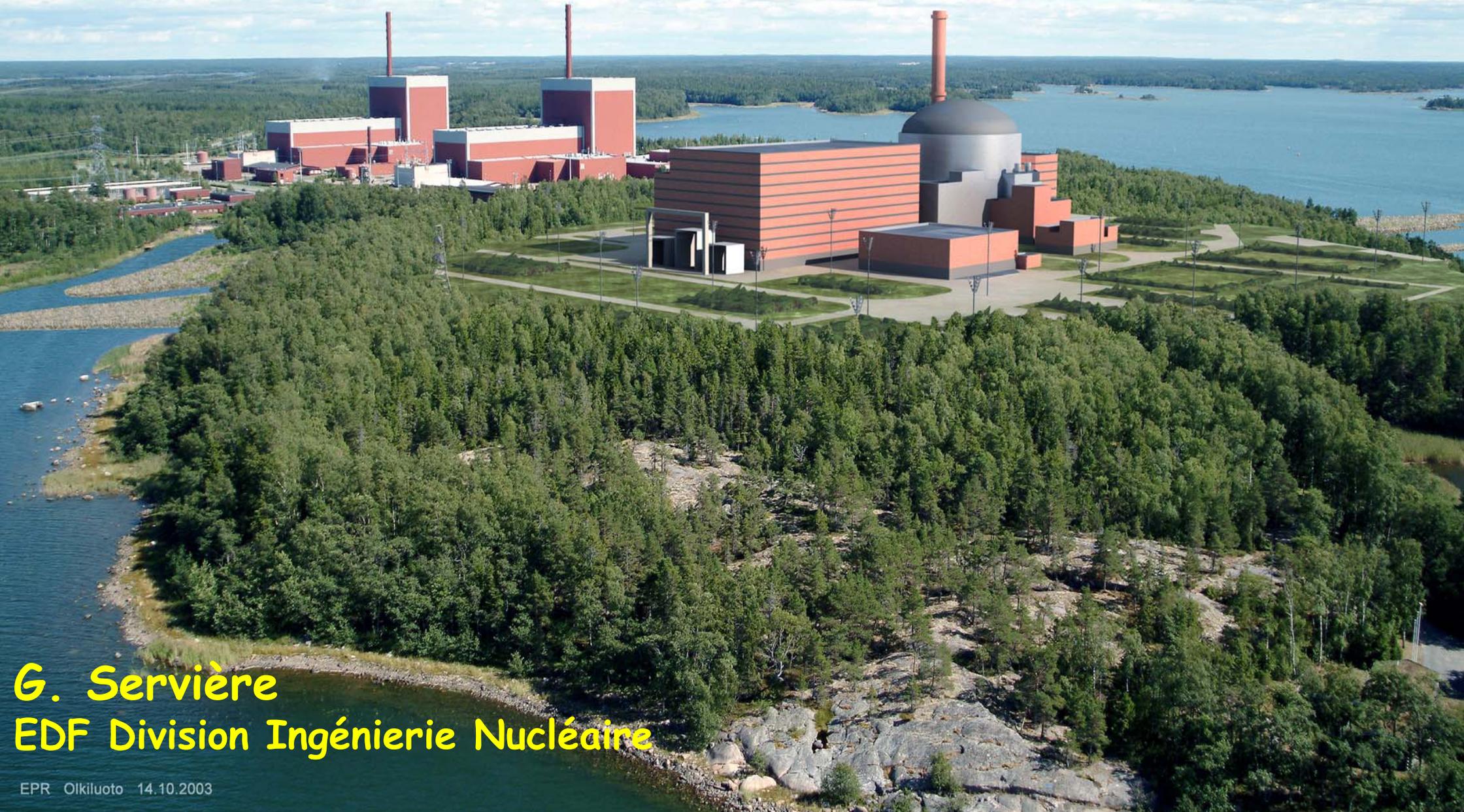


EPR

une démarche, industrielle, de progrès



G. Servièrè
EDF Division Ingénierie Nucléaire

Un peu d'histoire

- 1989 : Création de NPI (filiale FRA SIEMENS KWU)
- 1991 : Accord EDF / Électriciens allemands « idée » d'EPR
- 1993 : Recommandations communes par les autorités de sûreté franco-allemande pour les nouveaux réacteurs nucléaires
- 1995 : Engagement de l'Avant-Projet Détaillé "Basic Design"
- 1999 : Fin de l'Avant-Projet Détaillé de l'Îlot Nucléaire
- 2000 : Revue du "Basic Design Report" par l'autorité de sûreté française avec la participation d'experts allemands et émission des conclusions sous forme de "Technical Guidelines"
- 2001 : Fusion FRA ⇔ SIEMENS-KWU en FRA ANP :
Poursuite des études détaillées
- 2002 : Décision finlandaise pour construire un 5ème réacteur- l'EPR proposé
- 2003 : EPR Choisi par TVO , l'électricien finlandais

Bilan : plus de 2 millions d'heures d'études effectuées sur ce projet à ce jour

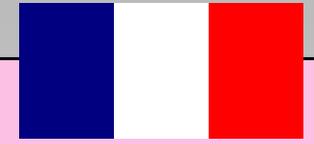
... partant de choix très différents



KONVOI

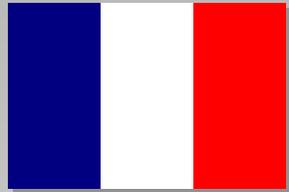
- Enceinte métallique sphérique
- Avion militaire Phantom
- Piscine combustible utilisé dans le BR
- Systèmes de sauvegarde:
 - 4 trains 50% indépendants
 - pas d'aspersion enceinte
- RRA hors enceinte
- Instrumentation in-core en tête
- Salle de commande avec panneaux dédiés
- Haut niveau d'automatisation
- Coeur: 193 ass. 18x18
- **Coût élevé**
- **Très bonne disponibilité**

N4

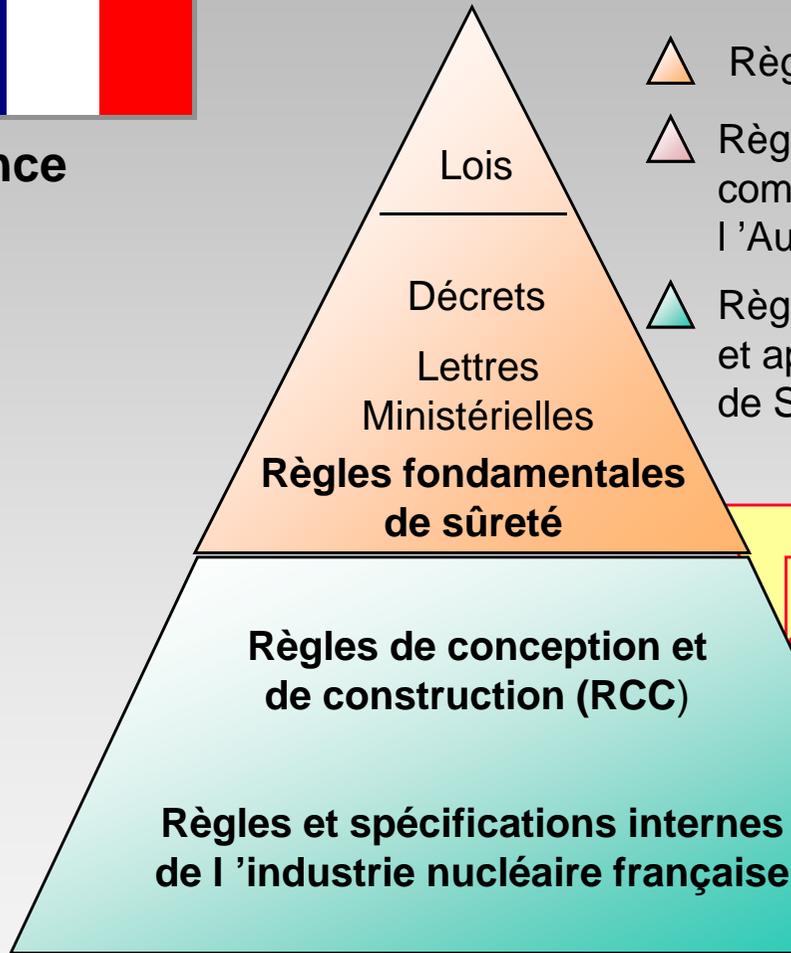


- Enceinte cylindrique en béton précontraint
- Cessna, Lear jet
- Bâtiment combustible séparé
- Systèmes de sauvegarde :
 - 2 trains 100% avec liaisons
 - aspersion enceinte
- RRA intérieur enceinte
- Instrumentation in-core en fonds de cuve
- Salle de commande informatisée
- Priorité à l'opérateur
- Coeur: 205 ass. 17x17
- **Bonne maîtrise du coût**
- **Disponibilité moyenne**

... et de réglementations distinctes



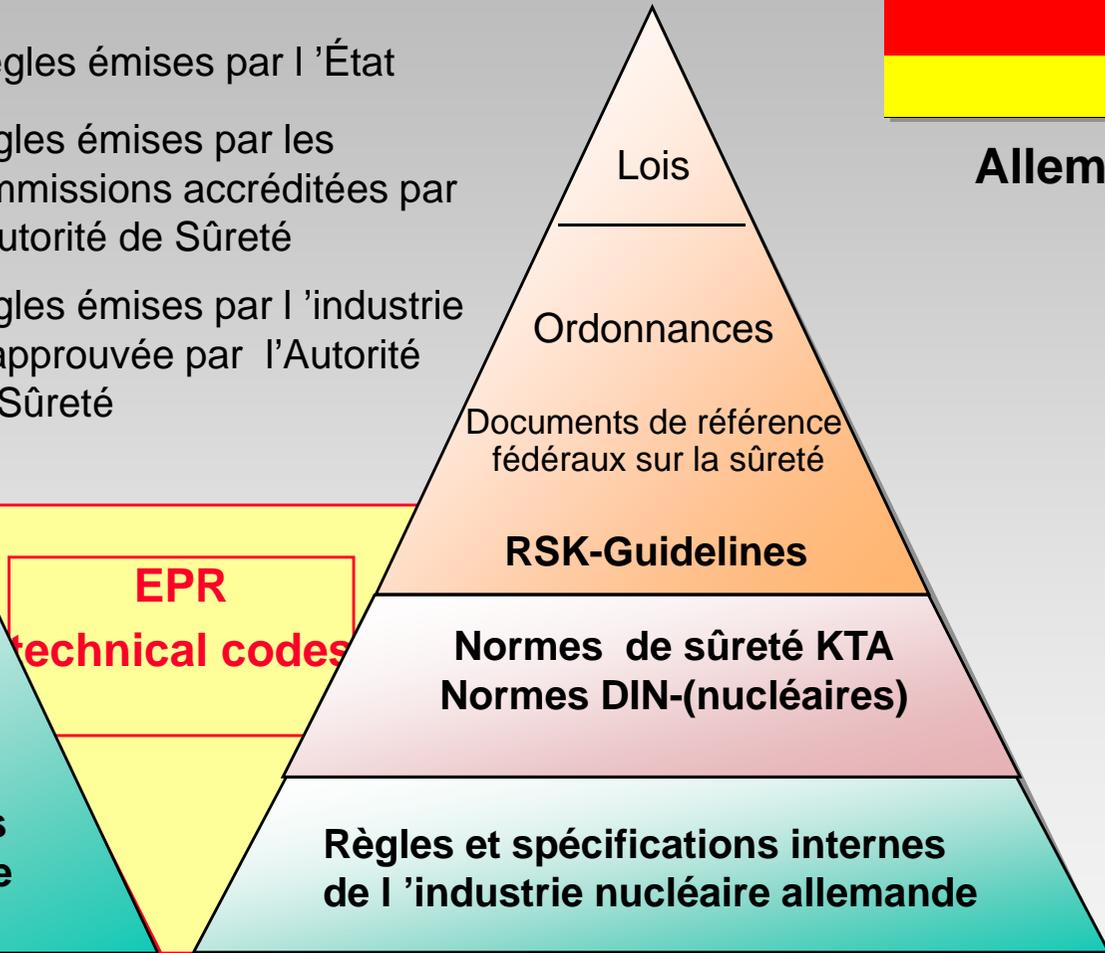
France



- △ Règles émises par l'État
- △ Règles émises par les commissions accréditées par l'Autorité de Sûreté
- △ Règles émises par l'industrie et approuvée par l'Autorité de Sûreté

