

# Evaluation et analyse par synthèse d'informations venant de sources multiples: application au cas BEMUSE

S. Destercke <sup>1,2</sup>

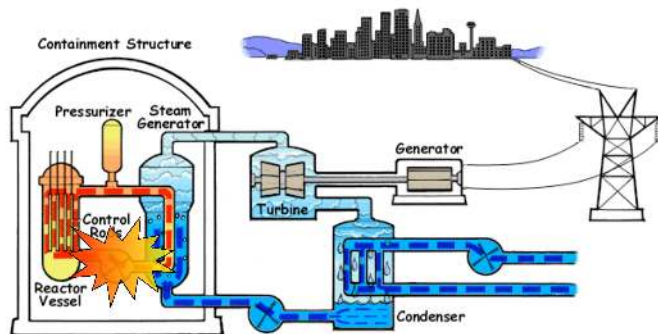
<sup>1</sup>Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)  
Cadarache, France

<sup>2</sup>Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT)  
Université Paul Sabatier

Séminaire IMPEC

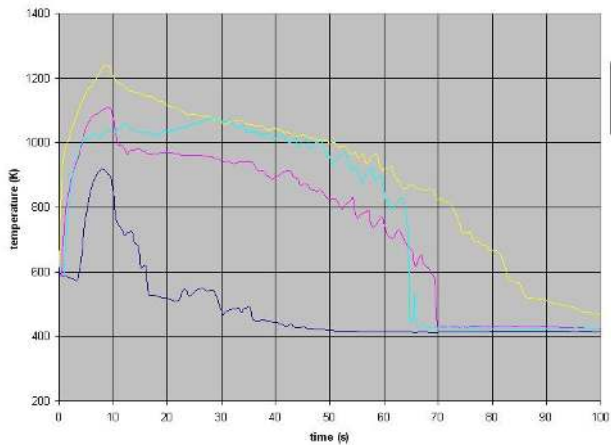


## La situation

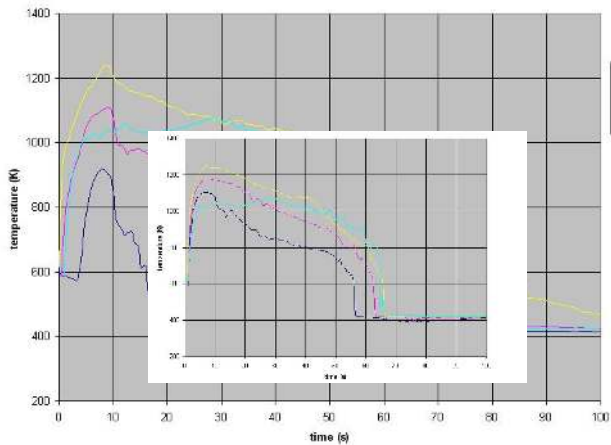


Dix participants appliquent leurs méthodes d'analyse d'incertitude et leurs codes de thermohydraulique accidentelle pour simuler une grosse brèche dans le circuit primaire de refroidissement expérimentée dans une boucle test. **Une fois les résultats fournis, comment les analyser ?**

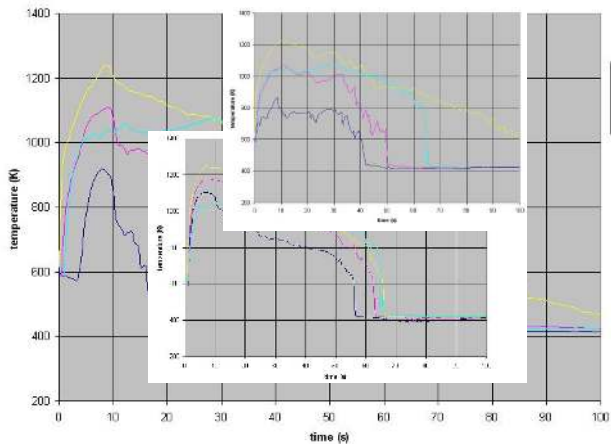
## Exemple de sorties, variable fonctionnelle



