

# V&V dans la démarche EDF de démonstration de sûreté pour ses installations

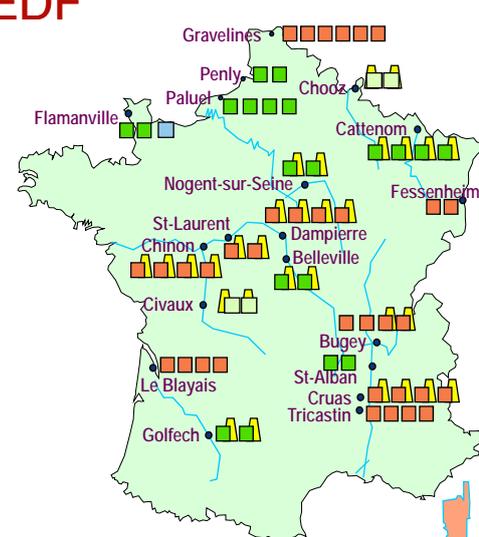
Christian CHAULIAC  
EDF / SEPTEN

NAFEMS  
Paris, 12-13/10/2010



## Le parc nucléaire EDF

**V&V :  
Un enjeu majeur  
pour EDF**



2 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF



## Cadre de la démonstration de sûreté

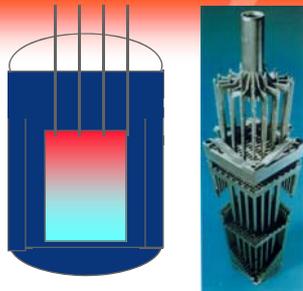
3 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF



## Domaines et outils mobilisés

◎ Domaines de la physique

- Neutronique
- Mécanique des fluides
- Thermique
- Mécanique des solides
- Physico-chimie
- Science des matériaux
- Et... interactions entre ces domaines