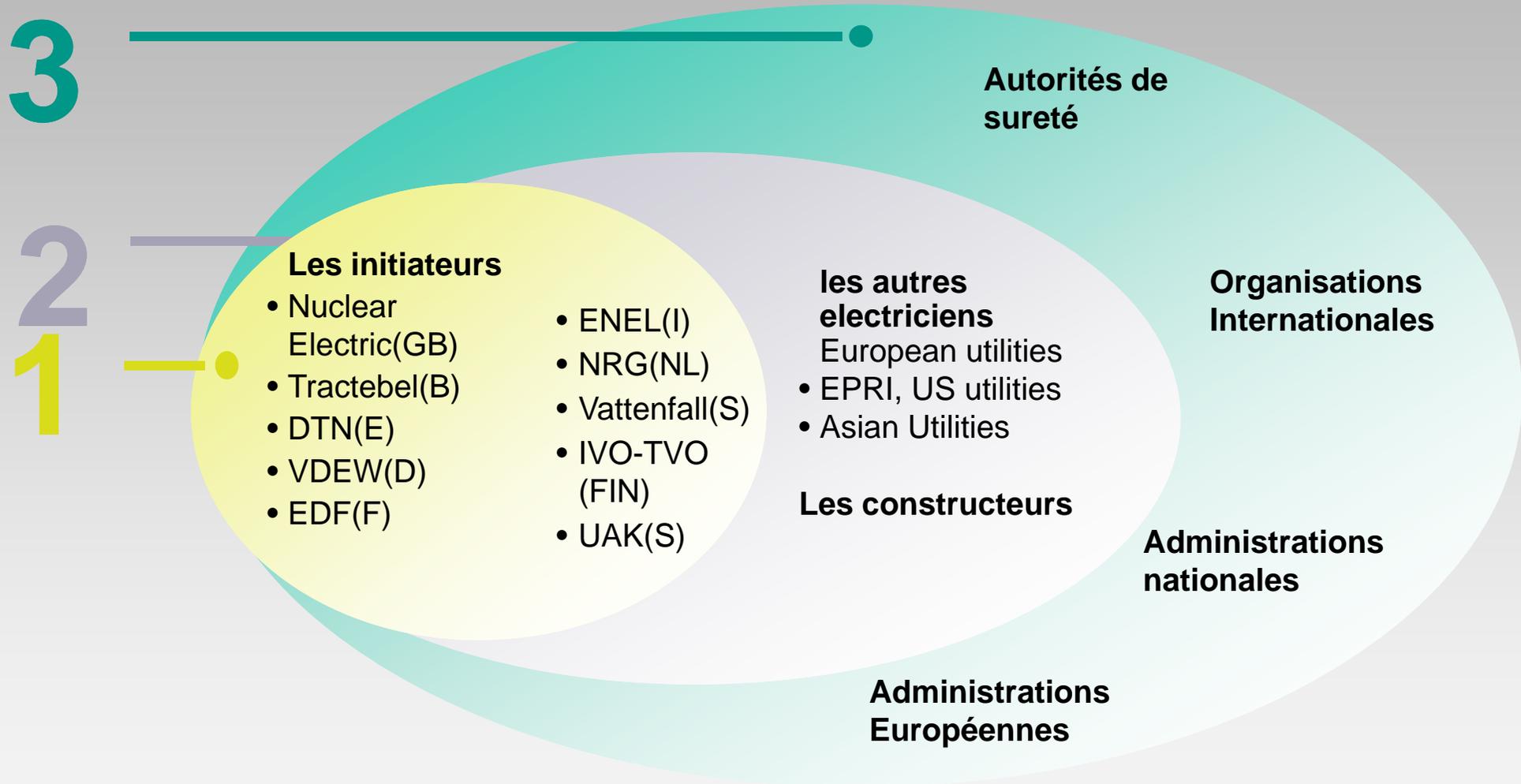


Allemagne

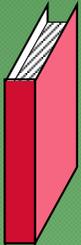


EPR
Technical codes

EUR = European Utilities Requirements



volume 1



main policies
& objectives

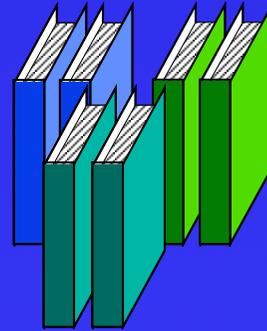
revision A : 03/1994
revision B : 11/1995
revision C : 04/2001

volume 2



generic
nuclear island
requirements

volume 3



Applications of
EUR to specific
projects

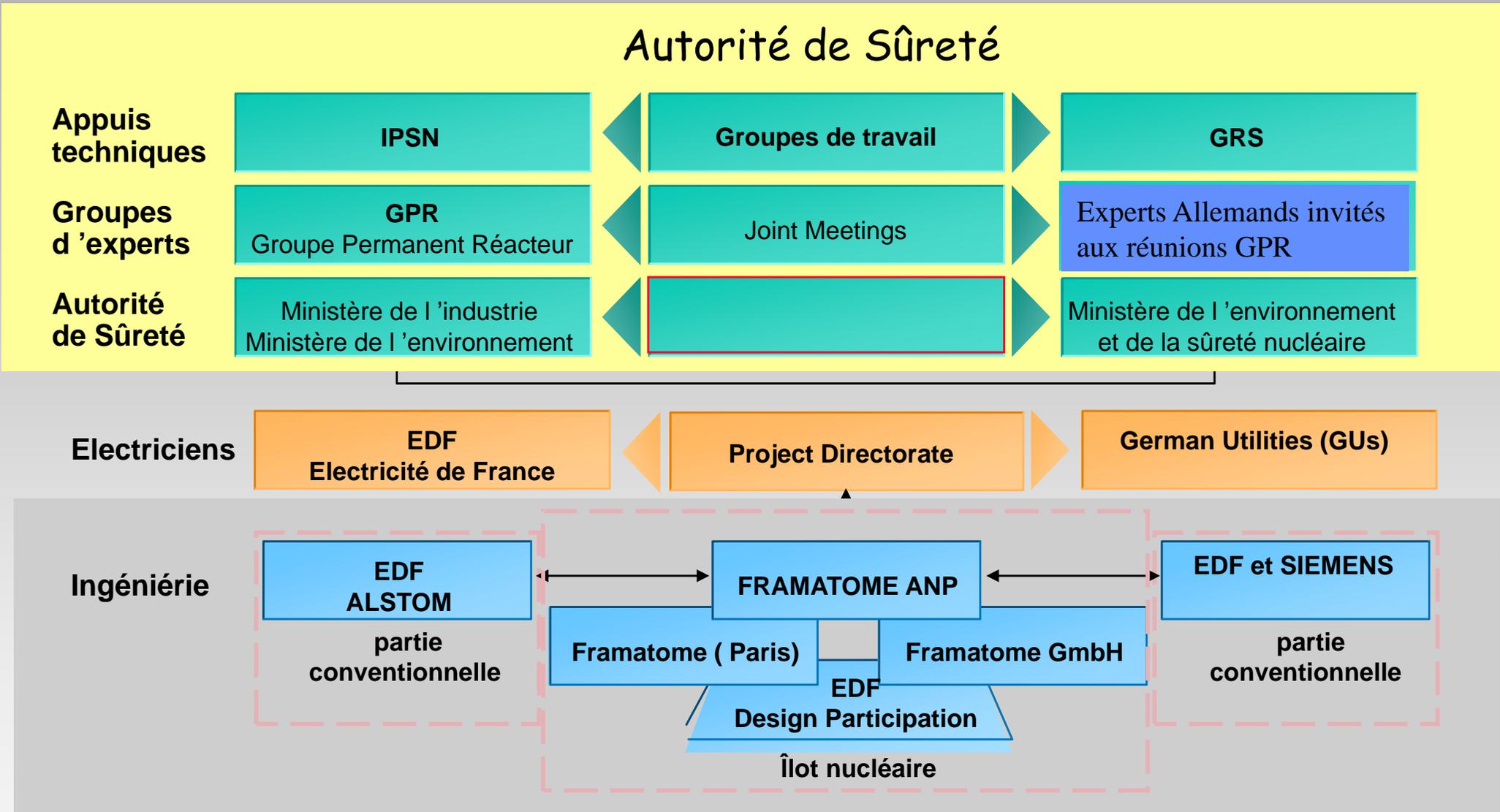
BWR 90 subset : 06/1999
EPR subset : 12/1999
EPP subset : 12/1999
ABWR subset : 12/2001
SWR 1000 subset : 02/2002

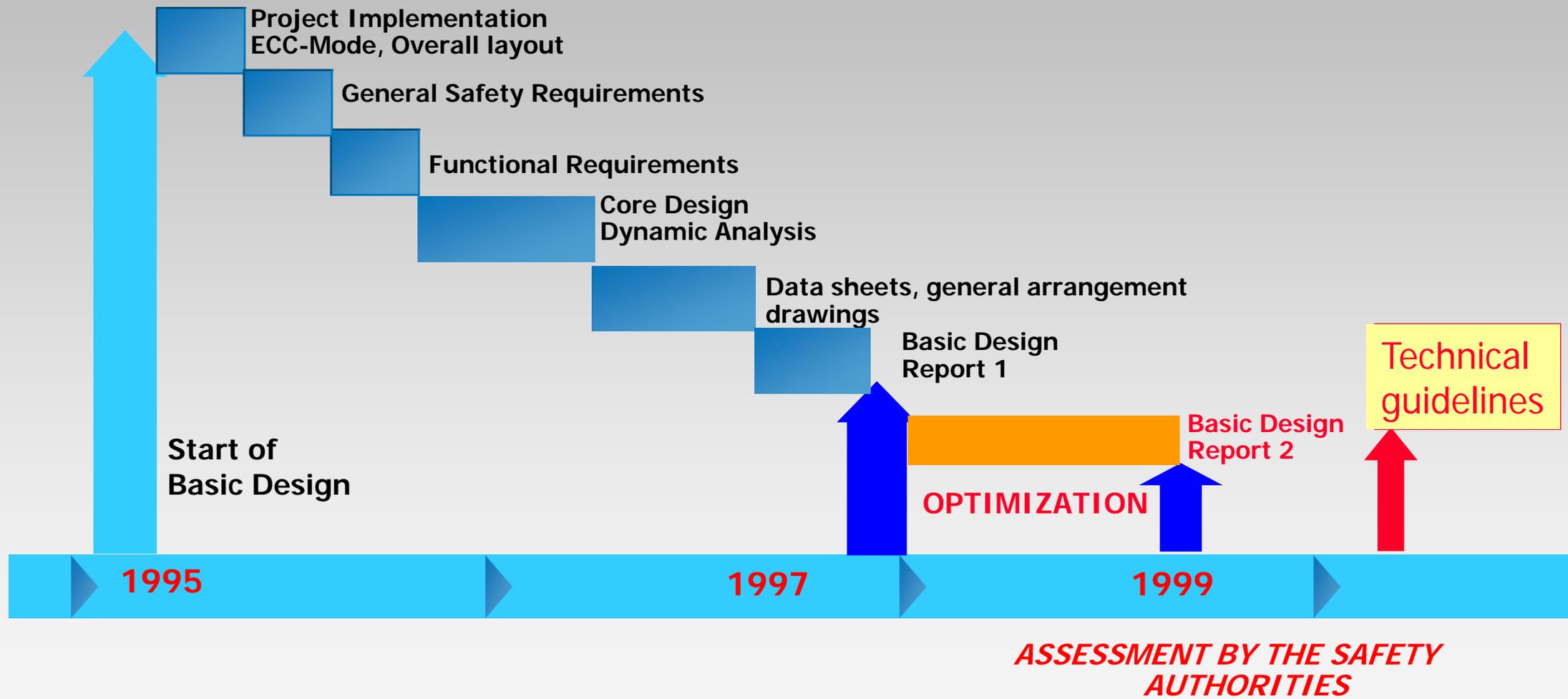
volume 4



generic
conventional island
requirements

revision A : 11/1996
revision B : 03/2000





DEBAT SUR L'ENERGIE

DEBAT PUBLIC

Concepteur et exploitant

Avant Projet
Sommaire
(APS)

Avant Projet
Détailé
(APD)

Études de
réalisation

Construction

Technical
Guidelines

Rapport
préliminaire
de sûreté

Décret
d'autorisation

Mise en
service

Options de
sûreté

Évaluation
de l'APD

Procédure
d'autorisation

Autorité de sûreté

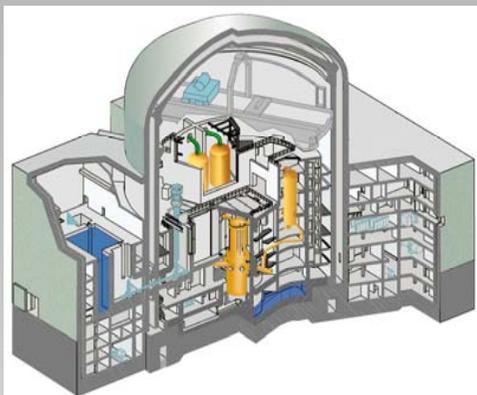
8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2



Un peu de technique

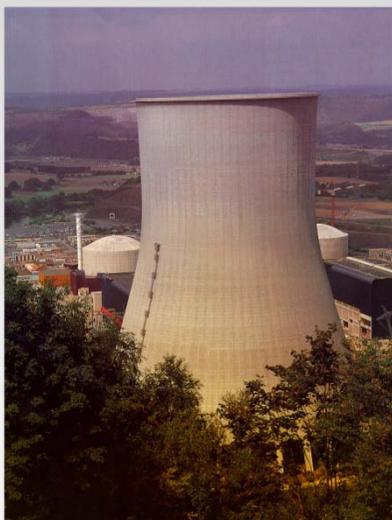


Sûreté accrue



Compétitif

Framatome N4



Siemens KONVOI



Principe de
conception
évolutionnaire

Retour d'expérience

- Les principes de sûreté
- L'installation générale
- Les systèmes de sauvegarde
- Les accidents graves