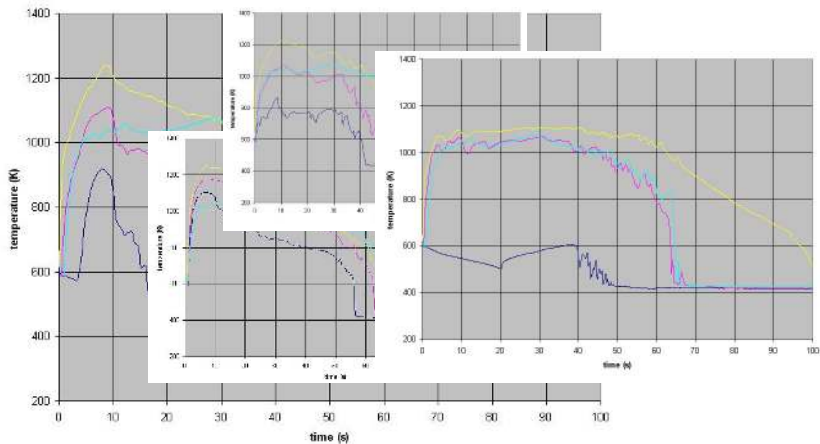
## Exemple de sorties, variable fonctionnelle



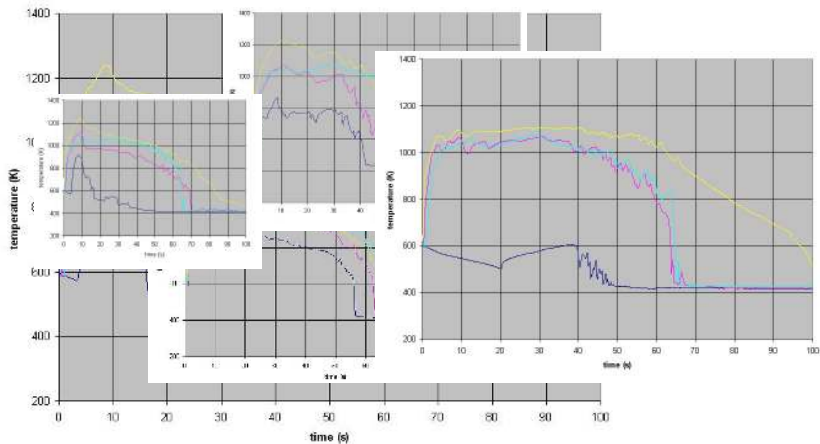
## Exemple de sorties, variable fonctionnelle



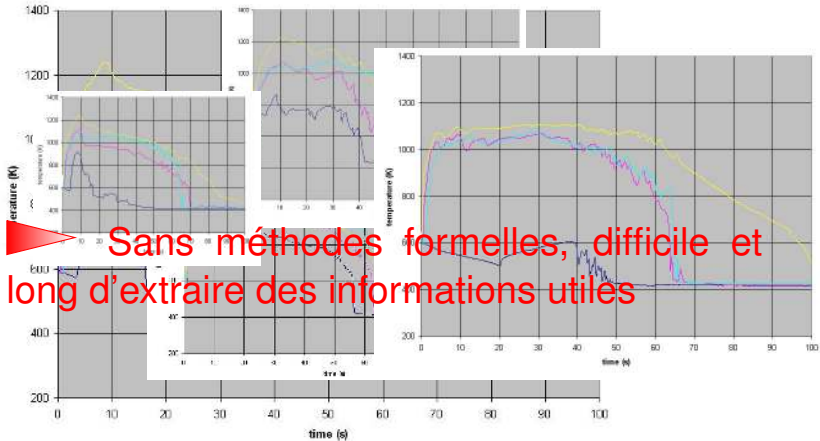
## Exemple de sorties, variable fonctionnelle



## Exemple de sorties, variable fonctionnelle

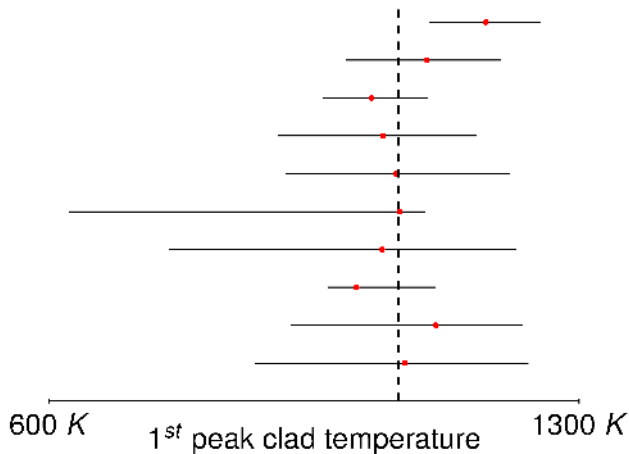


## Exemple de sorties, variable fonctionnelle





## Example d'une variable scalaire: premier pic de température



# Méthodologie générale

## 3 étapes principales

- Choix d'un cadre de travail et de modélisation des informations. Ici, nous avons retenu les cadres possibilistes et probabilistes, pour leur simplicité et parce que l'information reçue était relativement simple.
- Evaluer la qualité des informations transmises, en les comparant à la réalité mesurée, et ce afin d'analyser les performances/écueils de chaque participant.
- Synthétiser l'information obtenue dans un but d'analyse de l'information.

