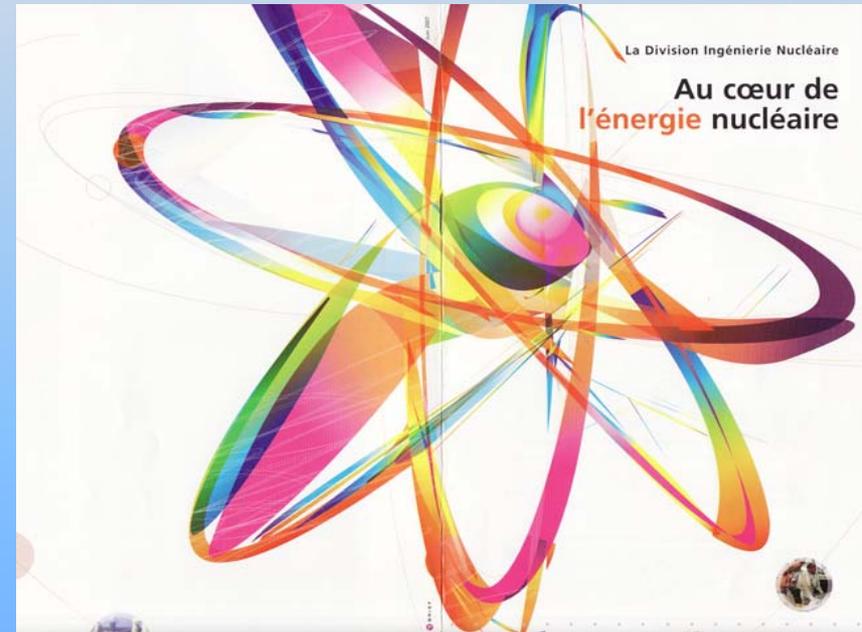




Code_Saturne Outil d'Ingénierie

- Les analyses de Sûreté au SEPTEN
- Méthodologies d'études
- PIRT & études de sensibilité
- Illustrations
- Conclusion



Au cœur de l'énergie nucléaire

Parc en
exploitation

5 missions DIN au service de
Performance
et Sûreté

Valoriser le
nucléaire à
l'international

Accident de
DILUTION

SEPTEN L'EXPERTISE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE
Service Études et Projets Thermiques et Nucléaires

Pôle de Thermohydraulique locale

Accident
d'APRP BI
CHOC FROID

DUREE de VIE

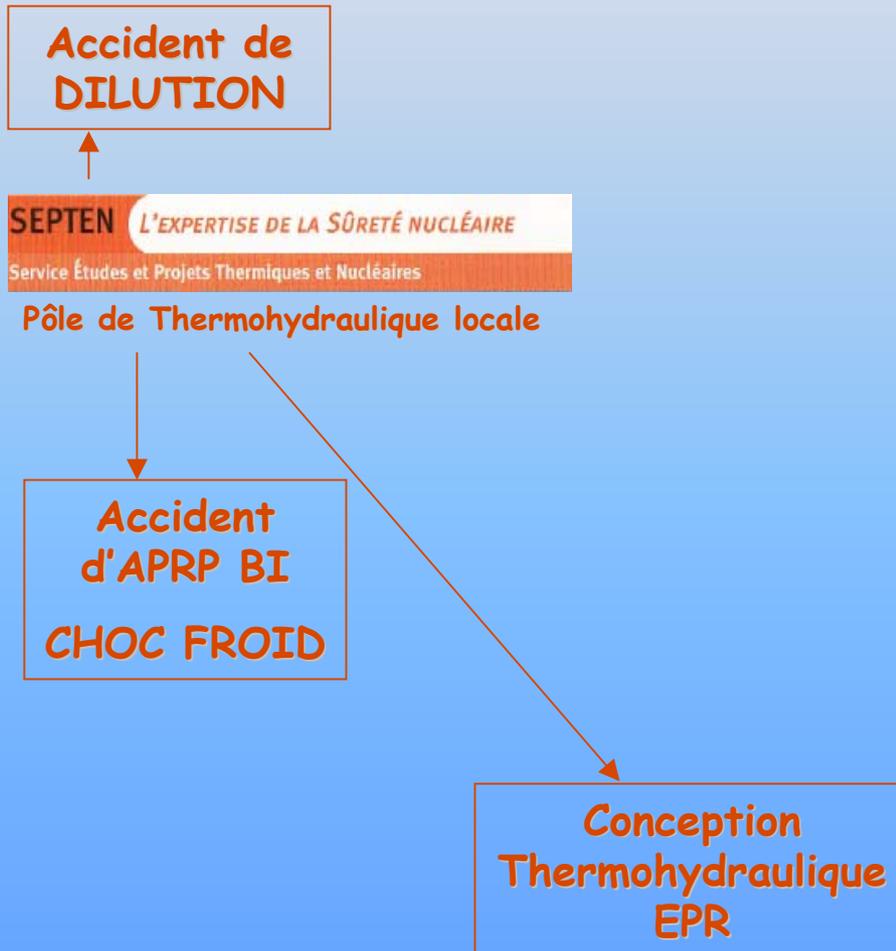
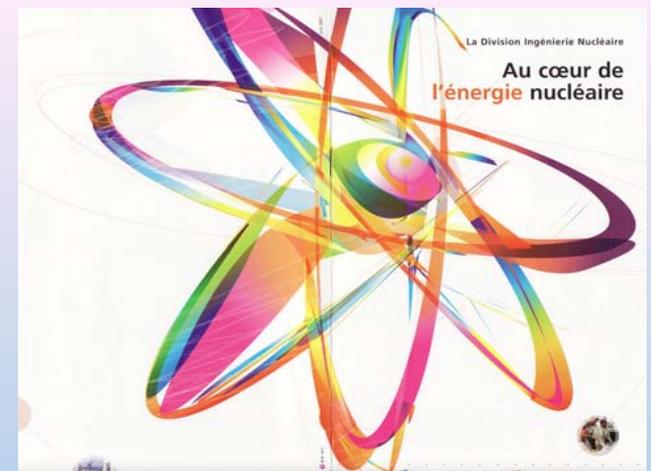
Architecte
Ensembleur