- Les Performances et la maîtrise des coûts

4 grands objectifs :

Conception évolutionnaire plutôt que révolutionnaire

Améliorations de sûreté significatives pour réduire la probabilité de fusion du cœur d'un facteur 10

Amélioration du confinement des produits radioactifs en cas d'accidents y compris pour les accidents graves avec fusion du cœur (« practical elimination » du risque de bi-passe du confinement)

Amélioration des conditions d'exploitation

- Protection contre les rayonnements
- Gestion des effluents et déchets
- Amélioration des politiques de maintenance
- Réduction des risques d'erreurs humaines



1

Favoriser l'aspect prévention dans le cadre d'une défense en profondeur et réduire la probabilité d'occurrence de l'accident grave

2

Prise en compte de l'accident grave à la conception

3

Prise en compte accrue du risque lié aux agressions internes et externes (incendie ,séisme ,inondations, chute d'avions)

Simplification des systèmes de sûreté

Combinaison de la redondance multiple et de la diversification pour les systèmes de sûreté

Séparation physique systématique entre les redondances

Augmentation des délais de grâce en accident par l'augmentation des volumes des gros composants primaires

Anticiper les actions correctrices en cas d'incidents

Interface homme machine améliorée sur base du REX

Évaluation systématique des solutions système par des études probabilistes de sûreté à la conception

Considération systématique des états d'arrêt pour les analyses de risque et les études d'accident

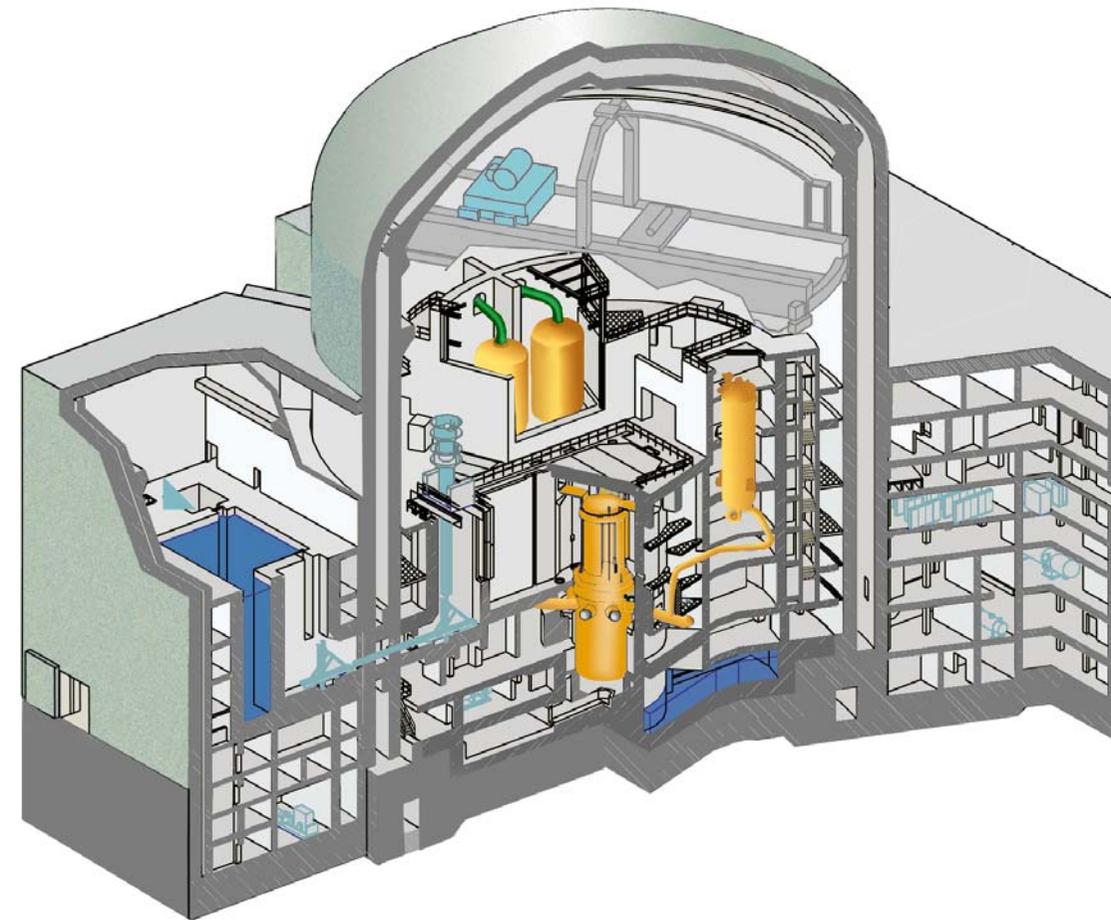
- La fonction confinement doit être assurée sur le court et le long terme en accident grave
- La stabilisation et refroidissement du Corium (cœur fondu) doit être acquise sur la durée
- Pas de fuite directe vers l 'environnement

Les actions d'urgence externes au site doivent se limiter à la stricte périphérie du site

(pas de délocalisation des populations - seule une récolte pourra être sacrifiée en limite de site,...)

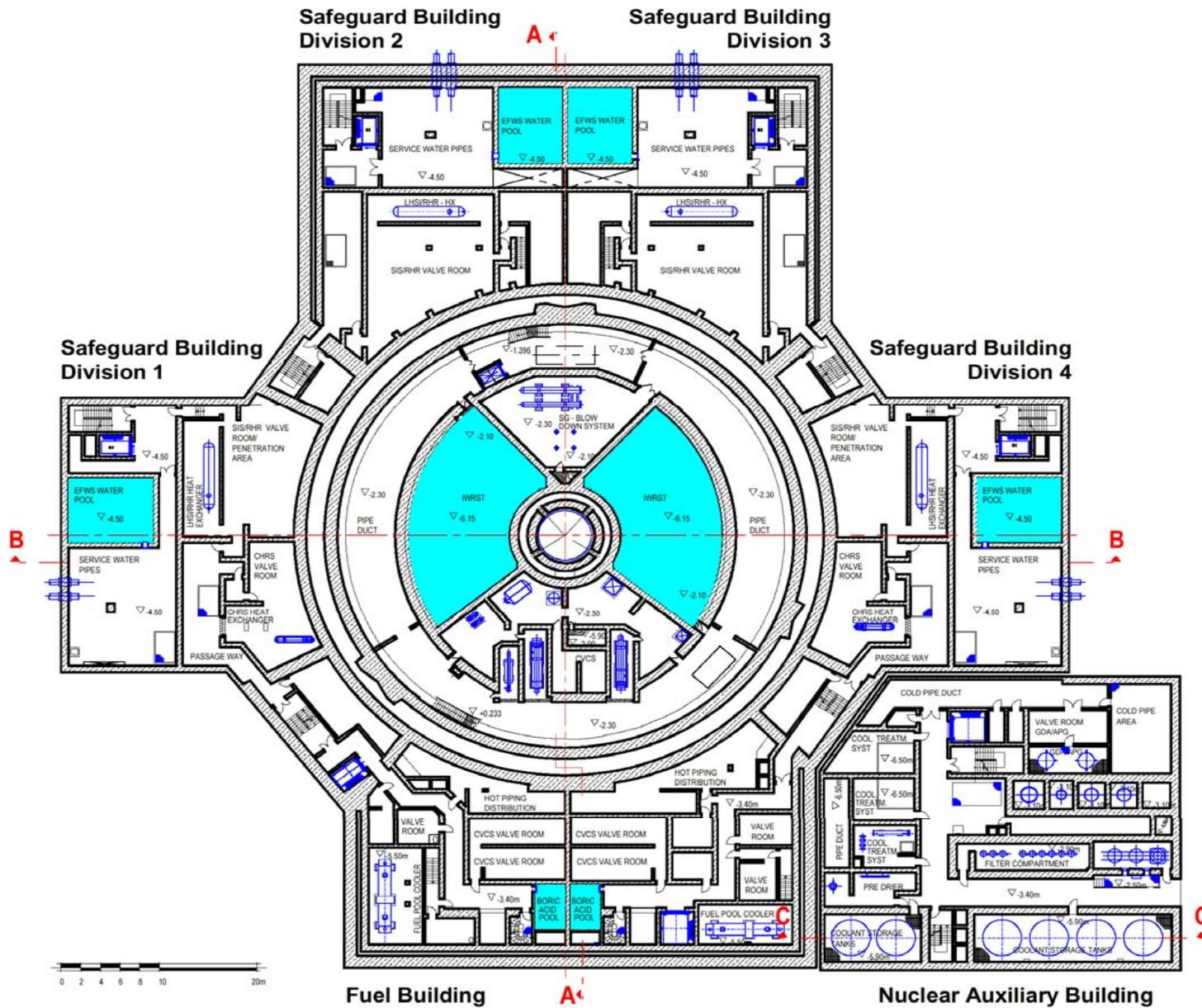
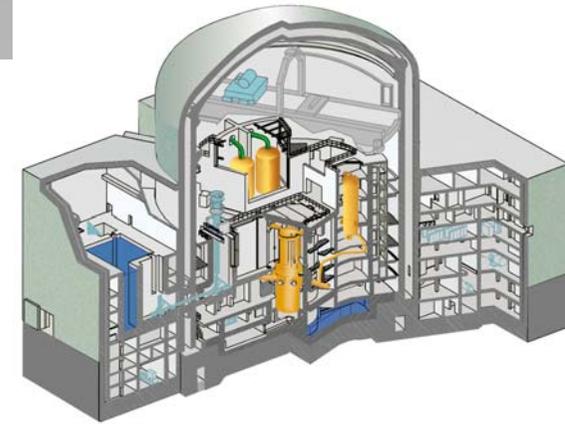
- Dimensionnement séisme suivant spectre EUR avec accélération à 0.25 g (Mag >6.5 sol mou ,épïcentre à 30 km)
- La prise en compte de l'incendie et de l'explosion
- Prise en compte des inondations internes et externes
- Prise en compte des liens entre agressions internes et externes
- Une vérification du bon dimensionnement des systèmes et équipements est menée en considérant le cumul des accidents et du séisme de dimensionnement
- Prise en compte des chutes d'avion (aviation civile et militaire) Dimensionnement conséquent de l'enceinte externe et la coque avion pour le bâtiment combustible et les bâtiments de sauvegarde 2 & 3.

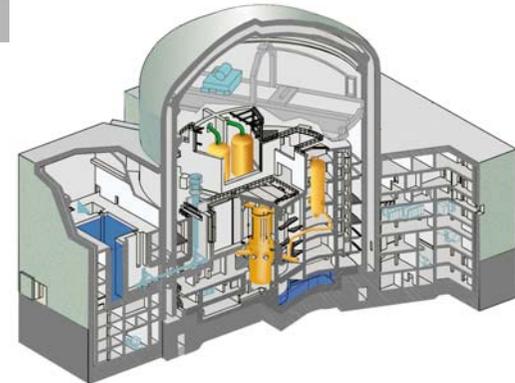
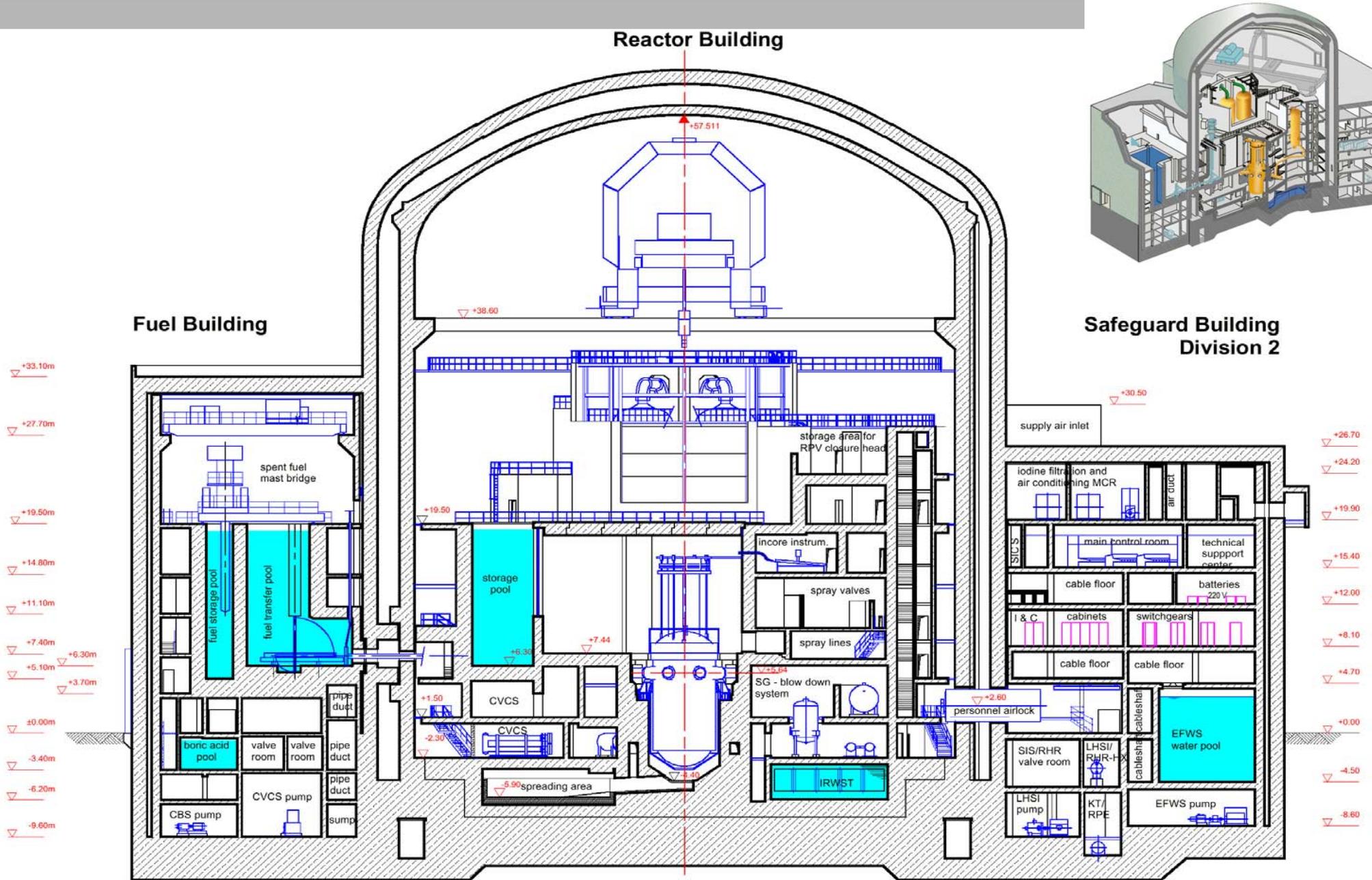