# Données considérées

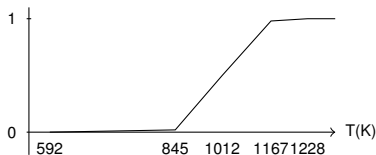
Pour chaque variable, nous avons retenu de chaque participant les bornes  $[Low, Up]$  fournies ainsi que les valeurs de références.

	1PCT (K)			2PCT (K)			$T_{inj}$ (s)			$T_q$ (s)		
	Low	Ref	Up	Low	Ref	Up	Low	Ref	Up	Low	Ref	Up
CEA	919	1107	1255	674	993	1176	14.8	16.2	16.8	30	69.7	98
GRS	969	1058	1107	955	1143	1171	14	15.6	17.6	62.9	80.5	103.3
IRSN	872	1069	1233	805	1014	1152	15.8	16.8	17.3	41.9	50	120
KAERI	759	1040	1217	598	1024	1197	12.7	13.5	16.6	60.9	73.2	100
KINS	626	1063	1097	608	1068	1108	13.1	13.8	13.8	47.7	66.9	100
NRI1	913	1058	1208	845	1012	1167	13.7	14.7	17.7	51.5	66.9	87.5
NRI2	903	1041	1165	628	970	1177	12.8	15.3	17.8	47.4	62.7	82.6
PSI	961	1026	1100	887	972	1014	15.2	15.6	16.2	55.1	78.5	88.4
UNUPI	992	1099	1197	708	944	1118	8.0	16.0	23.5	41.4	62.0	81.5
UPC	1103	1177	1249	989	1157	1222	12	13.5	16.5	56.5	63.5	66.5
Exp. Val.		1062			1077			16.8			64.9	

## Etape de modélisation: probabiliste

- Nous avons interprété les bornes [*Low*, *Up*] comme les percentiles 0,01 et 0,99, et la valeur de référence comme la médiane.
- Domaine de variation [*MIN*, *MAX*] = intervalles entre plus petite et plus grande valeurs sur tous les participants augmentée de 2%
- Exemple: NRI1, pic pendant dépressurisation

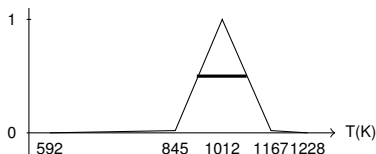
MIN	Low	Ref	Up	MAX
592 K	845 K	1070 K	1167 K	1268 K



## Etape de modélisation: possibiliste

- Nous avons interprété les bornes [*Low*, *Up*] comme un intervalle de confiance à 98%, et la valeur de référence comme la plus plausible.
- Domaine de variation [*MIN*, *MAX*] = intervalles entre plus petite et plus grande valeurs sur tous les participants augmentée de 2%
- Exemple: NRI1, pic pendant dépressurisation

MIN	Low	Ref	Up	MAX
592 K	845 K	1070 K	1167 K	1268 K



# Evaluation des informations

## Informativité

Comparaison de la précision de l'information apportée par la source avec le modèle non-informatif (probabilité uniforme, possibilité équivalente à l'intervalle)

## Cohérence

Comparaison de l'information transmise avec la valeur expérimentale observée

# Informativité

## Probabilités

Etant donné  $p$  la distribution modélisant l'information de la source, et  $u$  la distribution uniforme sur le même domaine, l'informativité vaut:

$$I(p, u) = \sum_{i=1}^N p_i \ln \frac{p_i}{u_i}$$

## Possibilités

Différence entre cardinalité de la distribution de possibilité et celles de l'intervalle