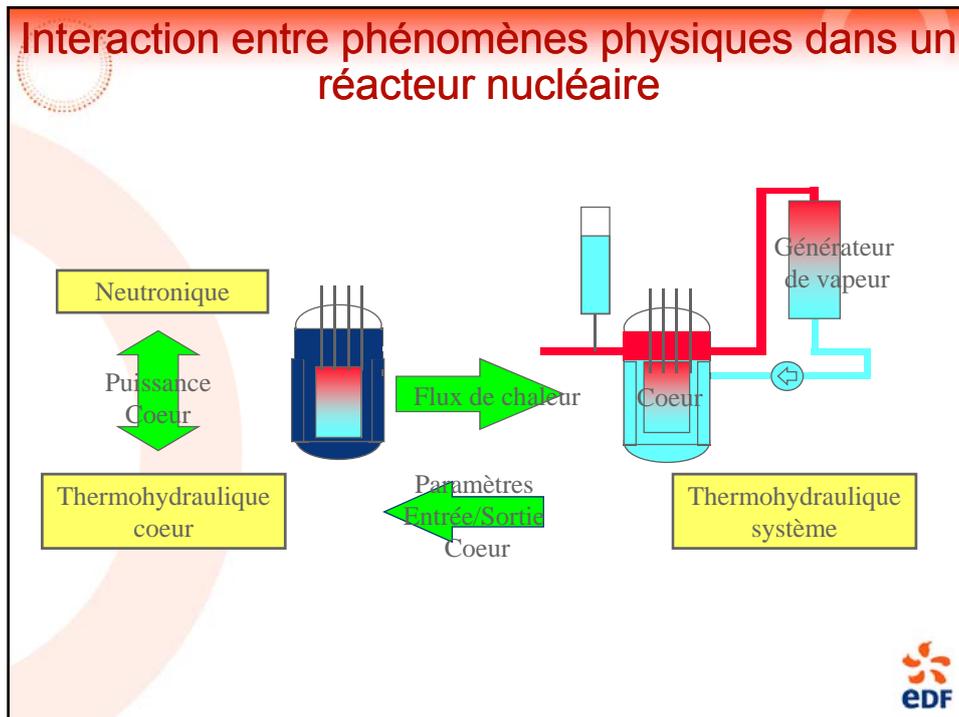


◎ Logiciels

- D'origine variée
  - EDF
  - AREVA, CEA
  - Commerciale
- En progrès constant

4 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF





## Vocabulaire

*Le vocabulaire est en cours d'uniformisation...*

- ⊙ Vérification
  - Les équations sont-elles résolues correctement ?
  - Cohérence avec les spécifications de la méthode numérique et de son implémentation sur ordinateur
- ⊙ Validation
  - Les équations résolues sont-elles correctes ?
  - Capacité du logiciel à calculer les phénomènes physiques
- ⊙ Transposition
  - Passage à l'échelle réacteur
- ⊙ Qualification

6 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF

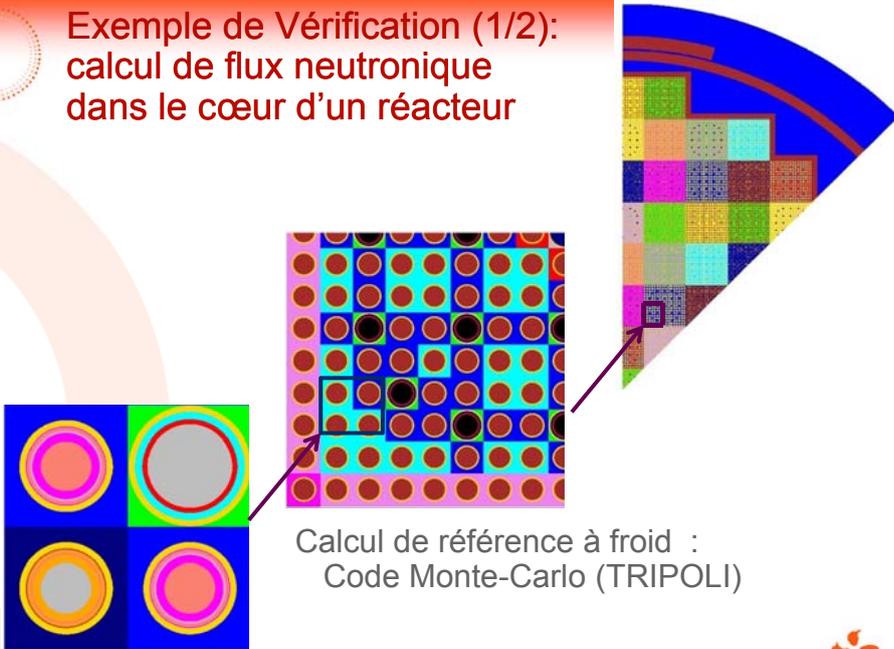
## Vérification

- ⊙ Comparaison à des solutions analytiques pour une physique simplifiée
- ⊙ Benchmarks d'opérateurs élémentaires ou d'ensembles d'opérateurs élémentaires
- ⊙ Convergence en temps et en espace
- ⊙ Comparaison à des solutions fournies par des logiciels de référence