- Conception de type évolutionnaire
- Réacteur à eau pressurisée à 4 boucles
- Durée de vie : 60 ans
- Puissance électrique nette: 1560 MWe
- Gros Cœur avec 241 ass
- Accidents graves traités à la conception

- 4 trains de sauvegarde mécaniques et électriques
- Confinement à double enceinte avec peau métallique
- Enceinte interne dimensionnée à 6,5 bars (acc. graves)
- Coque externe protégeant l'îlot nucléaire des chutes d'avion





		KONVOI	EPR	N4
Puissance thermique	MWth	3850	4250-4500	4250
Puissance électrique nette	MWe	1350	1550-1650	1500
Rendement	%	35,4	36	35
Nb d 'assemblages combustible		193	241	205
Burn up de décharge	GWj/T	50	65	40
Puissance linéique	W/cm	167	155	180
Pression primaire/Pression de calcul	bar	158/176	155/176	155/172
Température BC max	°C	324	330	329
Débit primaire	m3/h	22700	28000	24800
Pression secondaire à 0 et 100%	bar	80/62	84/78	81/71
Pression de calcul secondaire	bar	88.3	97	91
Durée de vie prise en compte	Ans	40	60	40

Conception générale

- **Chaudière nucléaire (NSSS)**
 - Coeur: 241 ass., instrumentation en tête, Réflecteur lourd
 - Composants plus gros, Etanchéité GMPP à l'arrêt
 - Concept « exclusion de rupture », Conception/Qualité des tuyauteries
- **Systèmes & Installation**
 - Architecture sauvegarde en 4 trains (RIS, ASG, diesels)
 - Réservoir d'eau borée pour injection de sécurité à l'intérieur BR
 - Refroidissement piscines: 2 trains principaux + un 3ème train diversifié
- **Confinement**
 - Enceinte double paroi avec peau métallique, dimensionnée pour les accidents graves
 - Zone de récupération/refroidissement corium
 - Pas de décompression enceinte (U5)

Sûreté / Radioprotection

- Réduction probabilité de fusion cœur (facteur $\sim\sim 10$)
- Mitigation fusion cœur avec percement cuve

- Réduction rejet radiologiques
- Réduction dose collective en fonctionnement normal
- Réduction des rejets gazeux et liquides et des déchets
- Délais opérateurs accrus

Performances

- Flexibilité des gestions combustible & coût de cycle réduit
 - UO₂ (4,9% / 12, 18, 22 mois); capacité MOX accrue
 - Gestion faibles fuites
- Disponibilité accrue
 - Arrêts raccourcis
 - Maintenance préventive en marche
- Puissance légèrement améliorée
 - Rendement
 - Puissance thermique

COMMENT EPR INTEGRE T-IL

LES PRINCIPES DE BASE DE LA SURETE NUCLEAIRE

**LA DEFENSE EN PROFONDEUR
&
LES BARRIERES SUCCESSIVES**

Qualité

Premier niveau : conception sûre, bonne qualité de réalisation, exploitation rigoureuse

Surveillance

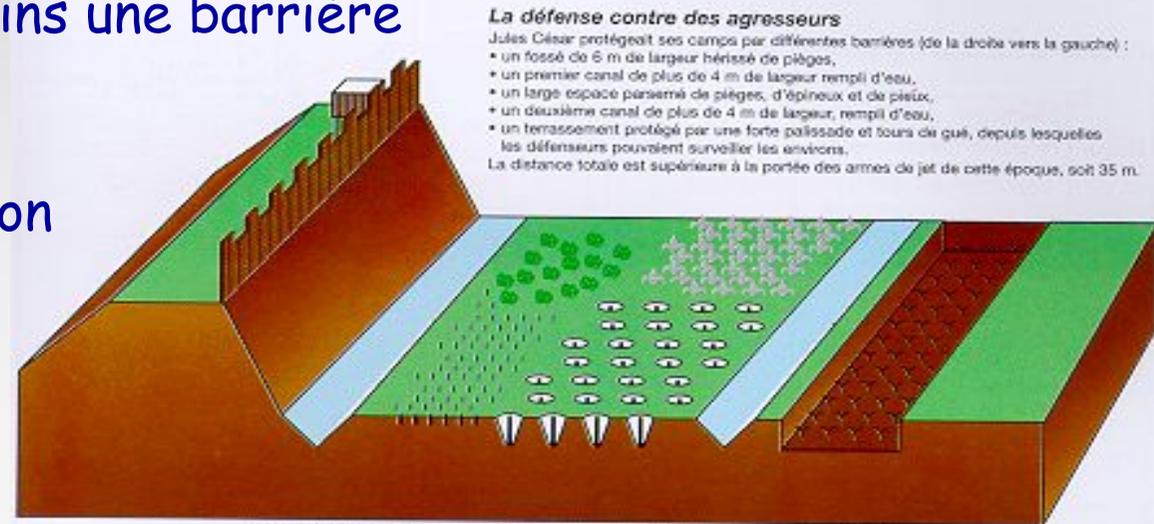
Deuxième niveau : moyens de surveillance pour détecter toute anomalie, et systèmes de protection redondants pour ramener le système dans un état sûr

Sauvegarde

Troisième niveau : Si les deux premières lignes de défense sont franchies, ensemble de systèmes de sauvegarde, redondants, pour assurer la tenue d'au moins une barrière

Intervention

Au-delà : Plans d'urgence
+ Plans d'intervention

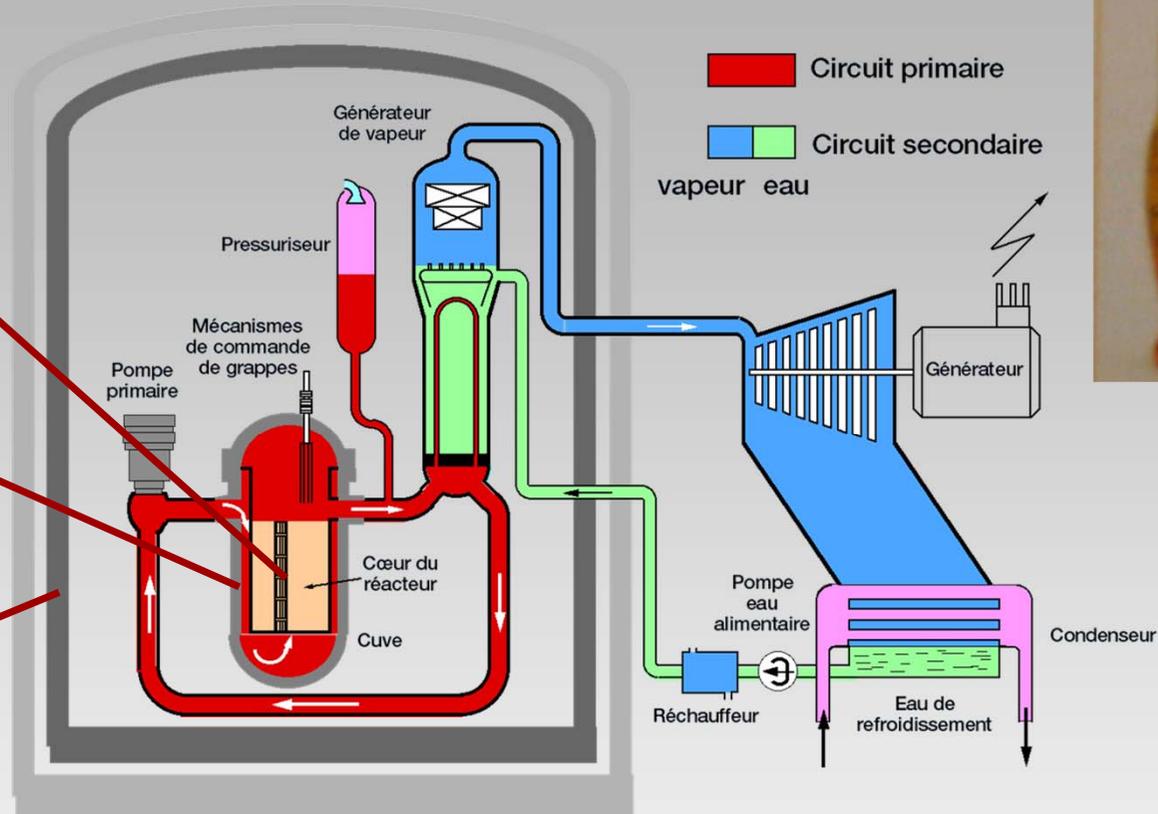


La défense en profondeur remonte à la Guerre des Gaules

Première barrière : la gaine de l'élément combustible

Deuxième barrière : l'enveloppe du circuit primaire

Troisième barrière : l'enceinte de confinement



- > Une série de barrières de protection, **indépendantes**, emboîtées comme des poupées russes, protègent **en profondeur** les travailleurs et le public contre la radioactivité produite dans le combustible nucléaire
- > Les systèmes de sécurité sont **redondants** et **indépendants**

QUALITE DES COMPOSANTS

- Lignes primaires forgées
- Suppression de l'instrumentation cuve par le bas
- Amélioration joints pompes primaires et dispositif d'étanchéité à l'arrêt