EPR

Conception
Thermohydraulique
EPR

Déconstruction



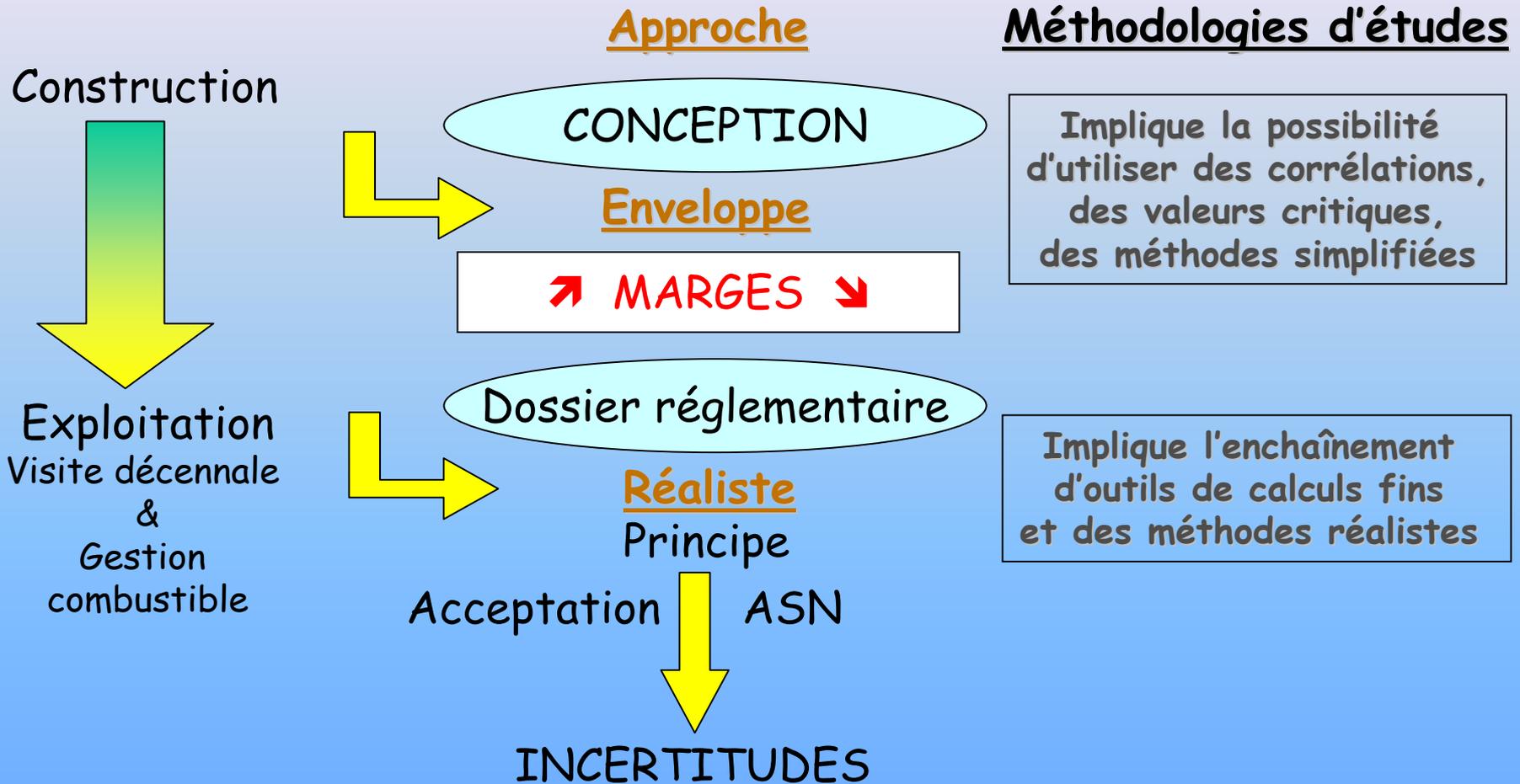


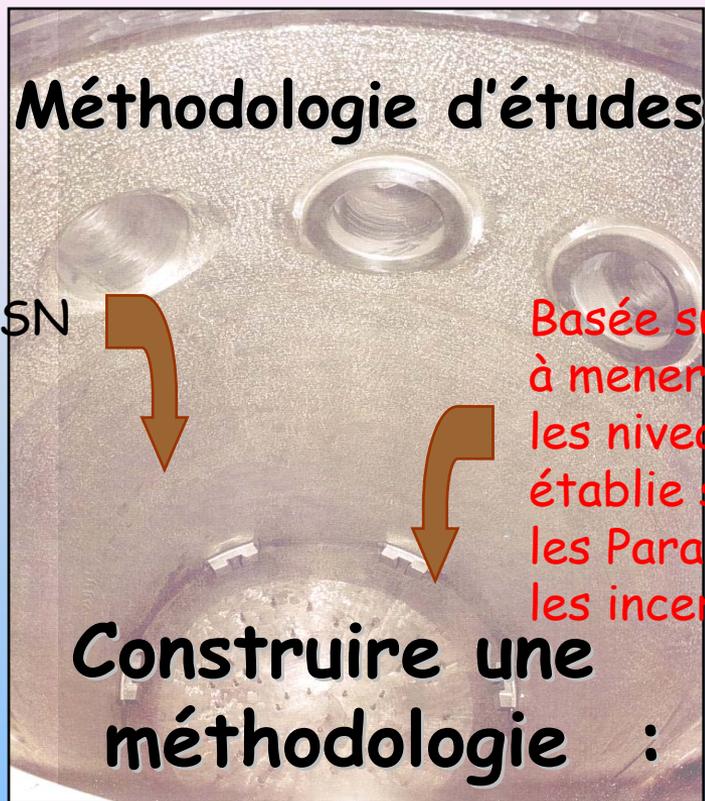
Le traitement des accidents impose la construction de Méthodologies d'études

Mais la Sûreté n'est jamais définitivement acquise

Et depuis la construction des centrales les approches évoluent....

La modification des approches conduit à faire évoluer les méthodologies d'études d'accidents





Licenciée par l'IRSN

Révision du rapport de Sûreté
lors des visites décennales
ou pour une nouvelle gestion
combustible

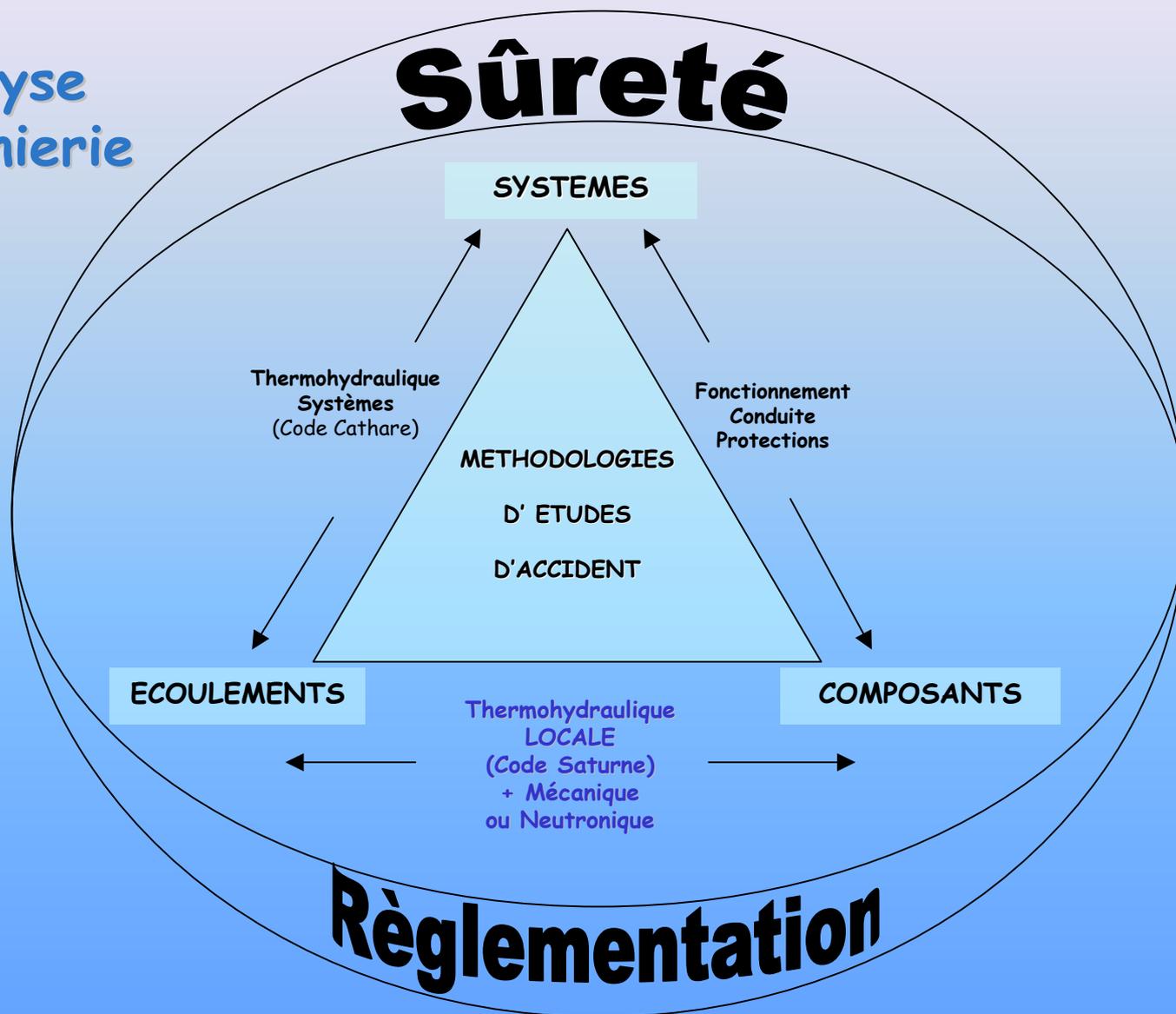
Basée sur des études de sensibilité
à mener sur la **PHYSIQUE** à tous
les niveaux « Global & Local »,
établie sur les phénomènes dominants,
les Paramètres clés (**PIRT**),
les incertitudes et les pénalisations

- c'est un enjeu fort : Il faut faire accepter à l'ASN la démarche de l'analyse avant de constituer et remettre les dossiers
- c'est donc une assurance vis à vis de l'instruction avec l'ASN