7 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF



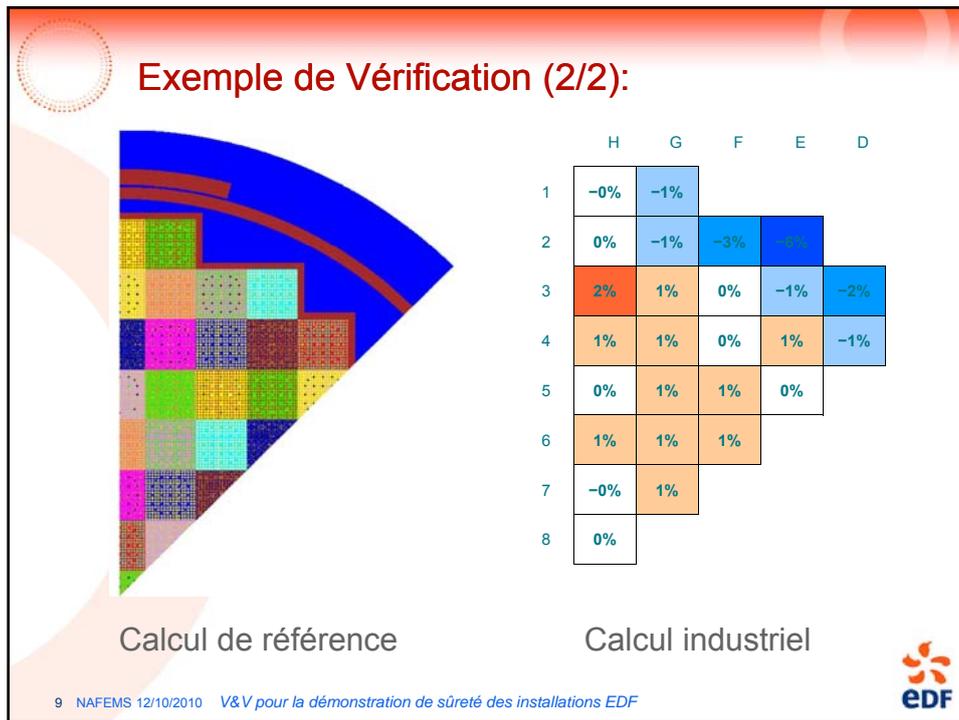
## Exemple de Vérification (1/2): calcul de flux neutronique dans le cœur d'un réacteur



Calcul de référence à froid :  
Code Monte-Carlo (TRIPOLI)