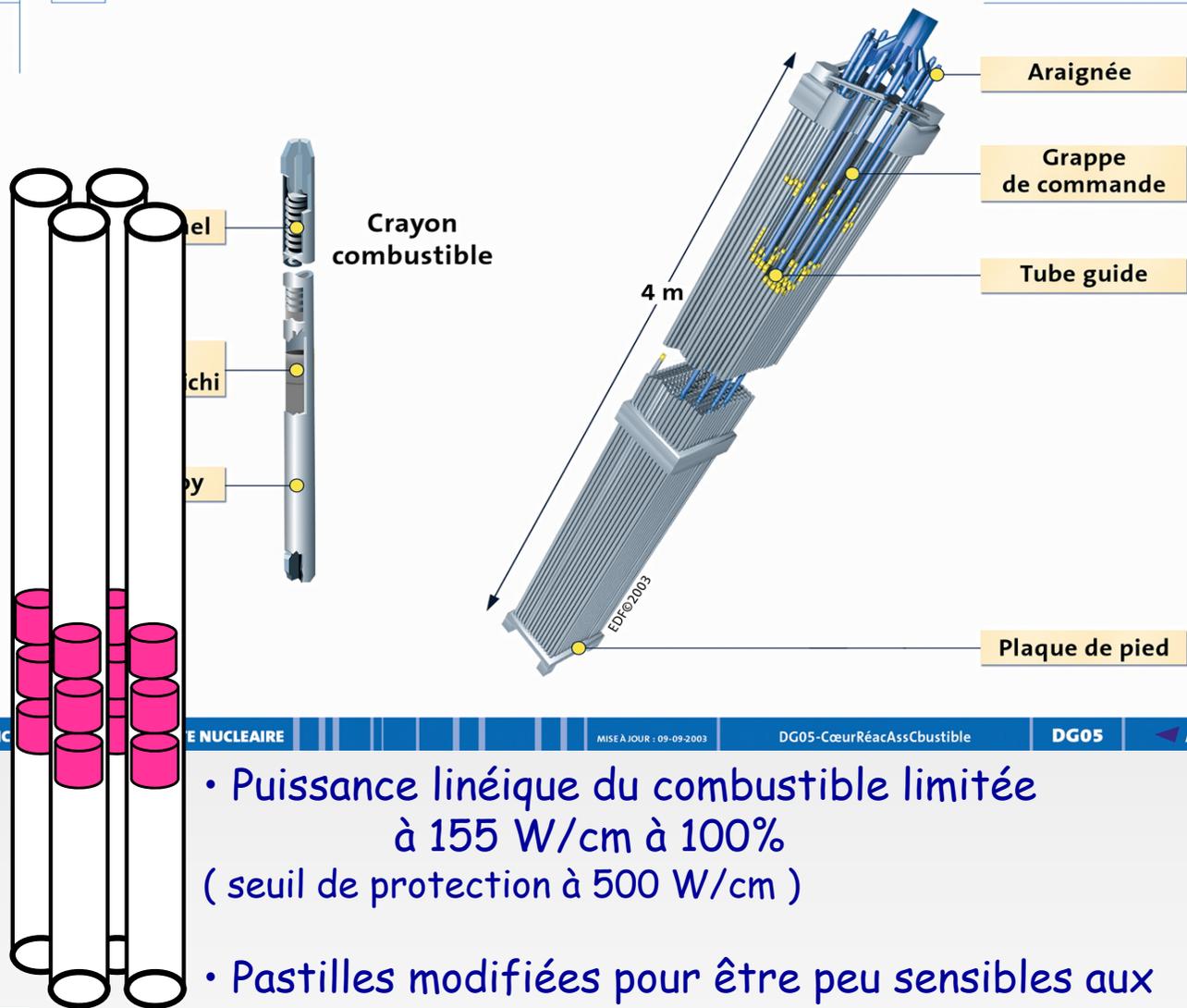
MARGES

- Cœur à 241 assemblages
- Volume eau-vapeur pressuriseur et GV augmentés par rapport à N4
- Degré d'automatisme accru et délai intervention opérateur pour les actions de sûreté à 30 mn
- Évolution conduite informatisée qui intègre le retour d'expérience des tranches N4 (vision d'ensemble)

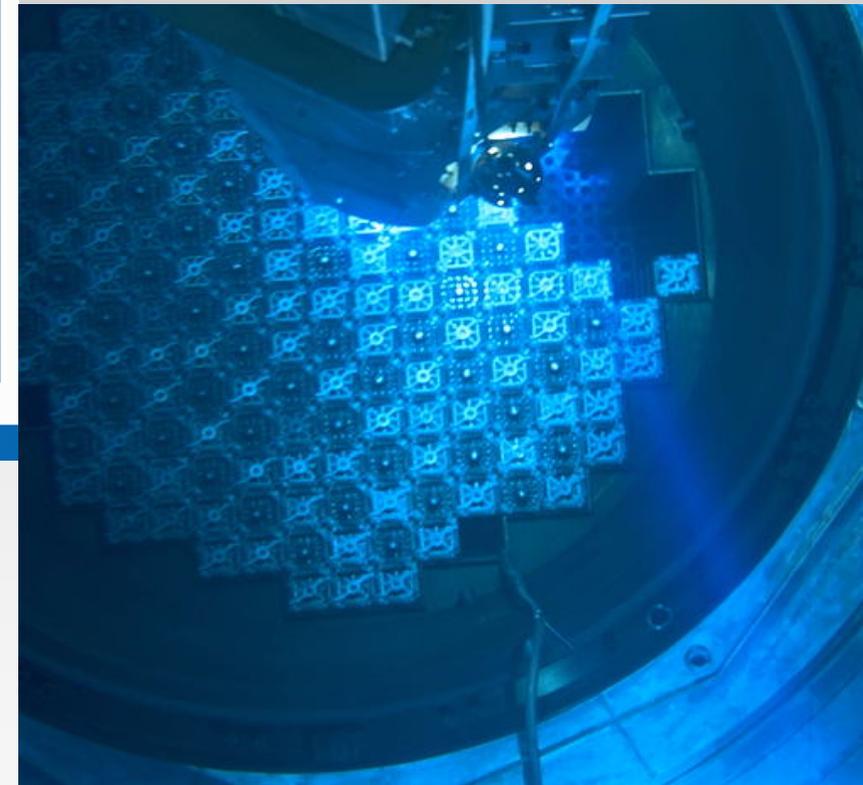
TRAITEMENT DES INCIDENTS ET ACCIDENTS

- Architecture systèmes en 4 trains
- Réduction des risques de mode commun par diversification
 - 2 niveaux de tension pour l'eau alimentaire de secours
 - Diversification des moyens de pompage alimentaire
 - Diversification des diesels principaux et des diesels d'ultime secours (6 diesels)
 - Diversification de la source froide des pompes ISBP (Injection Sécurité Basse Pression)
- Traitement spécifique de la rupture de tubes des générateurs de vapeur : pas de risque de débordement en eau
 - Pression pompes d'injection de sécurité < pression de calage des soupapes de sûreté des générateurs vapeurs (GV)
 - Isolement automatique du GV affecté

ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE



Pour garantir l'intégrité de la gaine du combustible en situation accidentelle on se donne des marges de fonctionnement confortables



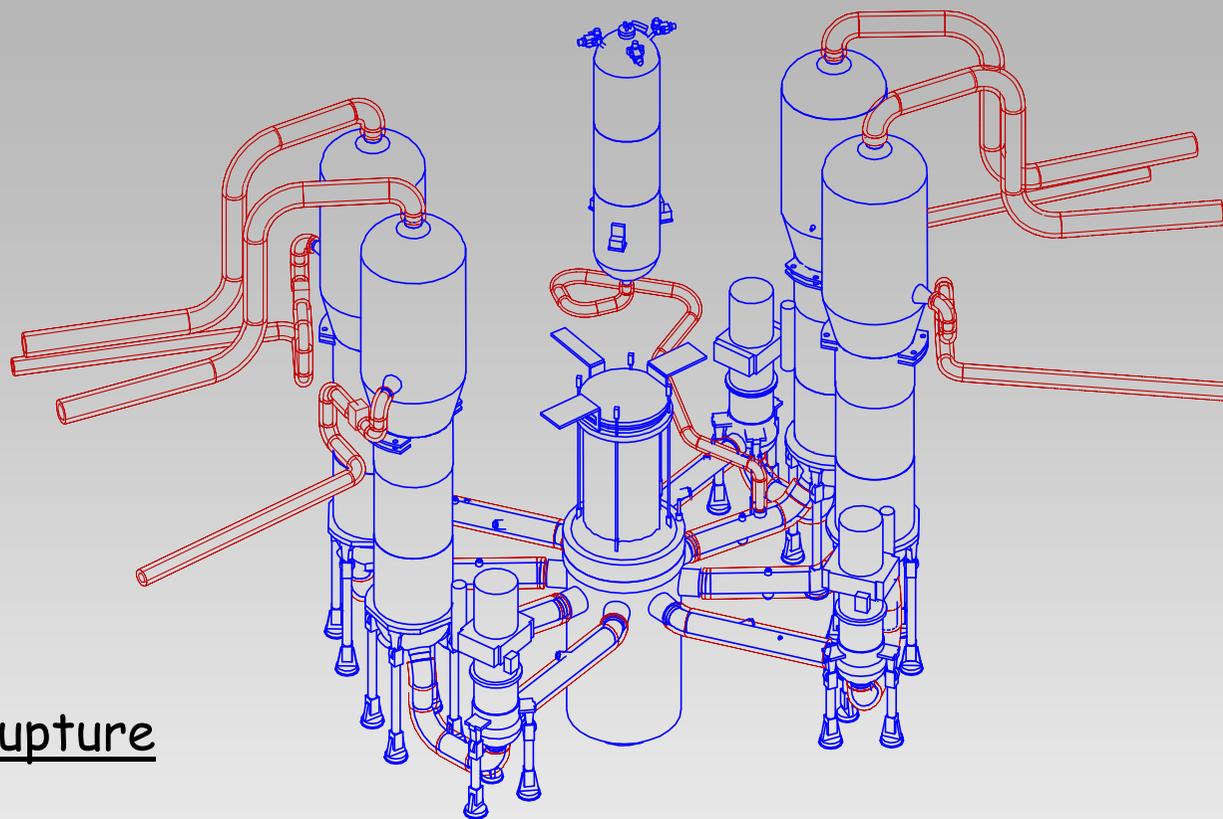
- Puissance linéique du combustible limitée à 155 W/cm à 100% (seuil de protection à 500 W/cm)
- Pastilles modifiées pour être peu sensibles aux interactions pastille ↔ gaines

Le circuit primaire est très proche des concepts actuels et peut donc être considéré comme éprouvé

Les volumes libres des composants primaires sont accrus

D'où un délai de grâce accru pour la plupart des transitoires et accidents

Introduction du concept d'exclusion de rupture
= Élimination de la rupture guillotine



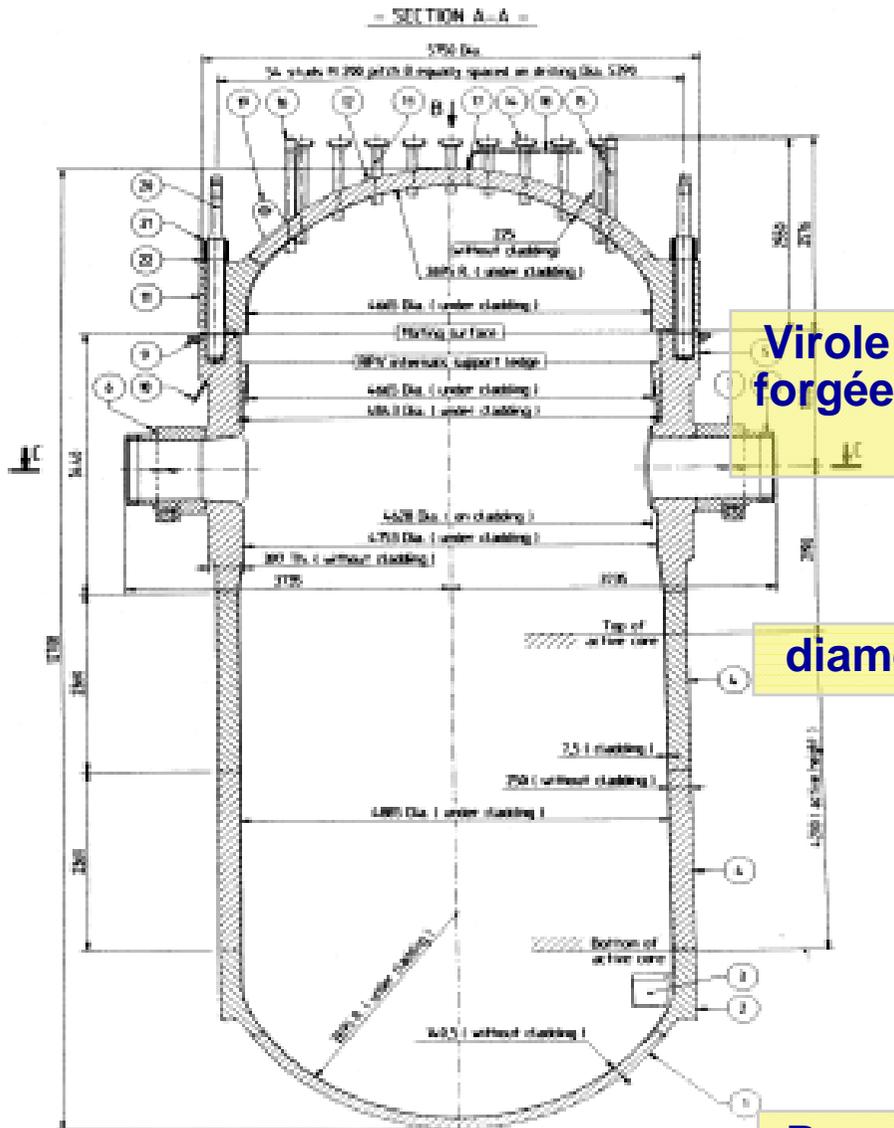
→ absence de discontinuités et de cheminements complexes, réduction des supports