C'est consolider la Performance et la Sûreté
des tranches nucléaires

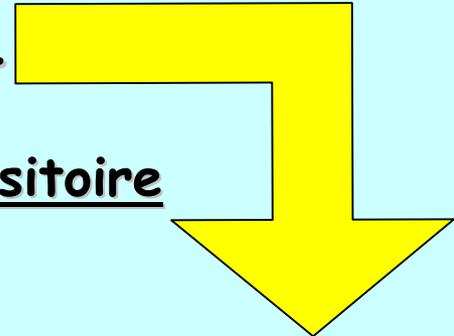
Démarche des METHODOLOGIES d'ETUDES

Analyse
d'ingénierie



Démarche des METHODOLOGIES d'ETUDES réalistes

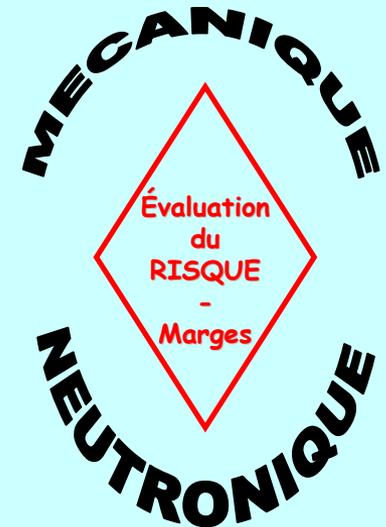
Partir de la **finalité** de l'analyse...
Pour cibler au mieux
les paramètres physiques DOMINANTS le transitoire



DONNEES d'interface Système/locale



Données d'interface locales



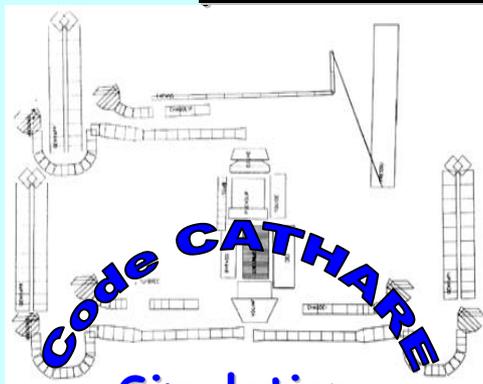
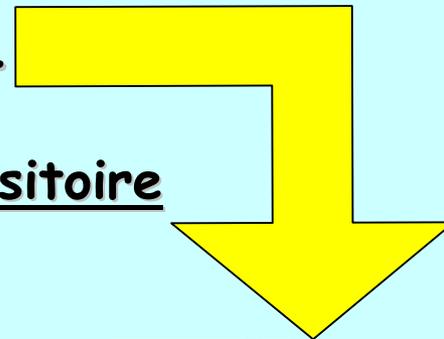
Échelle **GLOBALE**

Échelle **LOCALE**

Démarche des METHODOLOGIES d'ETUDES

Partir de la **finalité** de l'analyse...

Pour cibler au mieux
les paramètres physiques DOMINANTS le transitoire

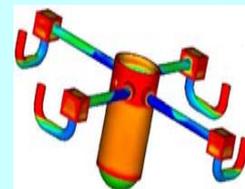


Simulation
Transitoire
d'APRP BI

Simulation comportement SYSTEME



DONNEES d'interface Systeme/locale



Code_Saturne

Code CFD
Approche
Thermohydraulique
locale

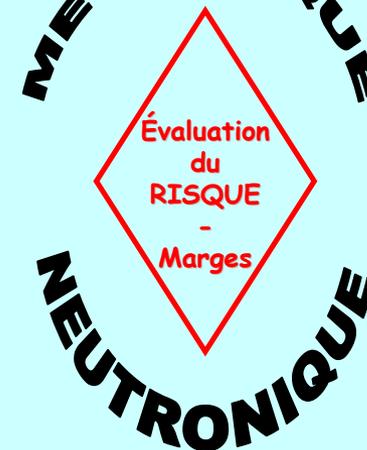
Simulation 3D



Données d'interface locales

Code_Aster

MECANIQUE



NEUTRONIQUE

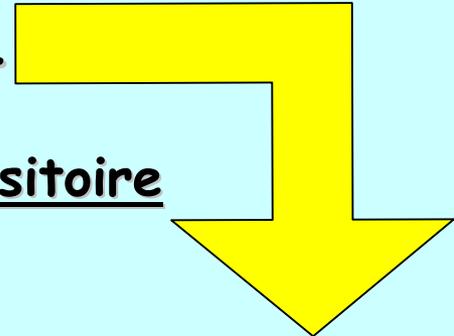
Thyc-Coccinelle

Échelle GLOBALE

Échelle LOCALE

Démarche des METHODOLOGIES d'ETUDES réalistes

Partir de la **finalité de l'analyse...**
Pour cibler au mieux
les paramètres physiques DOMINANTS le transitoire



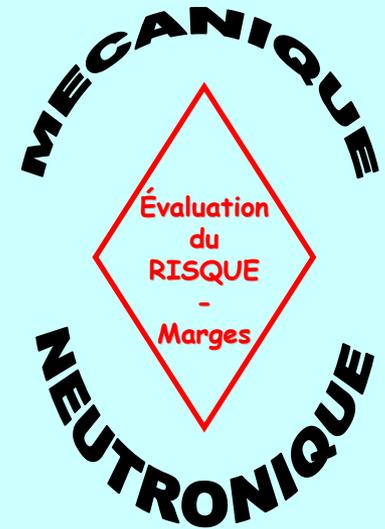
PIRT



DONNEES d'interface Système/locale



Données d'interface locales



Échelle **GLOBALE**

Échelle **LOCALE**

Le PIRT

(Phenomena Identification and Ranking Table)

.....La formalisation des éléments dominants le transitoire.....

Le PIRT est une **méthode pour GUIDER** la vérification de la bonne capacité des modélisations à reproduire fidèlement les paramètres physiques dominants le transitoire, dans une analyse de Sûreté ou, en ce qui concerne le choc froid, le respect d'un critère réglementaire et encore plus globalement une conception de réacteur.

« [Adéquation Modèles - Phénomènes physiques dominants] »

« Le PIRT permet de répondre à plusieurs besoins : aller à l'essentiel, faire un état des connaissances et notamment identifier les phénomènes physiques influents et insuffisamment connus, et également permet d'assurer une bonne maîtrise du transitoire »

le PIRT ... c'est la première étape d'une méthodologie

...de plus le PIRT est ITERATIF

Le PIRT

(Phenomena Identification and Ranking Table)

.....La formalisation des éléments dominants le transitoire.....

Pour établir un PIRT :

- 1- On identifie les « paramètres dominants ou qui pilotent le transitoire »),
- 2- On classe numériquement les éléments de la liste en documentant la justification (études de sensibilité, expérimentations, ...).

Comme le PIRT est ITERATIF

Au fur et à mesure des résultats
des études de sensibilité
on révisé le PIRT

PIRT système :