$$I_{\pi} = \frac{\|X\| - \int_0^1 \|A_{\alpha}\| d\alpha}{\|X\|}$$

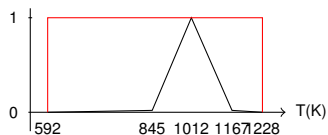
# Evaluation des informations

## NRI1: probabilités

	1	2	3	4
p	1 %	44 %	44 %	1 %
u	45 %	25 %	25%	5 %

$$I(p, u) \simeq 0.44$$

## NRI1: possibilités



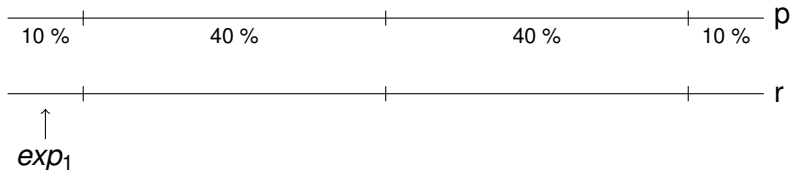
$$I_{\pi} \simeq 0.75$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

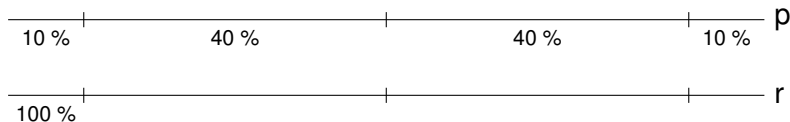
$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

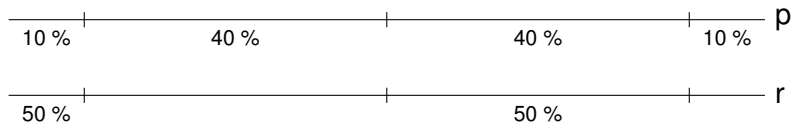
$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

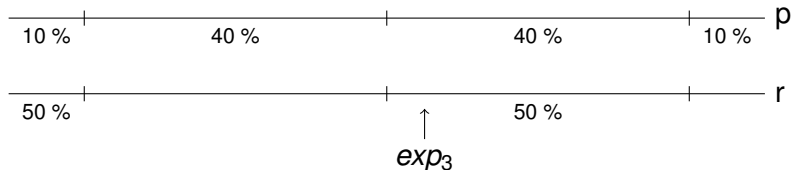
$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

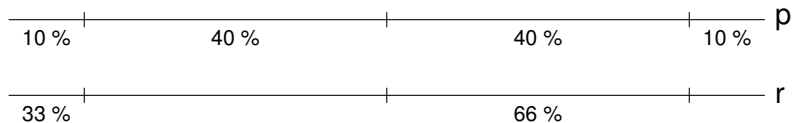
$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

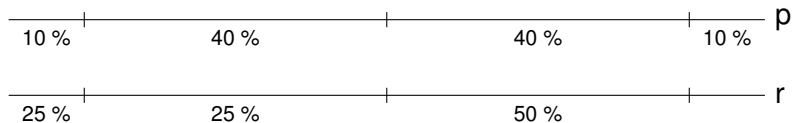
$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$



# Cohérence: probabilités

Utilisation de l'entropie relative entre  $p$ , la probabilité modélisant l'information, et  $r$ , la distribution empirique donnée par les observations.

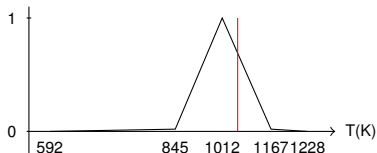
$$I(r, p) = \sum_{i=1}^N r_i \ln \frac{r_i}{p_i} \longrightarrow IC_p = 1 - \chi_N^2(2 \cdot m \cdot I(r, p))$$





# Cohérence: possibilités

Soit l'observation  $x^*$  de la variable  $X$  pour laquelle une source a donné de l'information modélisée par  $\pi$ . La mesure de cohérence est simplement la valeur  $\pi(x^*)$



# Evaluation: résultats BEMUSE

	Prob. approach			Poss. approach		
	Inf.	Cal.	Global	Inf.	Cal.	Global
CEA	8 (0.77)	5 (0.16)	6 (0.12)	8 (0.71)	6 (0.55)	7 (0.40)
GRS	4 (1.23)	1 (0.98)	1 (1.21)	3 (0.84)	7 (0.52)	6 (0.44)
IRSN	5 (0.98)	2 (0.75)	2 (0.73)	6 (0.73)	1 (0.83)	1 (0.60)
KAERI	9 (0.68)	5 (0.16)	7 (0.11)	9 (0.70)	8 (0.48)	8 (0.34)
KINS	3 (1.29)	5 (0.16)	5 (0.21)	7 (0.72)	3 (0.67)	3 (0.49)
NRI1	7 (0.79)	2 (0.75)	3 (0.59)	5 (0.75)	5 (0.63)	4 (0.47)
NRI2	6 (0.79)	8 (0.13)	8 (0.10)	4 (0.78)	2 (0.72)	2 (0.56)
PSI	1 (1.6)	10 (0.004)	10 (0.008)	1 (0.88)	10 (0.25)	10 (0.22)
UNIPI	10 (0.53)	2 (0.75)	4 (0.4)	10 (0.69)	4 (0.67)	5 (0.46)
UPC	2 (1.44)	9 (0.02)	9 (0.025)	2 (0.87)	9 (0.28)	9 (0.24)