→ tuyauteries et composants forgés

→ Choix des matériaux de hautes performances

→ Inspection en service

→ Détection de fuites



Reactor Pressure Vessel - Vertical Section

Virole porte tubulure forgée avec piquages set-on

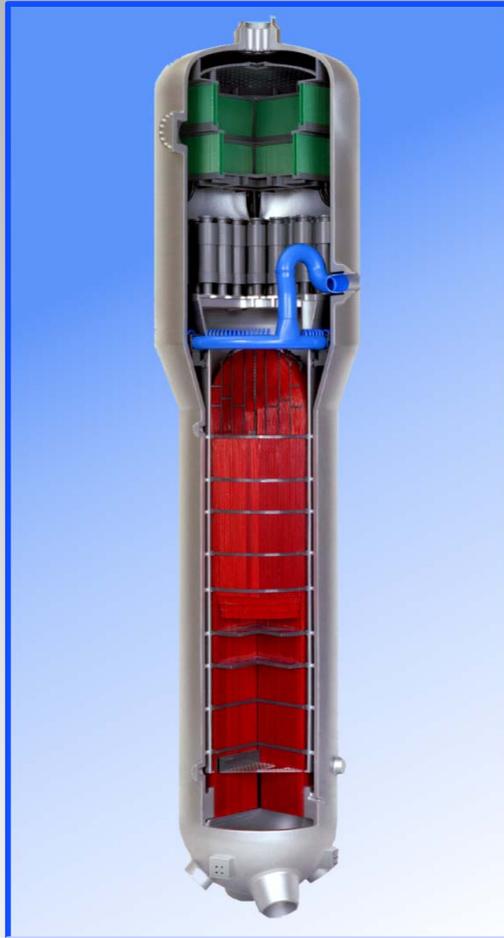
diametre 4.8m

Pas de pénétrations en fond de cuve



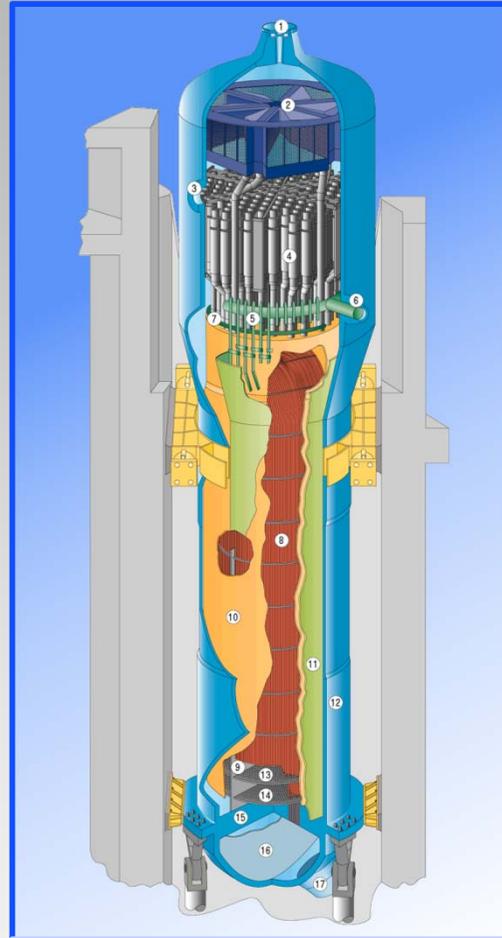
Lingot de la virole porte tubulure

Konvoi



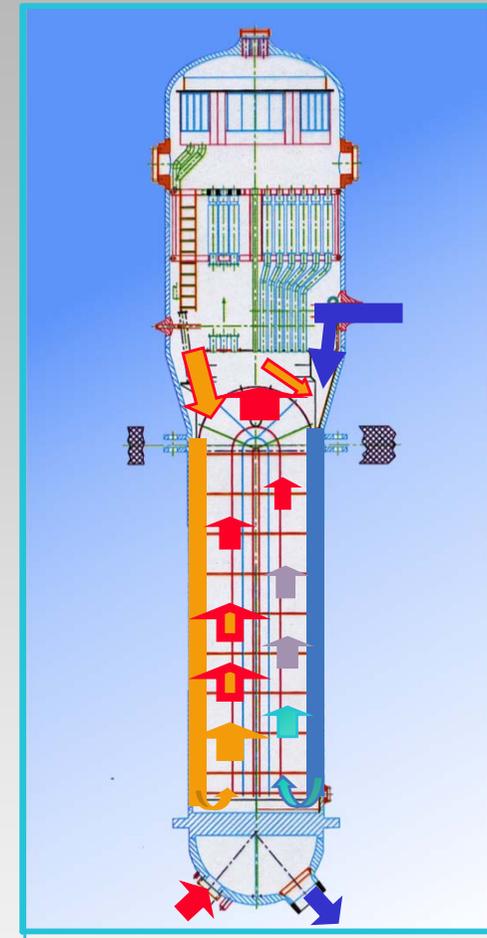
GV bouilleur

N4

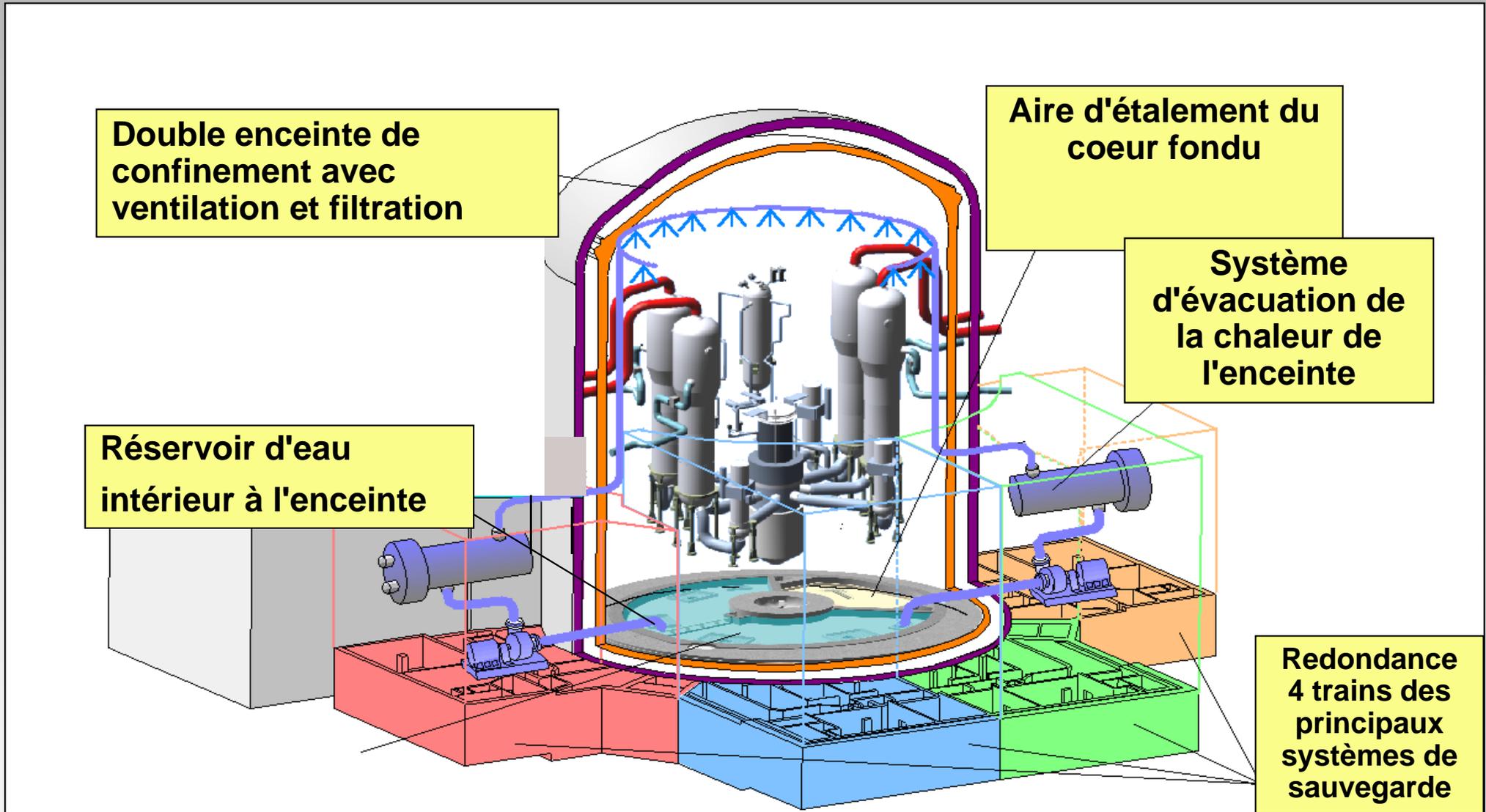


GV économiseur

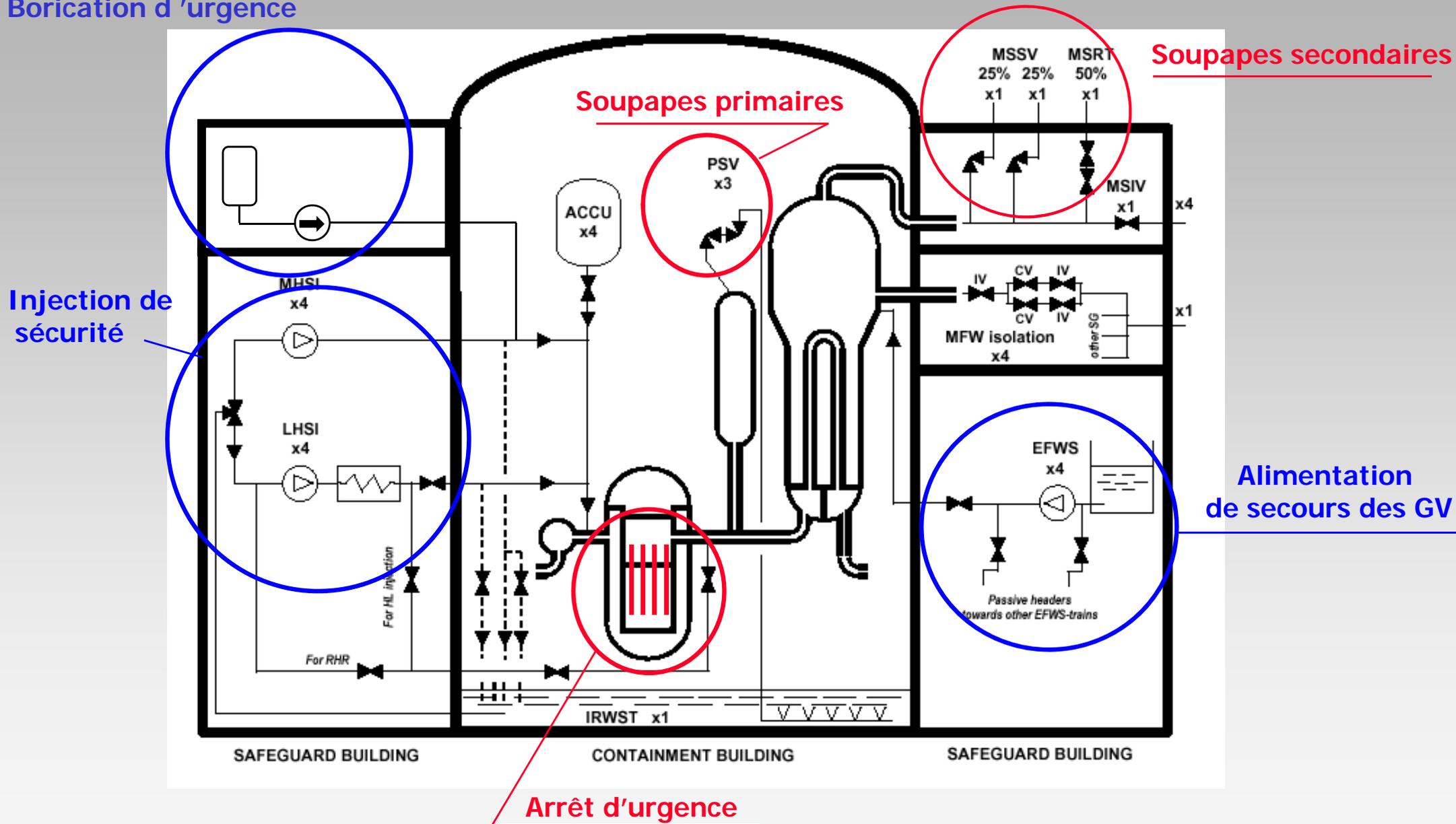
EPR



GV économiseur



Borication d'urgence



LES SYSTEMES DE SAUVEGARDE SONT CONCUS SUIVANT UNE ARCHITECTURE A 4 TRAINS - un train de sauvegarde suffit a garantir le respect des critères a respecter pour les accidents de dimensionnement

Règle EPR :