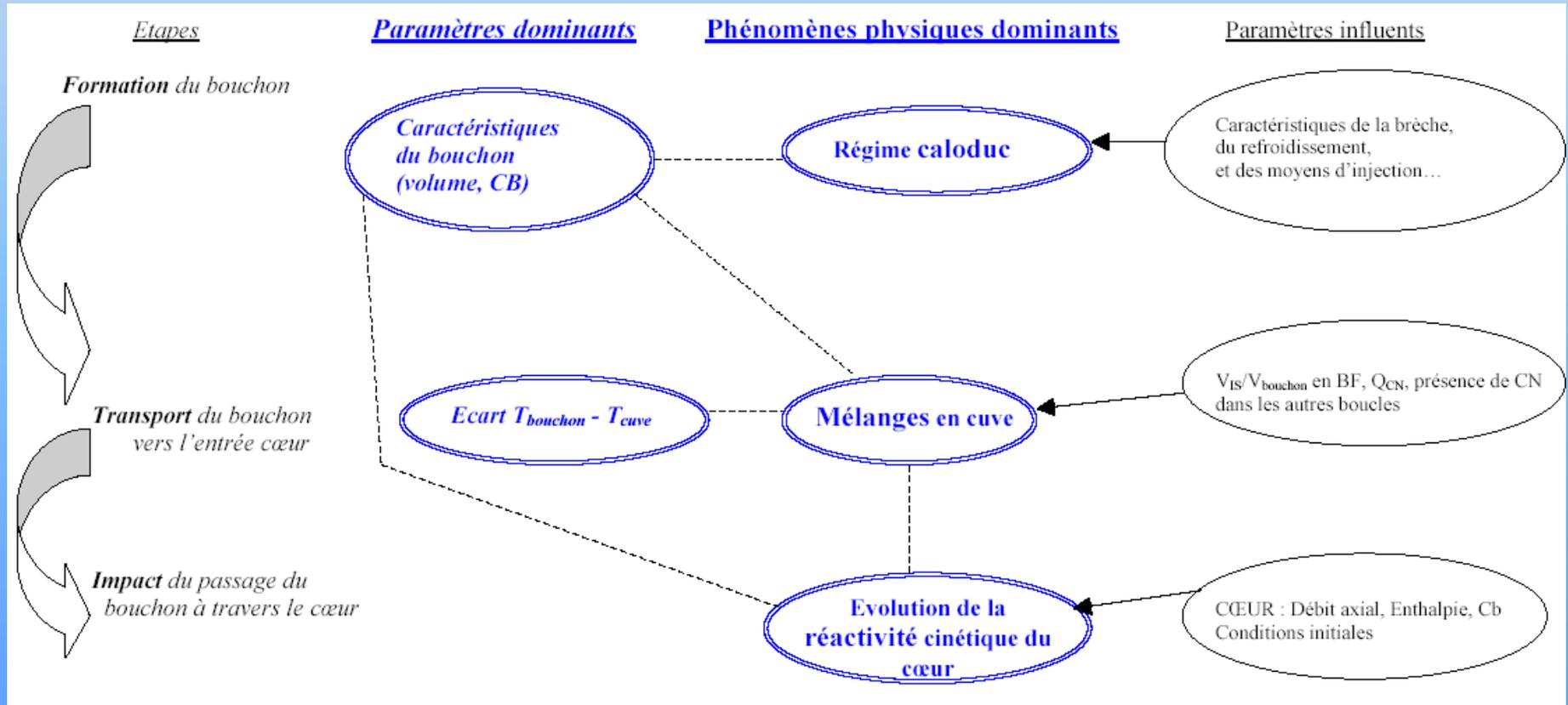
Liste des paramètres du système influents sur les paramètres dominants le coefficient de sécurité (Pression, Température et Vitesse du fluide en proche paroi)

Notation utilisée = 1 pour très influent à 5 comme moins important

Identification des paramètres système	Niveau d'influence sur les PARAMETRES DOMINANTS	Éléments de justification
Caractéristique de la Brèche : <ul style="list-style-type: none"> • Taille • Position • Orientation 	1 2 4	Une brèche en BC maximise le choc froid en évitant une évacuation directe d'une partie du débit d'IS en cas de brèche en BF.
Débit d'IS	1	Pilote l'intensité du choc froid
Température d'IS	1	REX des études de sensibilité: 1°C équivaut à x% sur le Cs
Puissance résiduelle	3	
Débit de l'ASG	4	L'ASG participe d'avantage au comportement système qu'aux effets locaux en cuve
Température de l'ASG	4	
Perte de la circulation naturelle	1	Conduit à la stratification en BF et à l'apport "direct" de froid dans la cuve
Instant de fin de circulation naturelle (TFCN)	4	Décalage temporel sans prépondérance sur l'intensité du choc thermique ??
Actions opérateur : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Instant d'Arrêt des GMPP ➤ REF MAX (Ouverture des vannes du GCT-a) 	2 3	Dénoyage provoqué par la séparation des phases
Niveau de dénoyage	2	A définir (études en cours)

.....La formalisation des éléments dominants le transitoire.....

PIRT DILUTION Inhérente



Le PIRT

(Phenomena Identification and Ranking Table)

.....La formalisation des éléments dominants le transitoire.....

PIRT système :

Liste des paramètres du système influents sur les paramètres dominants le coefficient de sécurité (*Pression, Température et Vitesse du fluide en proche paroi*)

Notation utilisée = 1 pour très influent à 5 comme moins important

Identification des paramètres système	Niveau d'influence sur les PARAMETRES DOMINANTS	Eléments de justification
Caractéristique de la Brèche : <ul style="list-style-type: none"> • Taille • Position • Orientation 	1 2 4	Une brèche en BC maximise le choc froid en évitant une évacuation directe d'une partie du débit d'IS en cas de brèche en BF.
Débit d'IS	1	Pilote l'intensité du choc froid
Température d'IS	1	REX des études de sensibilité: 1°C équivaut à x% sur le Cs
Puissance résiduelle	3	
Débit de l'ASG	4	L'ASG participe d'avantage au comportement système qu'aux effets locaux en cuve
Température de l'ASG	4	
Perte de la circulation naturelle	1	Conduit à la stratification en BF et à l'apport "direct" de froid dans la cuve
Instant de fin de circulation naturelle (TFCN)	4	Décalage temporel sans prépondérance sur l'intensité du choc thermique ??
Actions opérateur : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Instant d'Arrêt des GMPP ➤ REF MAX (Ouverture des vannes du GCT-a) 	2 3	Dénoyage provoqué par la séparation des phases
Niveau de dénoyage	2	A définir (études en cours)

Le PIRT

(Phenomena Identification and Ranking Table)

.....La formalisation des éléments dominants le transitoire.....

2^{ème} étape : Transport du bouchon - Paramètres influents

Notation utilisée = 1 pour très influent à 5 comme moins important

Phénomènes Physiques	Paramètres influents	Choix de pénalisation du paramètre- Résultats des sensibilités effectuées	Niveau d'influence sur le mélange du bouchon	Niveau de connaissance
Phénomènes de mélange ou stratification en branche froide	Q_{IS} T_{IS} $V_{\text{bouchon}} / V_{IS}$ en BF	Choix de Q_{IS} : valeur EPR cohérente avec les spécifications JULIETTE. Valeur réaliste de T_{IS} à considérer (issues du REX à 95%) Effets antagonistes de l'IS : Q_{IS} apporte du bore : effet favorable : mais température IS froide → effet de gravité : favorable si stratification en BF défavorable si mélange parfait en BF Sensibilités → impact de la stratification en BF Le rapport en BF $V_{\text{bouchon}} / V_{IS}$ est bien respecté sur la maquette JULIETTE	1	1
Phénomènes de perte et de reprise de la Circulation Naturelle	Q_{CN}	Sensibilité prévue à 2 profils de débits (avec 2 seuils max à 400 kg/s et 215 kg/s), issus des résultats PKL simplifiés. A priori le choix de Q_{CN} max serait pénalisant (hypothèse à confirmer)	3	3
Mélange dans le downcomer → possibilité d'un flottement du bouchon dans la partie supérieure du downcomer ou bien entraînement du bouchon vers le fond de cuve	T_{cuve} Ecart entre T_{cuve} et T_{bouchon}	Importance de l'écart de densité entre le bouchon froid et l'eau du downcomer. Sensibilités à différentes T_{cuve} : → T_{cuve} froide favorable et T_{cuve} primaire max pénalisante → Choix de T_{cuve} réaliste issue du calcul système (après un temps de fonctionnement de l'IS ayant permis de refroidir le downcomer).	1	1

.....La formalisation des éléments dominants le transitoire.....

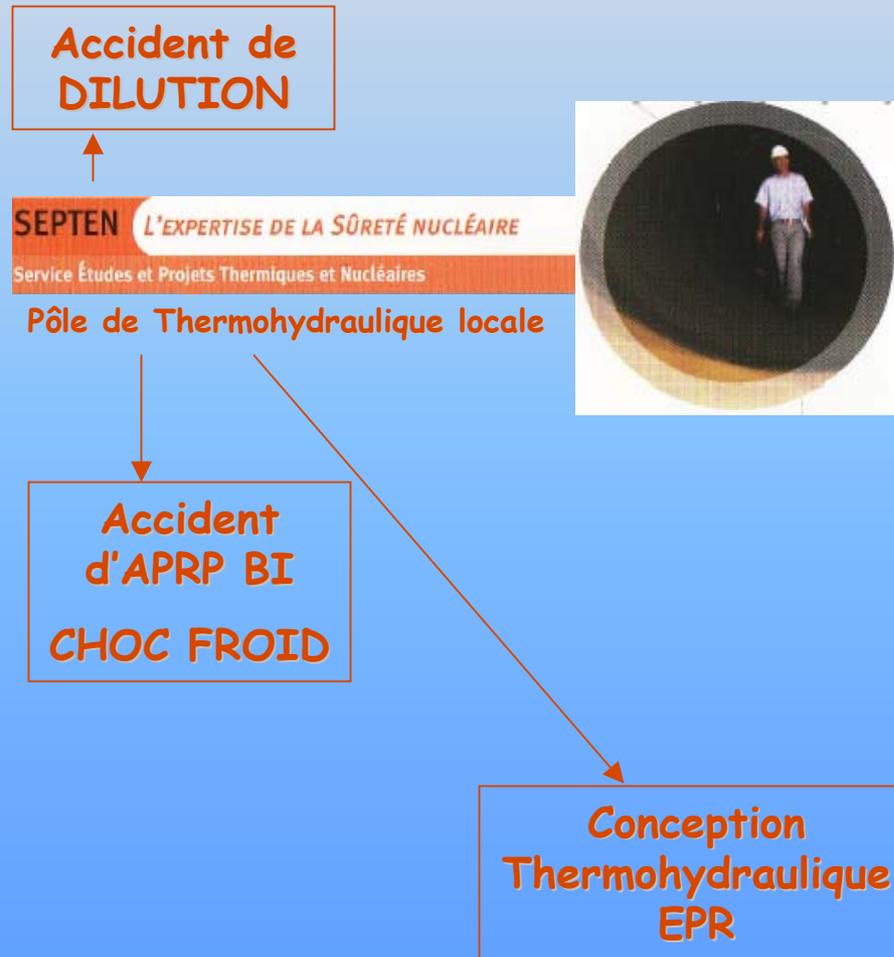
3^{ème} étape : Impact du bouchon sur le cœur- Paramètre influents sur la réactivité cinétique du cœur

