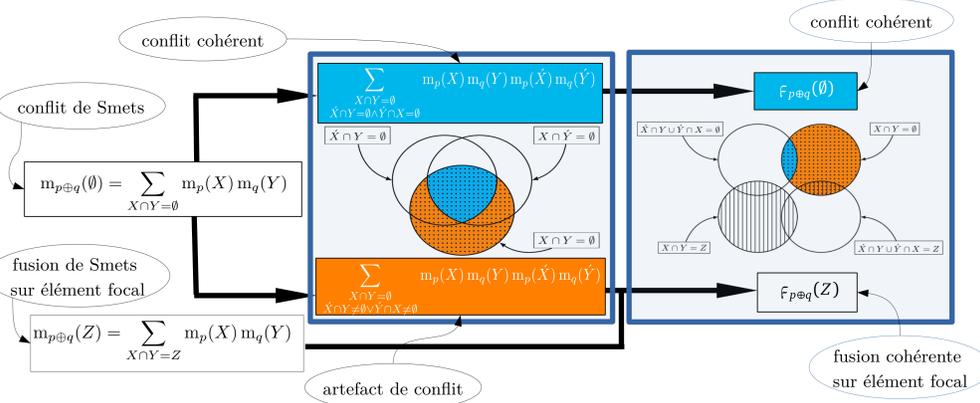


3. LE CONFLIT COHÉRENT

La fusion cohérente a pour but d'affiner la règle de fusion classique de Smets en se concentrant sur la vulnérabilité des sources et leur caractère conflictuel. Cette règle de fusion utilise des **éléments focaux de confirmation** : $(X, Y) \in \wp_{\Theta}^2$. À partir du conflit de Smets, jugé redondant, le conflit cohérent $F_{p \oplus q}(\emptyset)$ est défini. Le surplus, appelé **artefact de conflit** $E_{p \oplus q}$, est alors redistribué sur d'autres éléments focaux.

Définition 1

$$m_{p \oplus q}(\emptyset) = \sum_{\substack{X \cap Y = \emptyset \\ \bar{X} \cap \bar{Y} = \emptyset}} m_p(X) m_q(Y) m_p(\bar{X}) m_q(\bar{Y}) + \sum_{\substack{X \cap Y = \emptyset \\ \bar{X} \cap \bar{Y} \neq \emptyset}} m_p(X) m_q(Y) m_p(\bar{X}) m_q(\bar{Y}) = F_{p \oplus q}(\emptyset) + E_{p \oplus q}$$



4. RÉPARTITION DE L'ARTEFACT DE CONFLIT

L'artefact de conflit $E_{p \oplus q}$ est alors défini comme la somme des résidus d'artefact $\varepsilon_{p \oplus q}$ projetés sur la relation suivante : $Z = X \cap Y \cup Y \cap X$

Définition 2

$$E_{p \oplus q} = \sum_{\substack{X \cap Y = \emptyset \\ \bar{X} \cap \bar{Y} \cap X \neq \emptyset}} m_p(X) m_q(Y) m_p(\bar{X}) m_q(\bar{Y}) = \sum_{Z \neq \emptyset} \sum_{\substack{X \cap Y = \emptyset \\ \bar{X} \cap \bar{Y} \cap X = Z}} m_p(X) m_q(Y) m_p(\bar{X}) m_q(\bar{Y}) = \sum_{Z \neq \emptyset} \varepsilon_{p \oplus q}(Z)$$

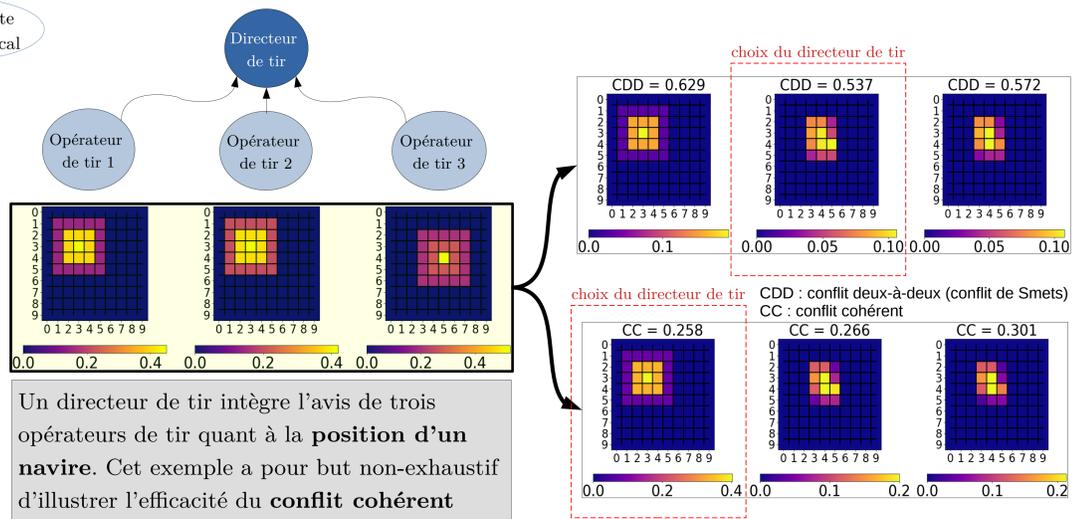
Par l'axiome de normalité régissant une fonction de masse, il découle le théorème suivant, construisant ainsi la fusion cohérente sur les éléments focaux :

Théorème

$$\sum_{Z \neq \emptyset} F_{p \oplus q}(Z) = 1 - F_{p \oplus q}(\emptyset) = E_{p \oplus q} + 1 - F_{p \oplus q}(\emptyset) - E_{p \oplus q} = \sum_{Z \neq \emptyset} \varepsilon_{p \oplus q}(Z) + 1 - m_{p \oplus q}(\emptyset) \iff \forall Z \neq \emptyset, F_{p \oplus q}(Z) = \varepsilon_{p \oplus q}(Z) + m_{p \oplus q}(Z)$$

5. JEU DE BATAILLE NAVALE

	Fusion de Smets	Fusion cohérente
Détection	pour le directeur de tir, la distinction entre les cases est moins marquée qu'avec la fusion cohérente ; ce lissage des masses peut induire des confusions.	les cases de choix sont plus marquées pour le directeur de tir ; la fusion cohérente répartit la masse avec plus d'insistance sur les cases communes aux opérateurs de tir 1 et 2.
Conflit	l'opérateur de tir 3 apparaît comme le moins conflictuel au regard des 1 et 2 alors qu'il est manifestement isolé.	les opérateurs de tir 1 et 2 sont considérés comme les moins conflictuels, distinguant ainsi l'opérateur de tir 3.



Un directeur de tir intègre l'avis de trois opérateurs de tir quant à la **position d'un navire**. Cet exemple a pour but non-exhaustif d'illustrer l'efficacité du **conflit cohérent** dans la fusion d'informations.