8 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF



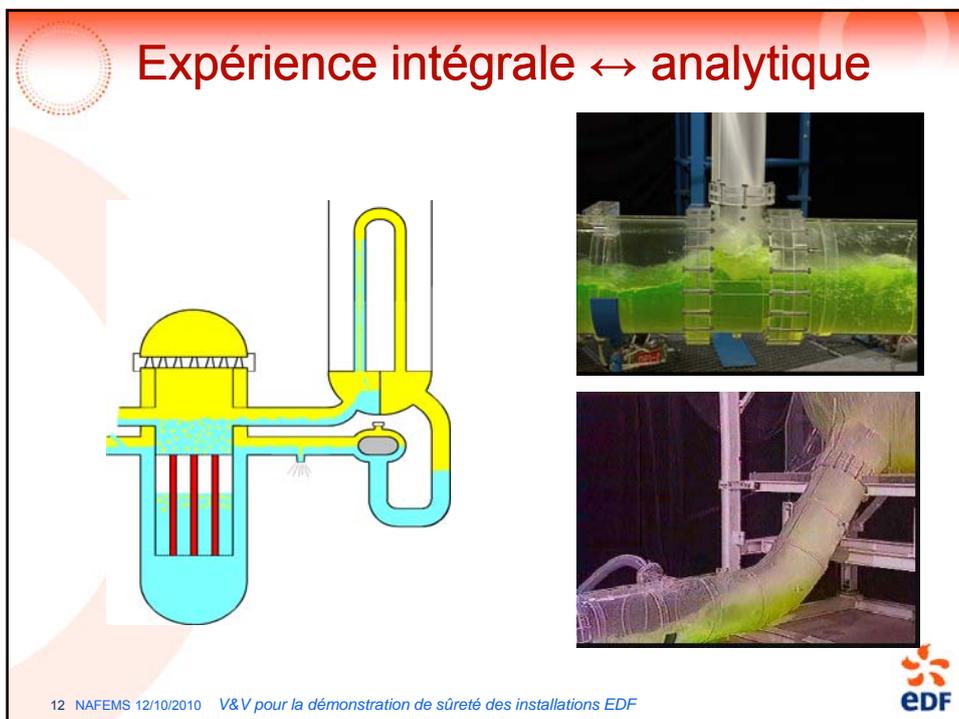
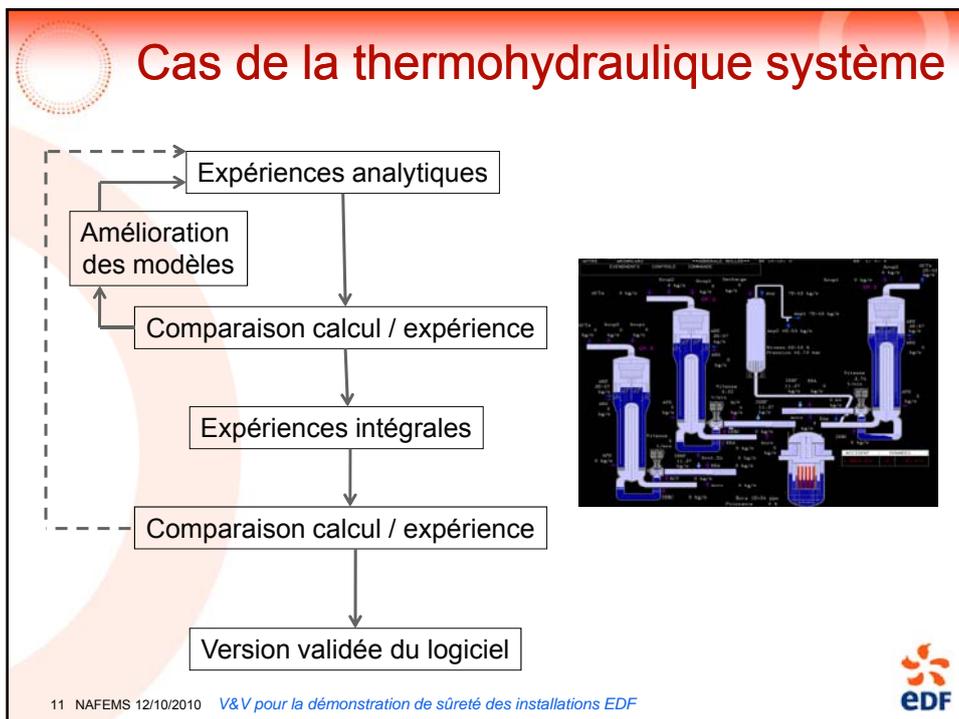


## Validation

- ⊙ Validation à effets séparés :  
validation des modèles élémentaires dans des situations simplifiées
  - Expériences « analytiques »
  - Calculs de référence
- ⊙ Validation intégrale :
  - Expériences intégrales
  - Mesures enregistrées sur réacteur
  - Calculs de référence