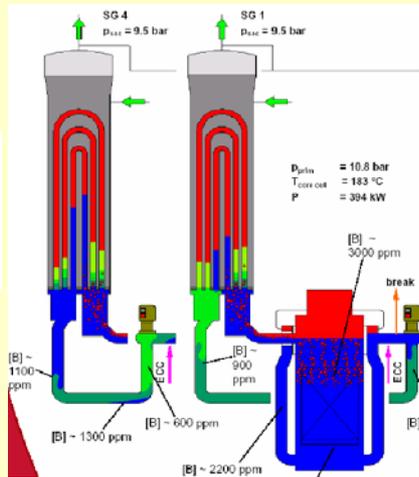
Notation utilisée = 1 pour très influent à 5 comme moins important

Phénomènes Physiques	Paramètres prépondérants	Choix de pénalisation du paramètre	Niveau d'influence sur la réactivité cinétique,	Niveau de connaissance
Caractérisation des données d'entrée (étirement du bouchon dans le temps, étalement ou présence concentrée sur une zone du bouchon en entrée cœur).	Répartition spatio-temporelle (cartes 2D) de <i>débit axial, enthalpie et Cb en entrée cœur</i>	Données issues de la 2 ^{ème} étape. Sensibilités (THYC-COCCINELLE) avec des nappes de CB, dé uniformes et constantes, puis uniformes et variables	3	4
Couplage thermohydraulique cœur / neutronique Contre-réactions neutroniques.	Etat initial du cœur : Cb et anti-réactivité initiales Autres caractéristiques neutroniques de la gestion	Cb init. max pénalisante Anti-réactivité initiale minimisée Prise en compte des caractéristiques de la gestion EPR (incluant pénalités).	1 1 2	2 2 3

Toutes les analyses de Sûreté reposent
sur des études de sensibilité
réalisées avec les codes

Systeme (et/ou) **CFD** (et/ou) **Mécanique** (et/ou) **Neutronique**

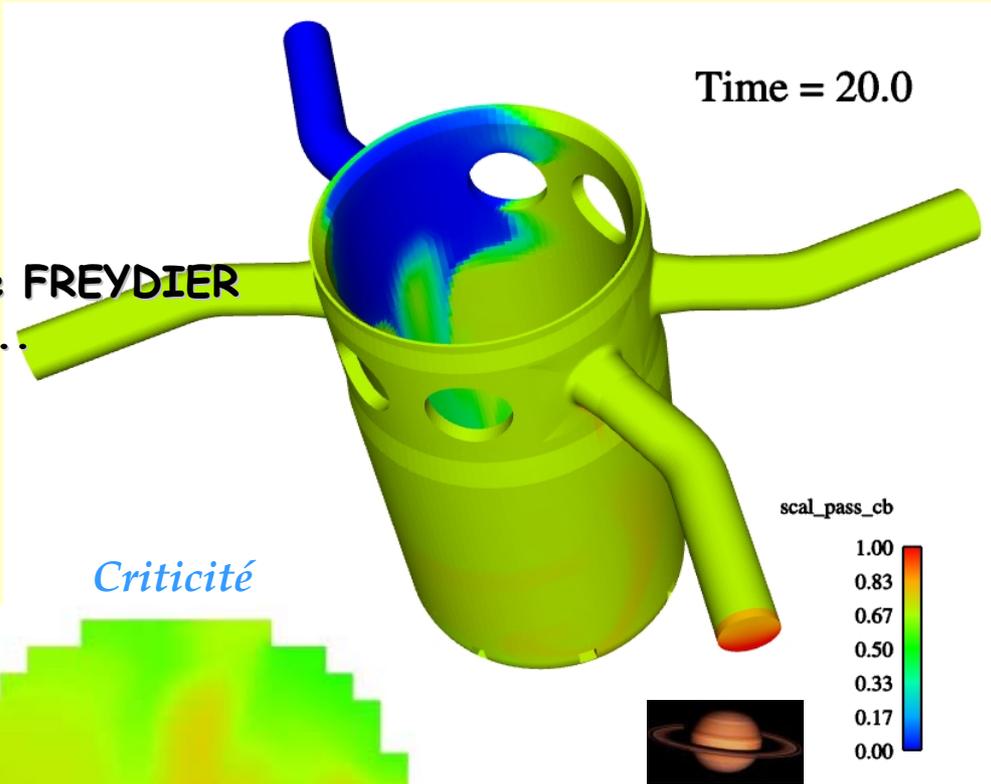




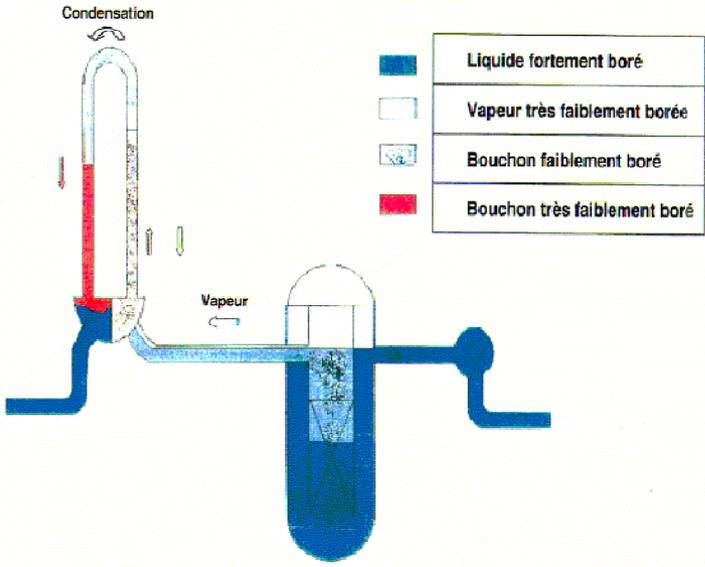
DILUTION

Inhérente

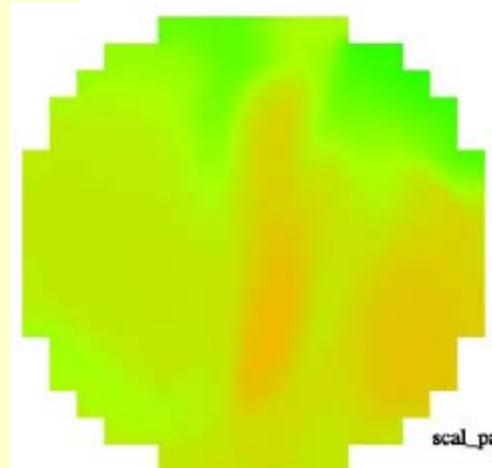
Présentation de Philippe FREYDIER
En fin de matinée.....