1 train perdu à la brèche

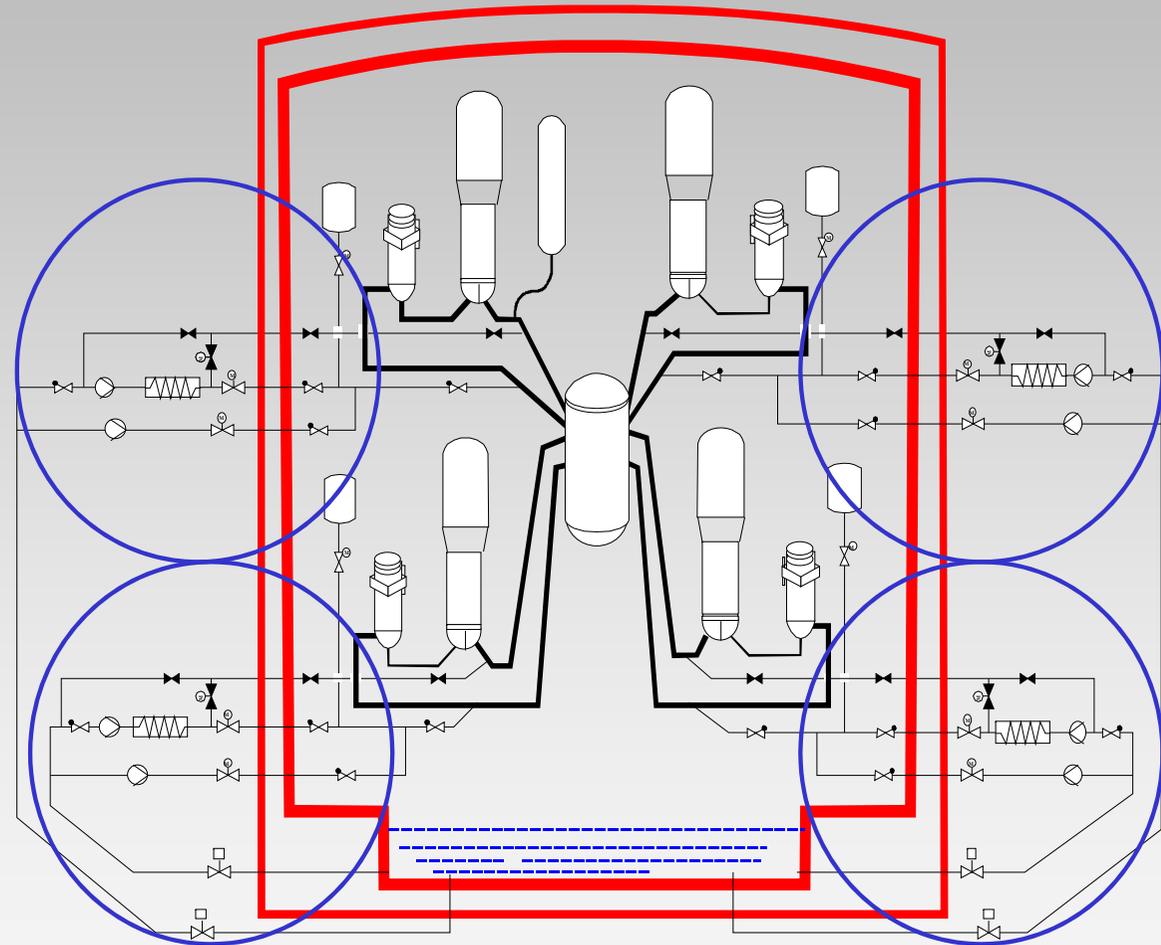
1 train considéré défaillant (CDU)

1 train considéré en maintenance

1 train disponible

EXEMPLE : INJECTION DE SECURITE

- qui envoie de l'eau borée pour refroidir et garantir la souscriticité en sus de la chute des grappes d'arrêt (B10 absorbe les neutrons)
- 4 Trains basse et moyenne pression
- Aspiration du bore dans le réservoir IRWST situé dans l'enceinte.



Le point faible possible d'une conception redondante résulte des modes communs de défaillance

Sur base d'analyses probabilistes une diversification a été notamment retenue pour :

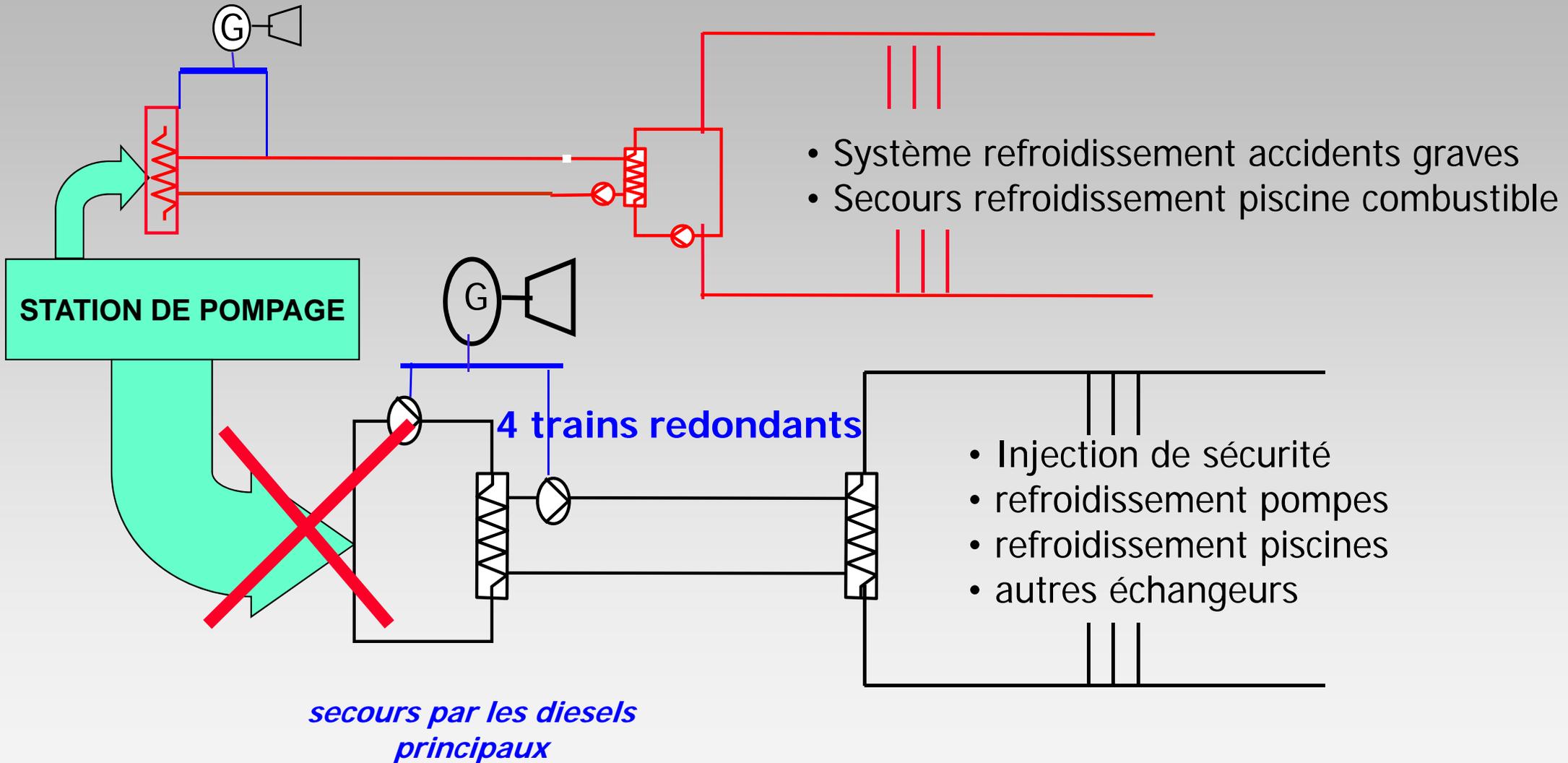
- alimentation électrique

- Intérêt d'un secours diversifié par rapport aux 4 groupes diesels principaux (dimensionnés au séisme)
- Choix additionnel de 2 groupes diesels diversifiés et dimensionnés au séisme
- Diversification des niveaux de tension pour alimentation de secours des GV (Sur 4 trains : 2 motopompes en 10kV et les 2 autres en 690V)

- source froide

- Besoin d'une source froide diversifiée pour les situations ultimes
- Diversification des réfrigération pompes d'injection de sécurité possible par l'air (double réfrigération eau & air)

Secours par petits diesels diversifiés



Bien que les choix sur l'EPR ont conduit à une réduction du risque de fusion du cœur d'un facteur 10 par rapport aux réacteurs existants des moyens spécifiques Accidents Graves sont mis œuvre à la conception.

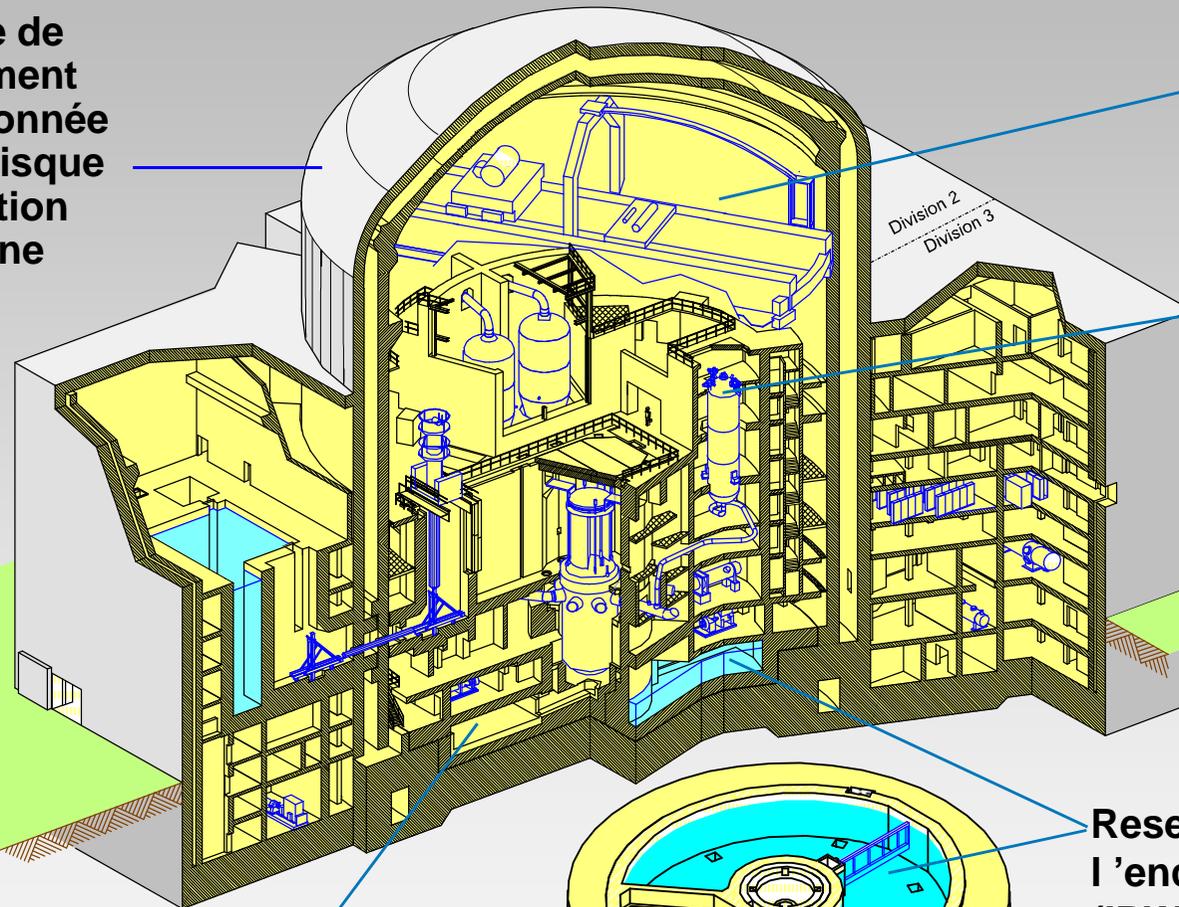
- ◆ Les situations d'Accidents Graves conduisant à des rejets importants doivent être "practically eliminated" c.a.d. éliminés à la conception
- ◆ Toutes les autres situations doivent rester gérables sur la base du principe suivant : **Les conséquences radiologiques suite à l'accident grave doivent rester telles que seules des mesures de protections locales très limitées dans le temps et dans l'espace peuvent être envisagées** (*pas de délocalisation de population, seule une récolte en limite de site peut être perdue*)



Enceinte de confinement dimensionnée pour le risque déflagration hydrogène

Dispositif d'aspersion et d'évacuation de la puissance résiduelle

Prévention de la fusion en pression par des dispositifs de dépressurisation ultimes



Reservoir d'eau borée dans l'enceinte de confinement (IRWST)