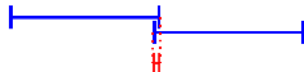
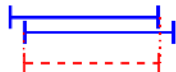
# Evaluation de l'information: conclusions

- Utilisateurs d'un même code peuvent avoir scores très différents : confirme l'influence importante de l'expertise utilisateur
- UC/PSI : bonne informativité mais mauvaise cohérence ⇒ incertitudes de bases sans doute trop étroites

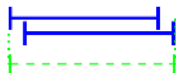
# Synthèse de l'information

## Trois comportements principaux

- **Conjunction** (intersection): **information commune** à toutes sources  $\Rightarrow$  Résultat précis mais problème en cas de conflit



- **Disjonction** (union): toute **information** de chaque source  $\Rightarrow$  résultat fiable mais souvent imprécis



- **Moyenne**: comptage "statistique" des sources  $\Rightarrow$  résultat moyenné qui suppose une indépendance entre source

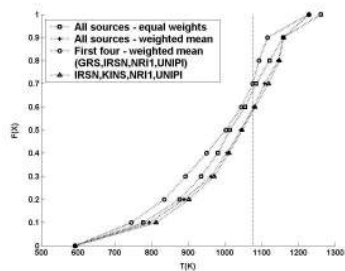
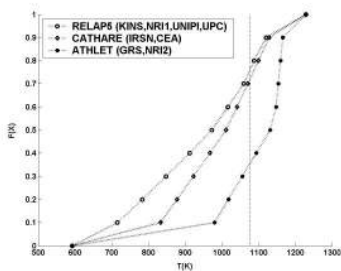
# Outils de synthèse: probabilités

En probabilité, pas de notions d'inclusions d'une distribution de probabilité dans une autre  $\Rightarrow$  équivalents conjonction/disjonction impossibles à définir, seul la moyenne arithmétique (pondérée) peut être considérée.

Soit  $p_1, \dots, p_N$  les distributions de probabilités données par les sources, et  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  leurs poids respectifs avec  $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ . Alors, le résultat  $p_\Sigma$  d'une moyenne est

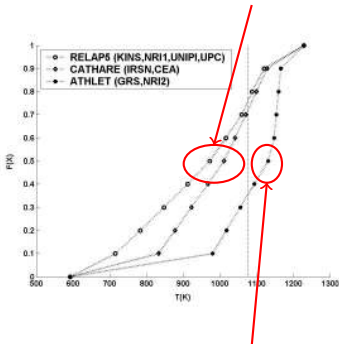
$$p_\Sigma = \sum_{i=1}^N \lambda_i p_i$$

# Synthèse de résultats: probabilités (PCT2)

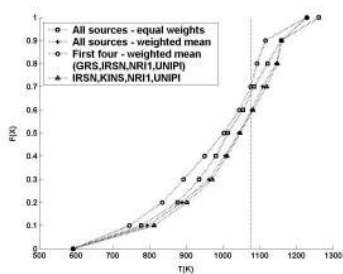


# Synthèse de résultats: probabilités (PCT2)

CATHARE/RELAP users tend to underestimate the variable

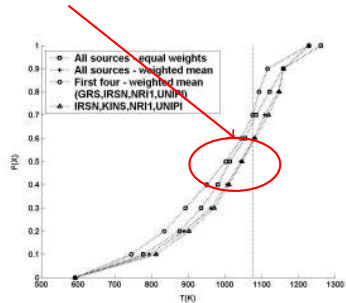
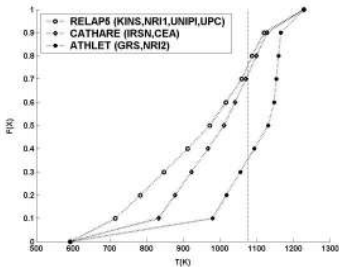


ATHLET users tend to overestimate the variable



# Synthèse de résultats: probabilités (PCT2)

Effect of weighting and selecting subgroup of "best" sources:  
shift towards experimental value and tightening of uncertainty bands





## Outils de synthèse: possibilités

En possibilités, une distribution  $\pi_1$  est incluse dans une autre  $\pi_2$  ssi  $\pi_1 \leq \pi_2$ . Soit  $p_1, \dots, p_N$  les distributions de probabilités données par les sources, et (dans le cas où ils sont utiles)  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  leurs poids respectifs avec  $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ .

- Conjonction: la conjonction des distributions, dénotée  $\pi_{\cap}$ , se définit comme

$$\pi_{\cap} = \min_{i=1, \dots, N} \pi_i$$

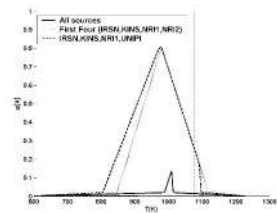
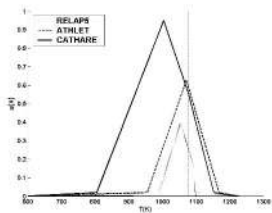
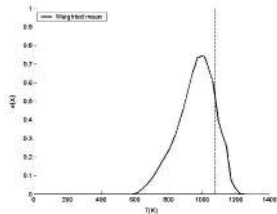
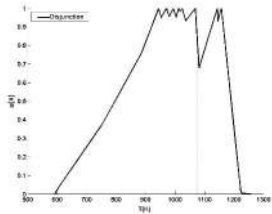
- Disjonction: la disjonction des distributions, dénotée  $\pi_{\cup}$ , se définit comme

$$\pi_{\cup} = \max_{i=1, \dots, N} \pi_i$$

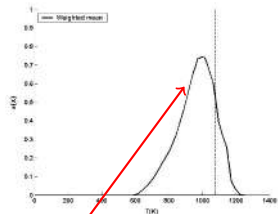
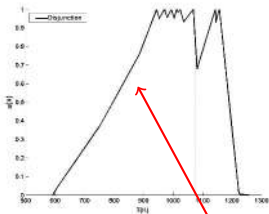
- Moyenne arithmétique: la moyenne des distributions, dénotée  $p_{\Sigma}$ , est

$$\pi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \lambda_i \pi_i$$

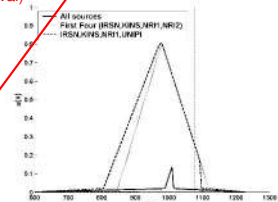
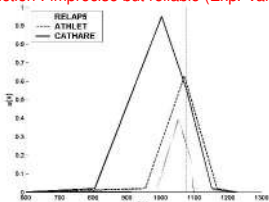
# Result synthesis : possibilistic app. (PCT2)



# Result synthesis : possibilistic app. (PCT2)

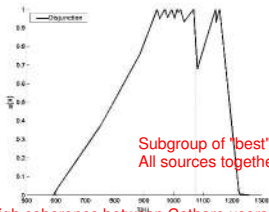


Disjunction : imprecise but reliable (Exp. Val in 20 % confidence interval)

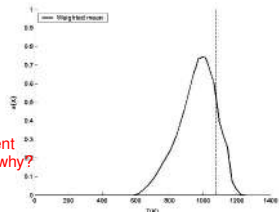


Mean : same averaging effect as prob. approach

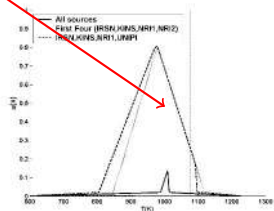
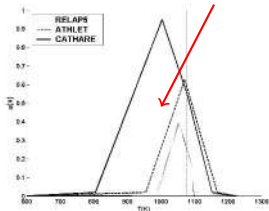
# Result synthesis : possibilistic app. (PCT2)



Subgroup of "best" sources is highly coherent  
All sources together are highly incoherent: why?



High coherence between Cathare users  
Lower coherence between ATHLET and RELAP5 users



# Synthesis: conclusions

## Synthesis allowed

- To detect and pinpoint some biases of some participants
- To evaluate the amount of conflict in the information provided by the sources, and to search for its causes

# Conclusions

## Outils d'évaluation/d'analyse ont permis

- de confirmer formellement certaines conclusions informelles
- de mettre en lumière certains aspects difficile à voir autrement
- de démontrer l'utilité de différentes approches

## perspectives

- applications aux données issues du cas réacteur
- application de méthode d'analyse/de synthèse plus élaborées