Fonctionnement des GV en régime caloduc



Criticité



Concentration en entrée cœur

Code_Saturne

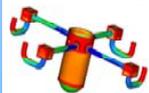
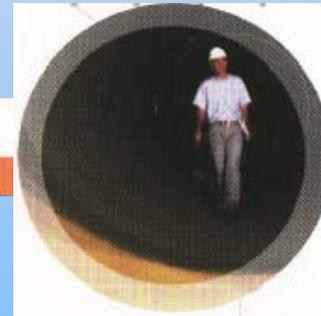
Toutes les analyses de Sûreté reposent sur des études de sensibilité réalisées avec les codes

Systeme (et/ou) CFD (et/ou) Mécanique (et/ou) Neutronique

SEPTEN L'EXPERTISE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

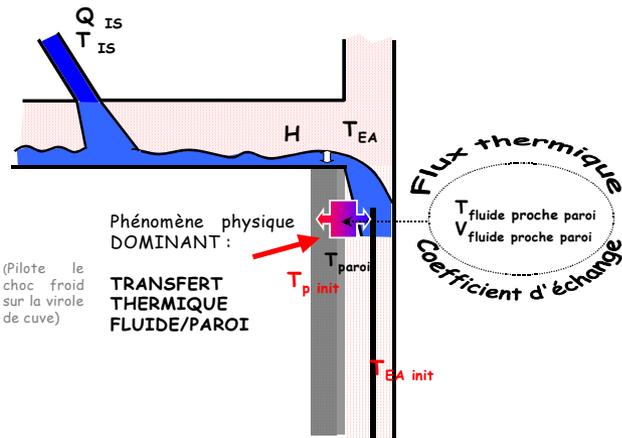
Service Études et Projets Thermiques et Nucléaires

Pôle de Thermohydraulique locale



Transitoire de choc froid en APRP BI
Thermohydraulique 3D locale

Phénomène déterminant pour le FACTEUR de marge ?



Des calculs avec Code_Saturne

- sur la maquette HYBISCUS

- sur les cas réacteurs

Des calculs avec le code CATHARE

et des calculs mécaniques (7N/RE)

Toutes les analyses de Sûreté reposent sur des études de sensibilités réalisées avec les codes

Systeme (et/ou) CFD (et/ou) Mécanique (et/ou) Neutronique

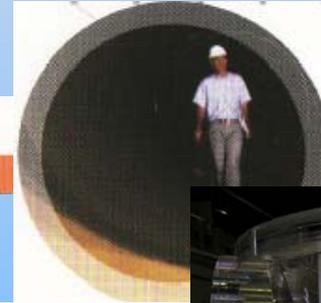


Conception
Thermohydraulique
EPR

SEPTEN L'EXPERTISE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

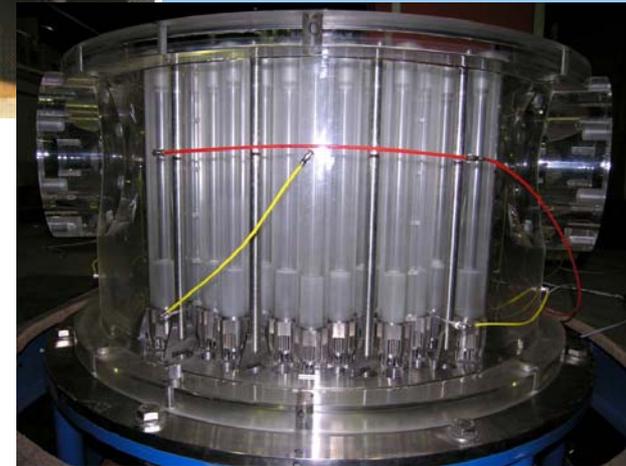
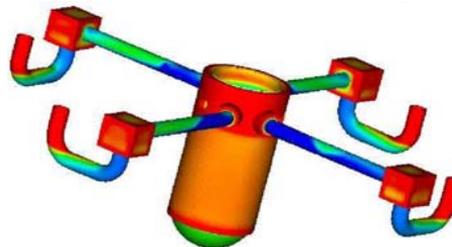
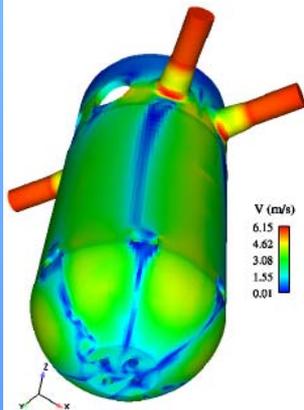
Service Études et Projets Thermiques et Nucléaires

Pôle de Thermohydraulique locale



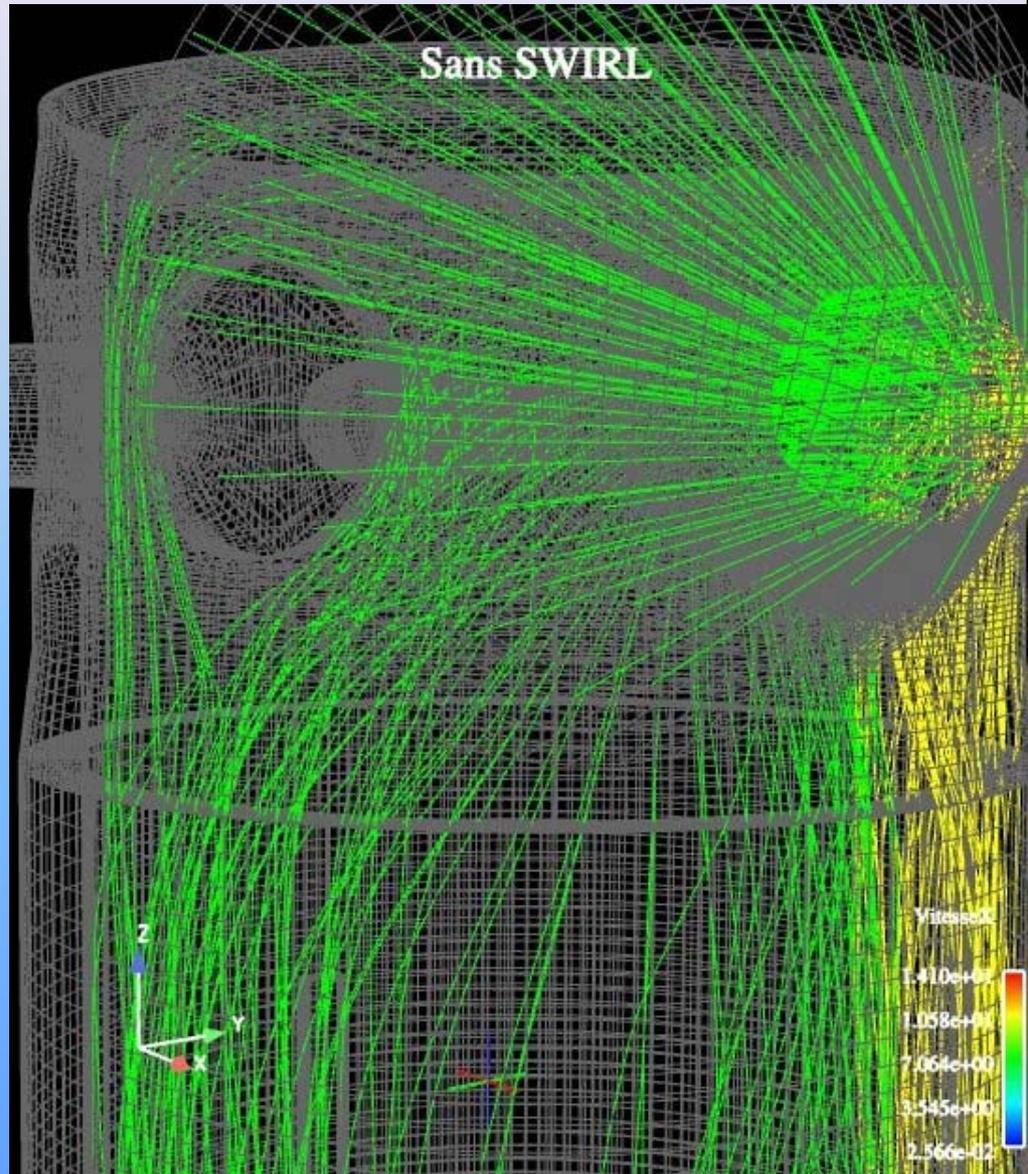
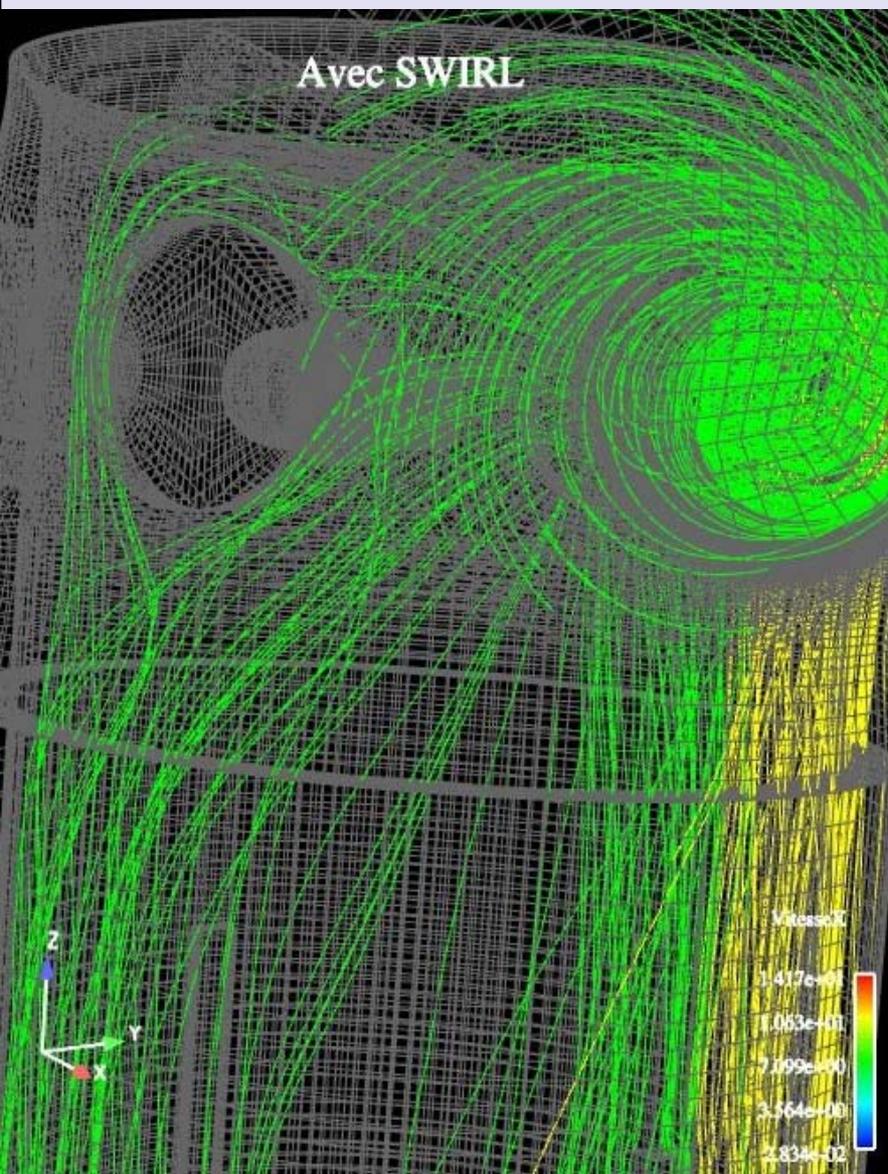
Deux étapes :