10 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF





## Couplages

- Vérification
- Validation des modules couplés

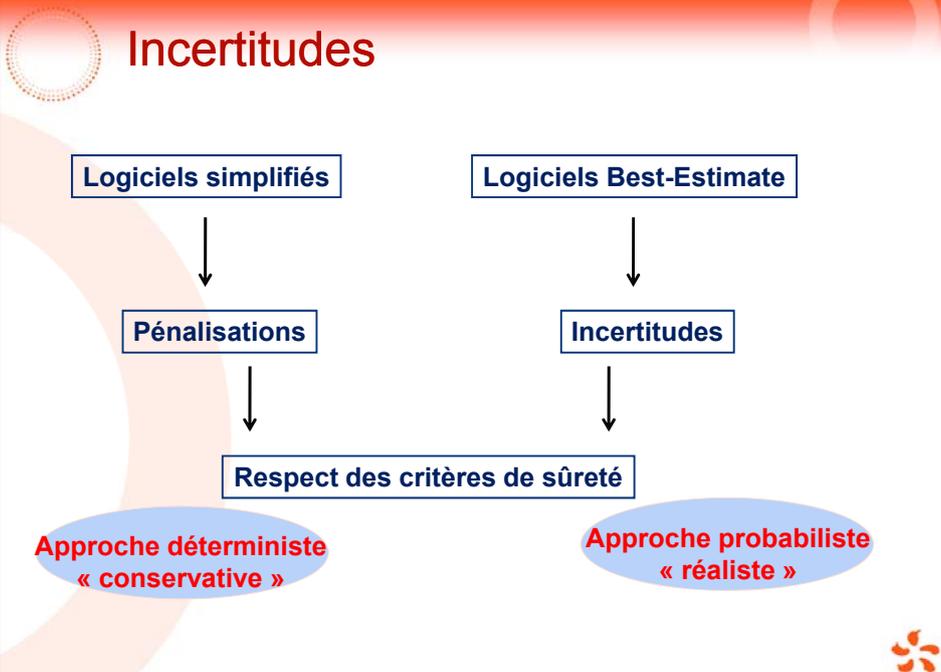
## Transposition

- Comparaison au domaine de paramètres ayant fait l'objet de la validation
- Méthodologie de mise en œuvre des logiciels
- BPG

13 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF



## Incertitudes

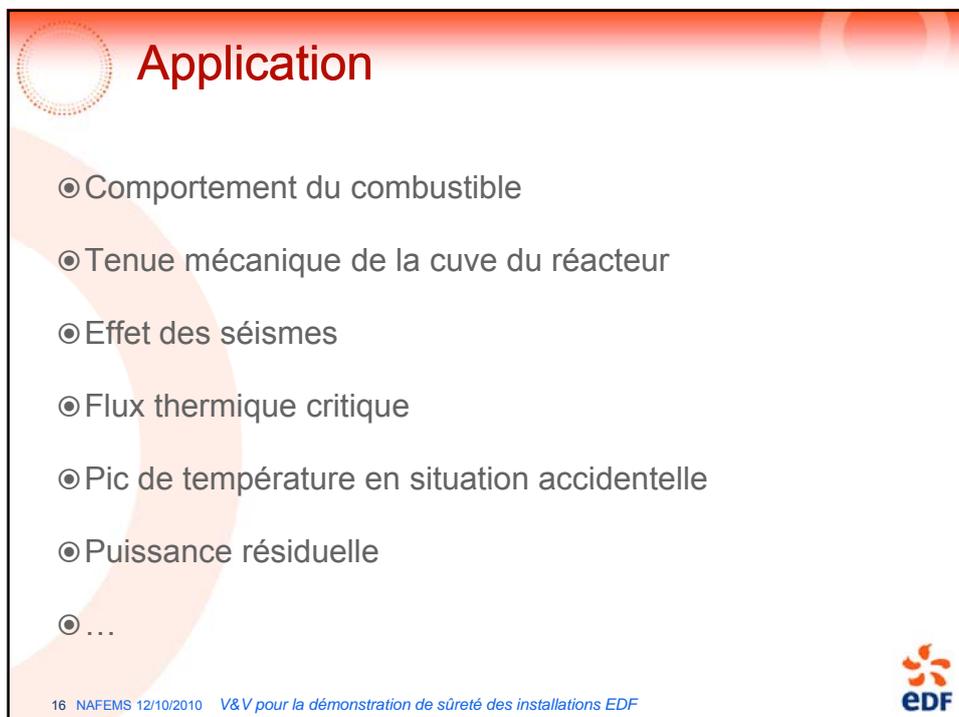
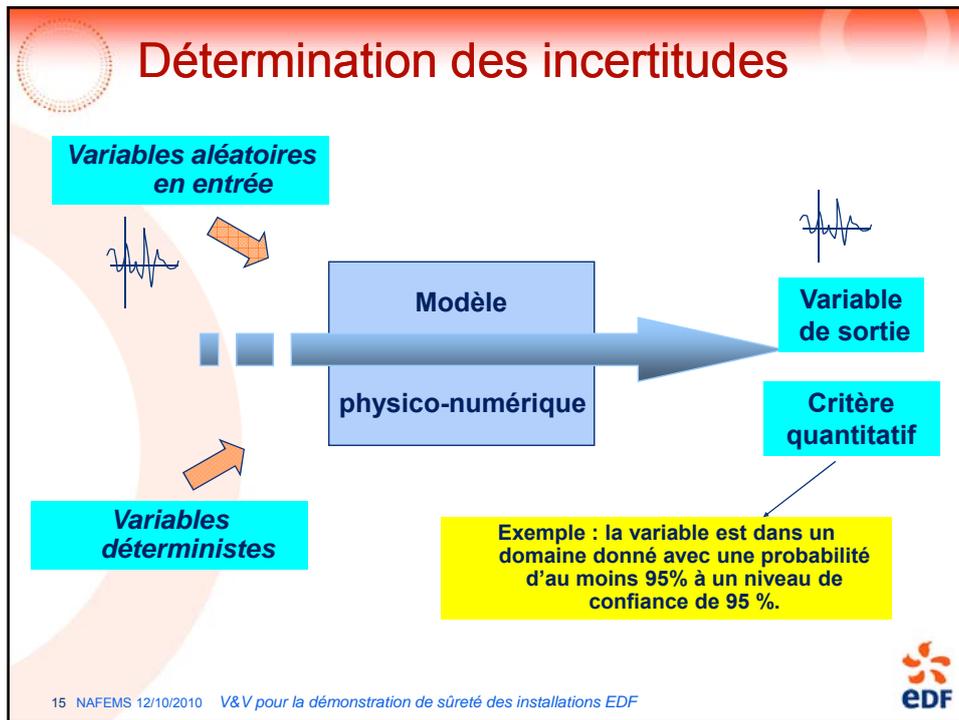


```

graph TD
    A[Logiciels simplifiés] --> B[Pénalisations]
    B --> C[Respect des critères de sûreté]
    D[Logiciels Best-Estimate] --> E[Incertitudes]
    E --> C
    F([Approche déterministe « conservative »]) --- B
    G([Approche probabiliste « réaliste »]) --- E
  