- Suivi des essais
- Études de sensibilité en configuration réacteur



Conception Thermohydraulique EPR

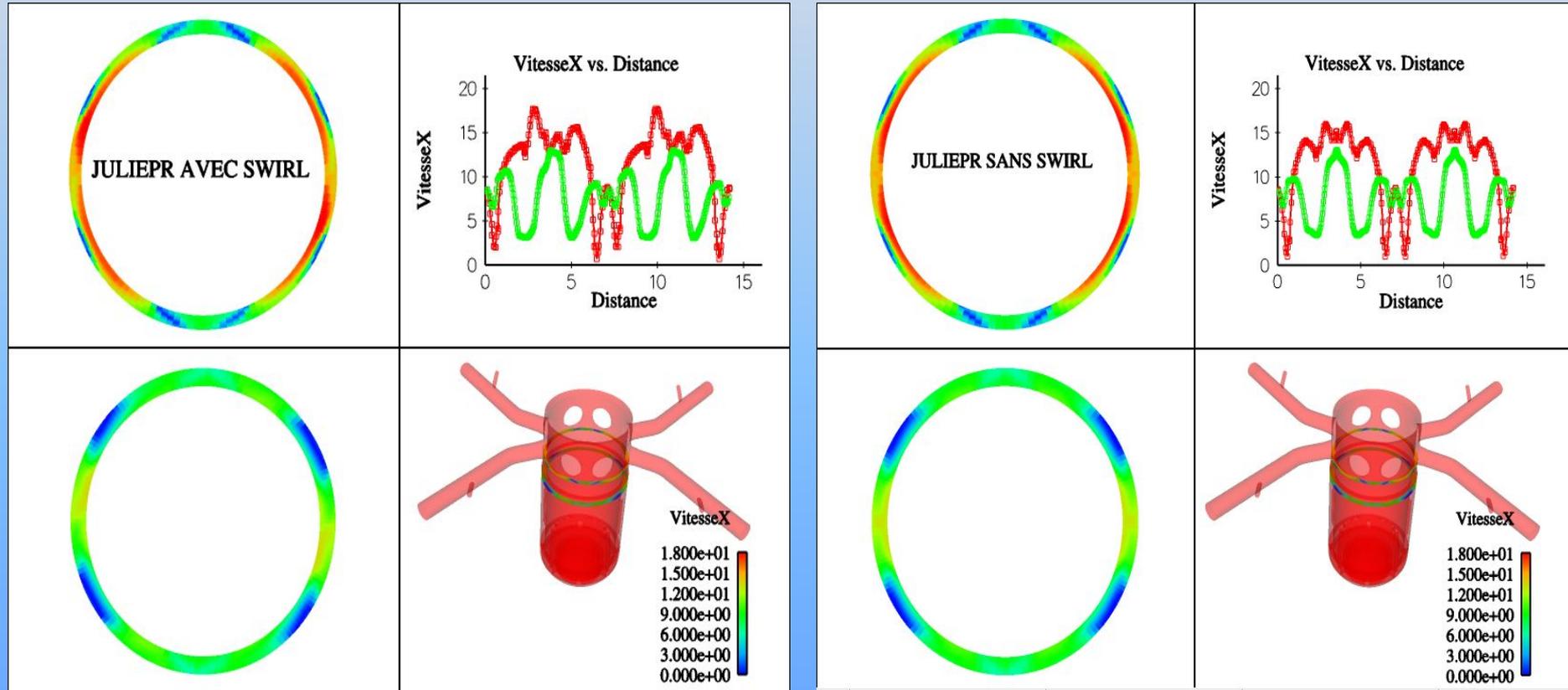
Sensibilité au swirl en BF



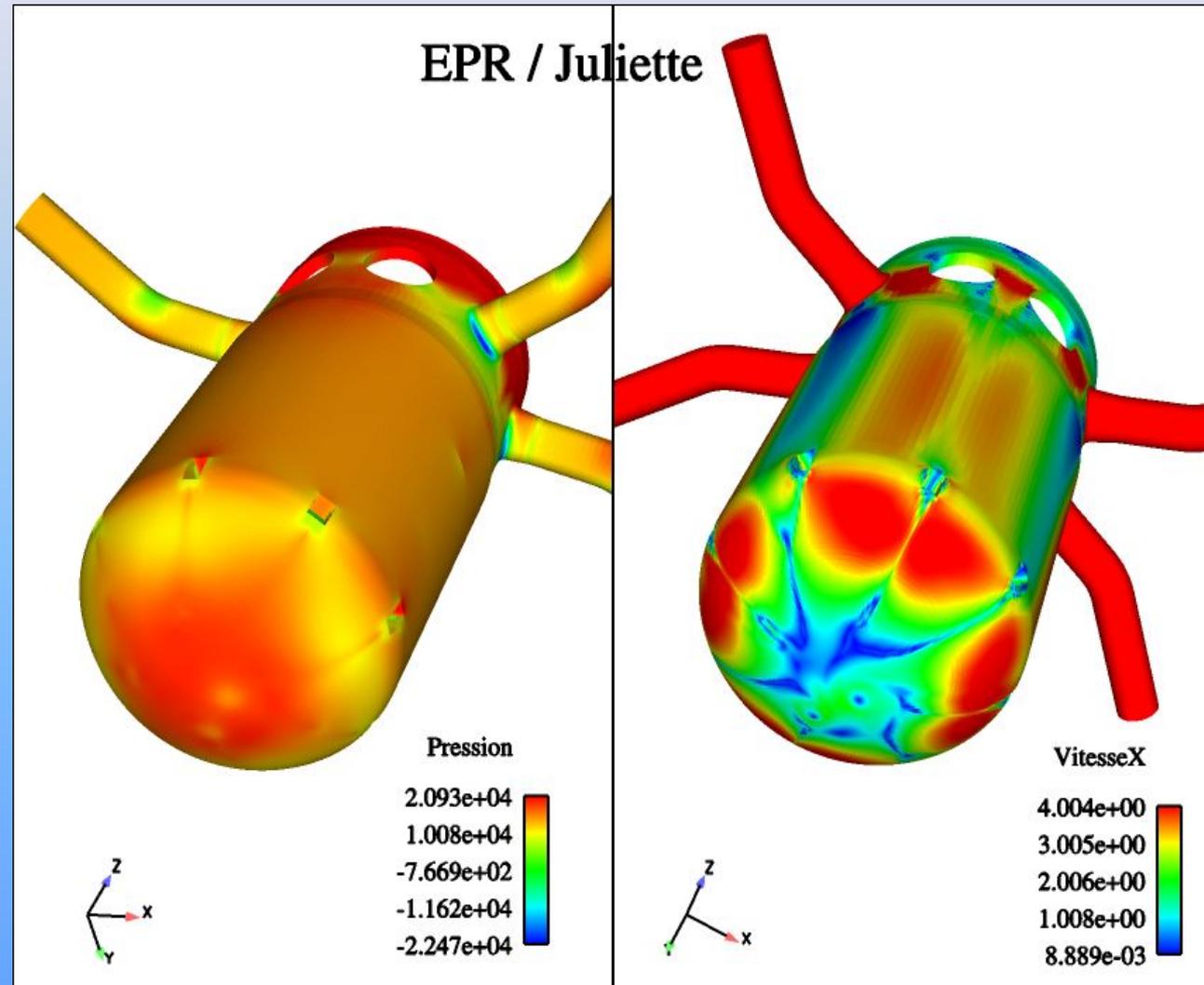
Conception Thermohydraulique EPR

Sensibilité au swirl en BF

Analyse de l'impact des swirls sur les écoulements dans la cuve & notamment comprendre l'effet sur la périphérie du cœur



- Impact de certains choix d'Areva (becquet, perçage différentiel)
- Déséquilibre de débit entre boucles
- Hétérogénéité en BC Débit primaire
- Dilution ,?
- ...

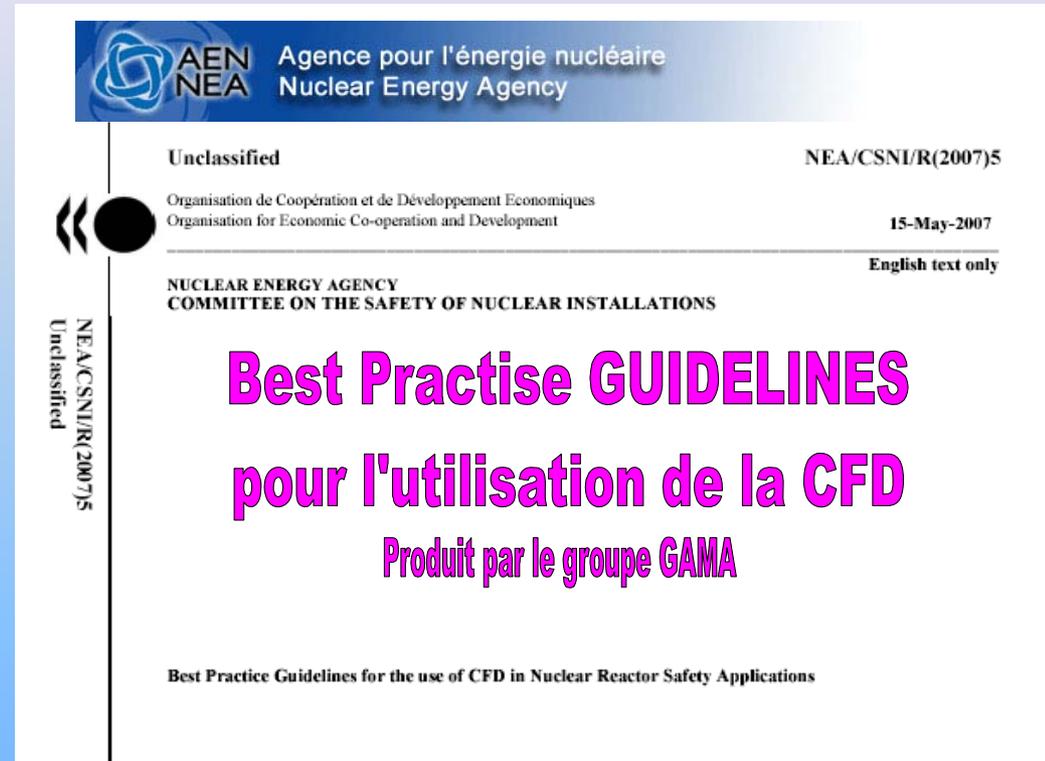


Une récente préoccupation au niveau de l'agence de l'énergie nucléaire de l'OCDE

Document non réglementaire

Mais des recommandations écrites par les ASN Européennes

Couvre un champ d'application large, tout en intégrant des spécificités comme le choc froid et la dilution



L'ingénierie a besoin de MFEE pour ajuster les pratiques et les recommandations des études CFD à venir.

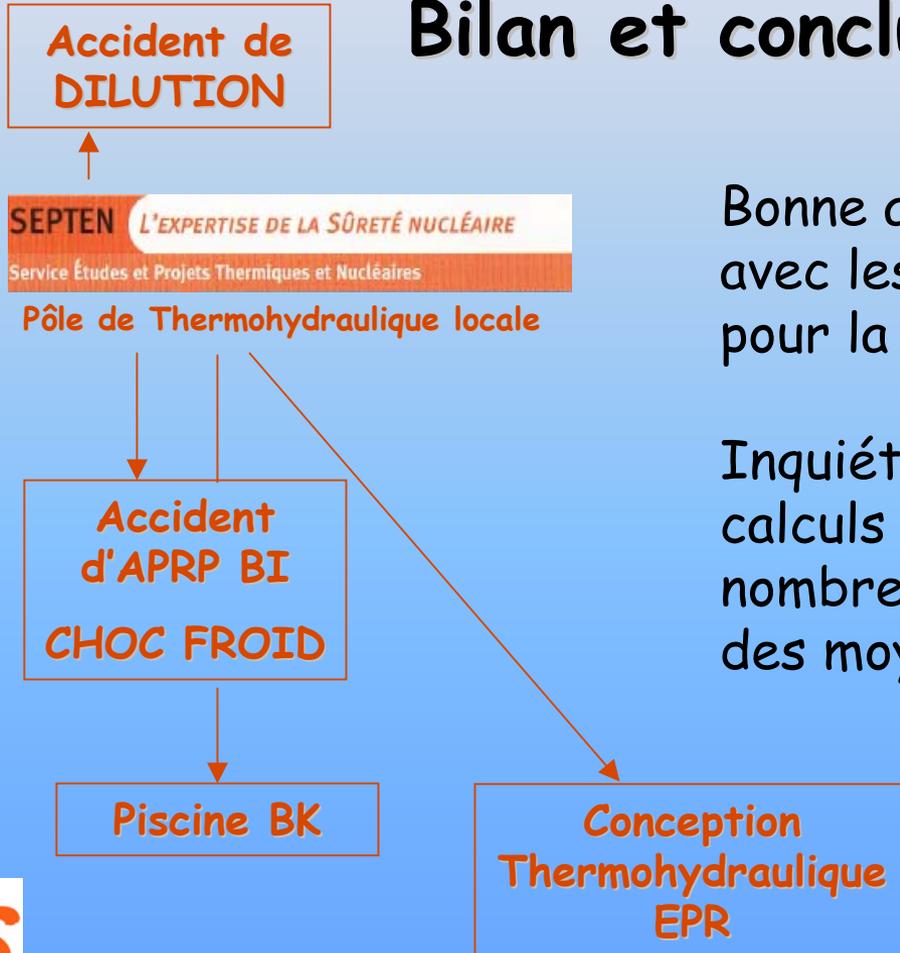
→ On propose de traiter cet aspect après les exposés du Club_U



Code_Saturne Outil d'Ingénierie



Bilan et conclusions



Bonne adéquation Code_Saturne avec les études de sensibilité pour la construction des méthodologies

Inquiétude face au nombre élevé de calculs à réaliser en regard des nombreux problèmes de disponibilité des moyens de calculs !

Besoin de se positionner vis à vis des Guidelines de l'OCDE