```

14 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF

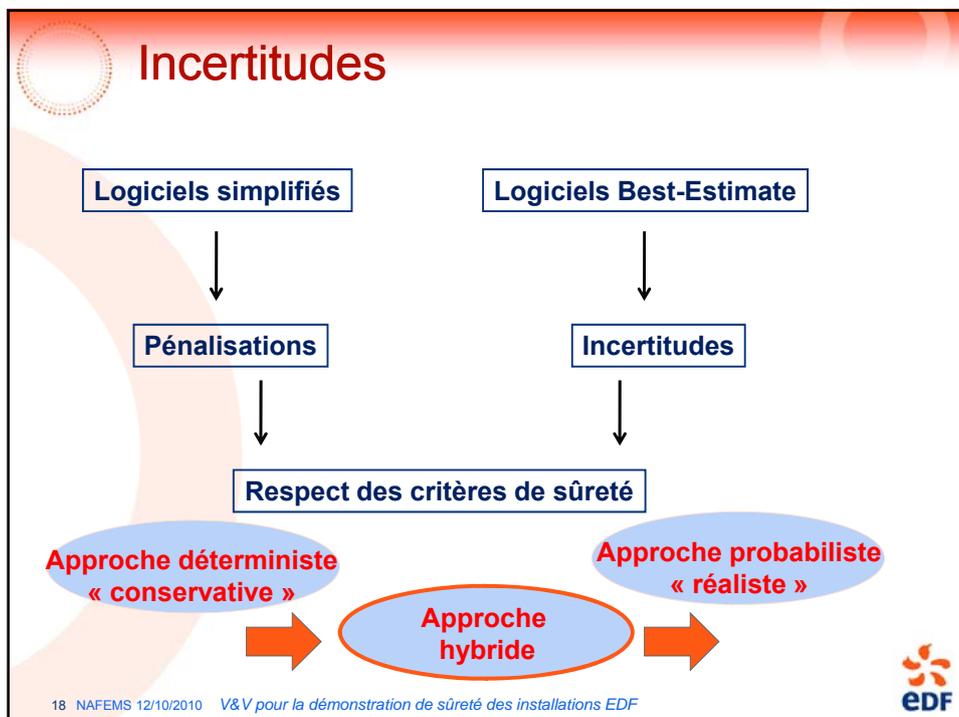


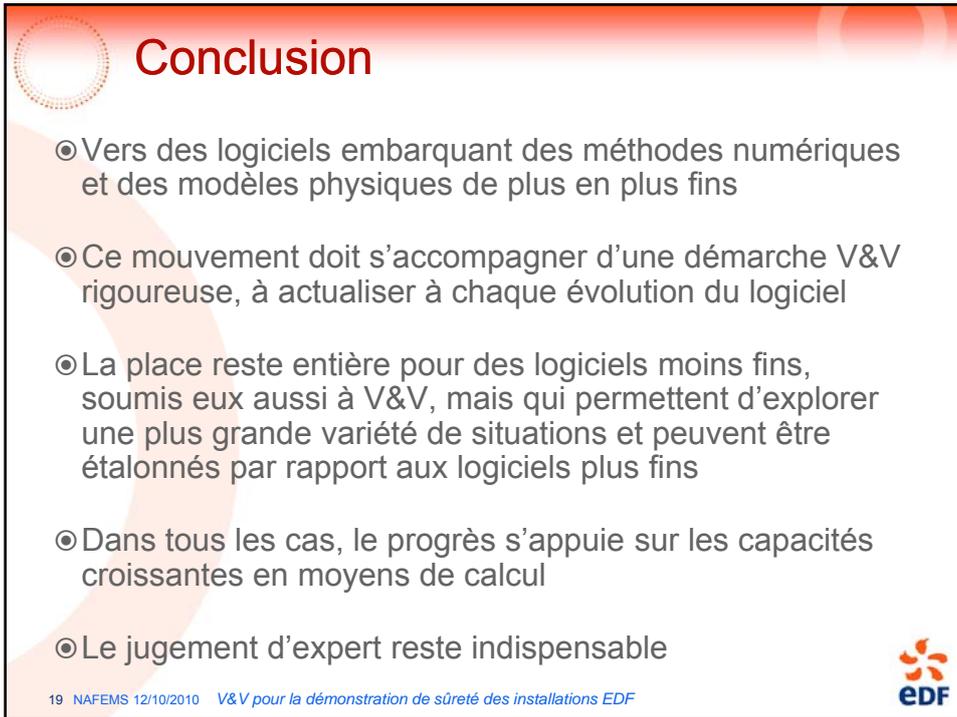


## Principaux enseignements

- ⊙ Points clés :
  - choix des variables incertaines
  - quantification de leur incertitude
- ⊙ Le jugement de l'expert est indispensable
- ⊙ incertitudes des logiciels  $\neq$  incertitudes des applications
- ⊙ Deux voies : cumuler les incertitudes élémentaires ou comparer les résultats aux expériences intégrales
- ⊙ La démarche incertitudes est à réserver aux logiciels matures

17 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF



## Conclusion

- ⊙ Vers des logiciels embarquant des méthodes numériques et des modèles physiques de plus en plus fins
- ⊙ Ce mouvement doit s'accompagner d'une démarche V&V rigoureuse, à actualiser à chaque évolution du logiciel
- ⊙ La place reste entière pour des logiciels moins fins, soumis eux aussi à V&V, mais qui permettent d'explorer une plus grande variété de situations et peuvent être étalonnés par rapport aux logiciels plus fins
- ⊙ Dans tous les cas, le progrès s'appuie sur les capacités croissantes en moyens de calcul
- ⊙ Le jugement d'expert reste indispensable

19 NAFEMS 12/10/2010 V&V pour la démonstration de sûreté des installations EDF