Zone d'étalement du corium
Protection du radier



➤ Séisme

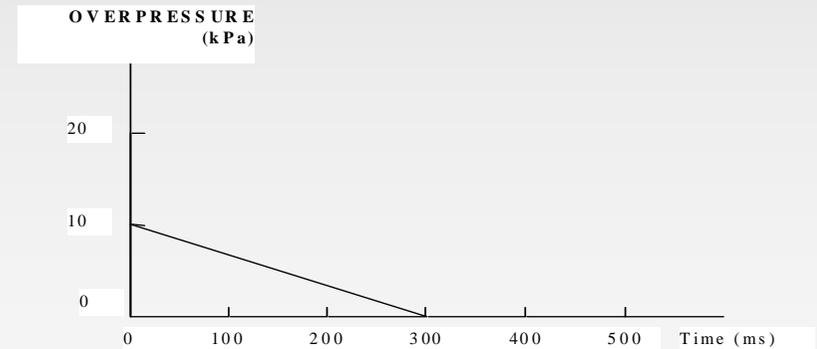
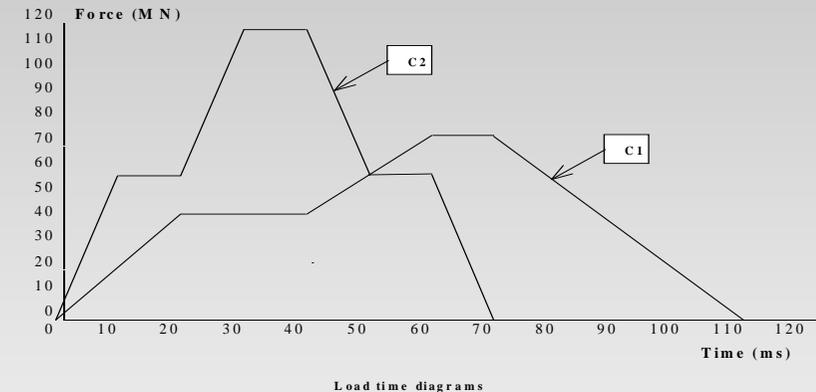
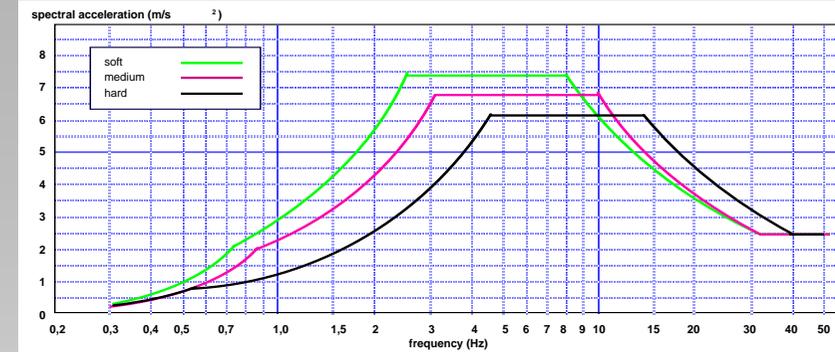
- niveau de séisme calé à 0.25g
- radier unique
- prise en compte du cumul séisme + brèche primaire

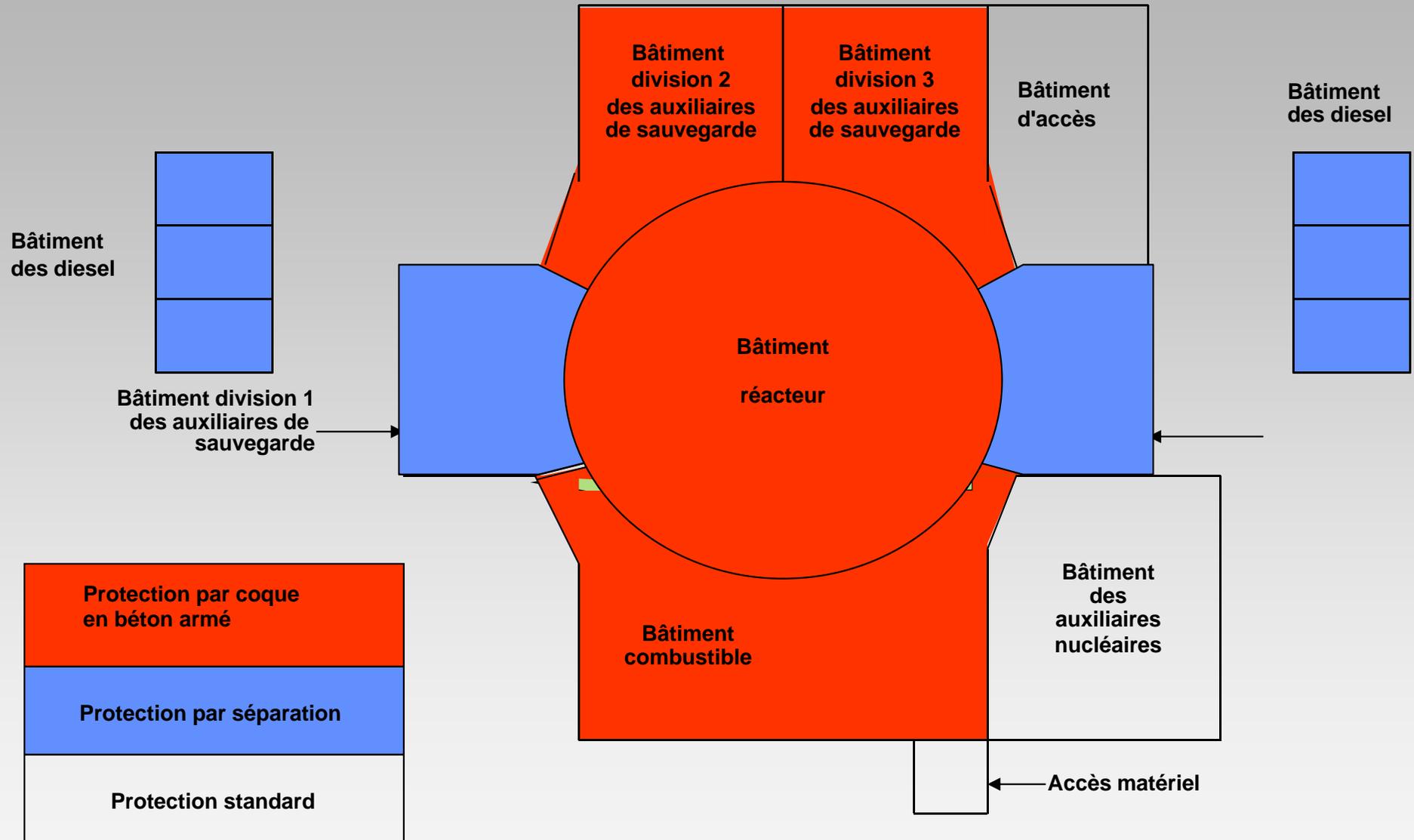
➤ Chute d'avion

- prise en compte de la chute d'un avion militaire
- bunkerisation du bâtiment réacteur, du bâtiment combustible et de deux bâtiments auxiliaires de sauvegarde

➤ Explosion

- onde de choc 10 kPa pendant 300ms





Coque avion



Building

Agression externe (avion)

Principe séparation géographique

Division 1 ou 4 perdue

Safeguard Building

Division 4

Agression interne (incendie, explosion, missiles, inondation...)

1 division perdue

+ défaillance supplémentaire

c

Building

Safeguard
Division 1

DISPONIBILITE ELEVEE

- **DISPONIBILITE DE L'ORDRE DE 91% SUR LA DUREE DE VIE**
 - Moyennée sur une période de 10 ans sur la base de cycles de 18 mois:
 - » 5 visites partielles en 16 j
 - » 1 visite complète décennale en 40 j
 - Avec des marges pour prolongation d'arrêts et des provisions pour travaux lourds (remplacement GV)
- **VISITE PARTIELLE EN 16 JOURS POSSIBLE PAR LA CONCEPTION**
 - Mise rapide à l'arrêt à froid
 - Déchargement du combustible au plus tôt grâce au dimensionnement du système de refroidissement
 - Maintenance de deux trains en parallèle
 - Réduction de la durée des essais physiques de redémarrage
 - Réduction des opérations de maintenance compte tenu de la maintenance tranche en marche
- **MAINTENANCE PREVENTIVE REACTEUR EN MARCHÉ**
 - Conception type « N + 2 »
 - Accessibilité BR 7 j avant l'arrêt et 3 jours après



GESTION OPTIMISEE DU COMBUSTIBLE

- Coeur 241 assemblages (N4=205) avec réflecteur lourd
- Des Gestions Performantes
 - Gestions UO2 5% 12 mois, 18 mois, 22 mois
 - Gestions MOX 30% 18 mois et MOX 50% possible
 - Souplesse sur les plans de chargement : gestions « faibles fuites »
- Des Gains significatifs par rapport à N4
 - «gros cœur», en campagne UO2 18 mois, → 7% économie d'U
 - réflecteur lourd → gain de 2 à 3%
 - Taux de combustion à 60 GWj/t moyen → gain de l'ordre de 7%
- Une réduction des quantités de déchets
 - Gain de -5% gros cœur et -14% taux de comb.)
- Un Cœur évolutif
 - adaptable à des combustibles avancés « de demain » (concept Corail, APA pour multirecyclage Pu) en fonction des besoins

DUREE DE VIE A 60ANS

- Structures et composants non remplaçables conçus pour 60 ans
 - CUVE : Réflecteur lourd et gestions « faibles fuites » permettent de limiter la fluence ($\sim 1.10^{19}$ n/cm²) et de baisser la RTNDT
 - ENCEINTE DE CONFINEMENT

PUISSANCE OPTIMISABLE

- Equipements principaux dimensionnés pour une puissance 4500 MWth
- Il est prévu de démarrer à 4300 MWth
 - Puissance électrique nette

	<u>1560</u> MWe bord de mer
	1520 MWe bord de rivière
- Les marges existantes pourront être utilisées :
 - soit pour augmenter la puissance, après quelques années d'exploitation (4500 MWth → 1640 MWe)
 - soit pour accommoder des combustibles futurs.

Un peu d'économie

Un coût de référence du KWh EPR plus faible que celui des tranches N4 et KONVOI et compétitif avec les autres sources d'énergie

Ce coût de référence prend en compte :

- **Le coût d 'investissement brut**
- **Les charges financières (intérêts etc)**
- **Le coût du démantèlement**
- **Le coût du combustible y compris l'aval du cycle**
- **Les frais de fonctionnement et de maintenance**

Amélioration du rendement:

- Générateurs de vapeur à économiseur
- Optimisation du circuit secondaire

Coût du cycle combustible en baisse :

- Réacteur propre et sobre
- Burn up de décharge plus élevé (jusqu 'à 65 000 MWj/tU)
- Mise en œuvre d 'un réflecteur lourd pour les neutrons
- Gestions cœur à faibles fuite permettant une meilleure utilisation de l 'Uranium
- La nouvelle instrumentation interne du cœur permet la mise en œuvre de stratégie de gestions combustible plus souples

Coûts réduits pour l'exploitation et la maintenance:

- Durées d'inspection en service et arrêts périodiques réduits (par choix de conception)
- Redondance à 4 trains permettant la maintenance en puissance

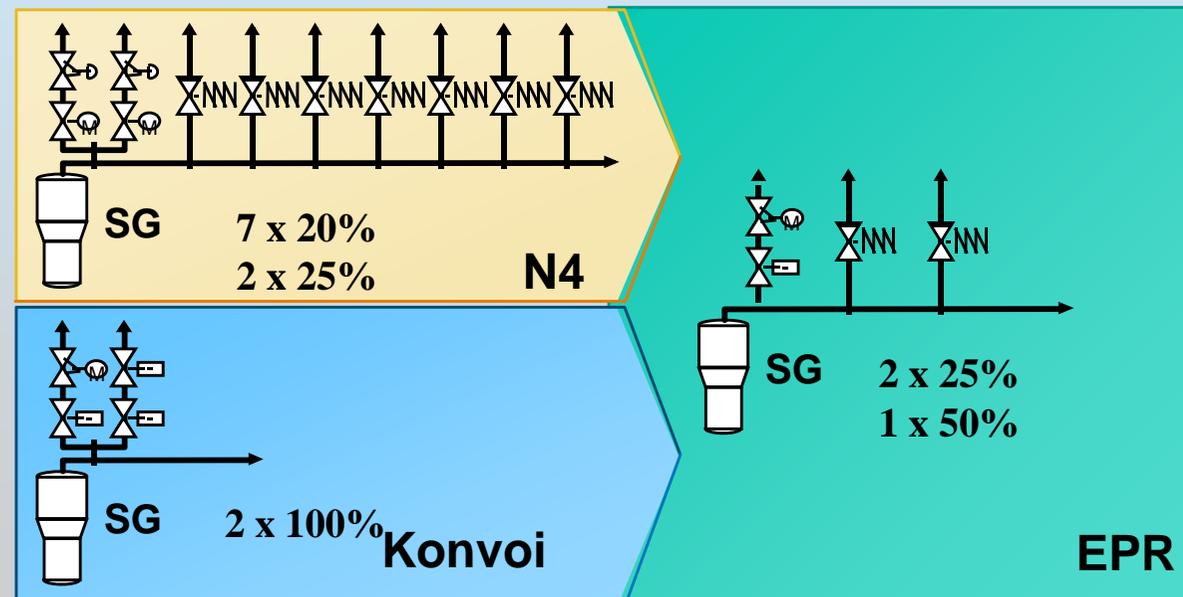
Disponibilité accrue

- Durée d'arrêt pour rechargement réduite (arrêt en 16 jours)
- Réduction du nombre d'arrêts fortuits (système de limitation)
- Automatisation dès que le gain est justifié par la sûreté ou le facteur humain

Durée de vie accrue à 60 ans

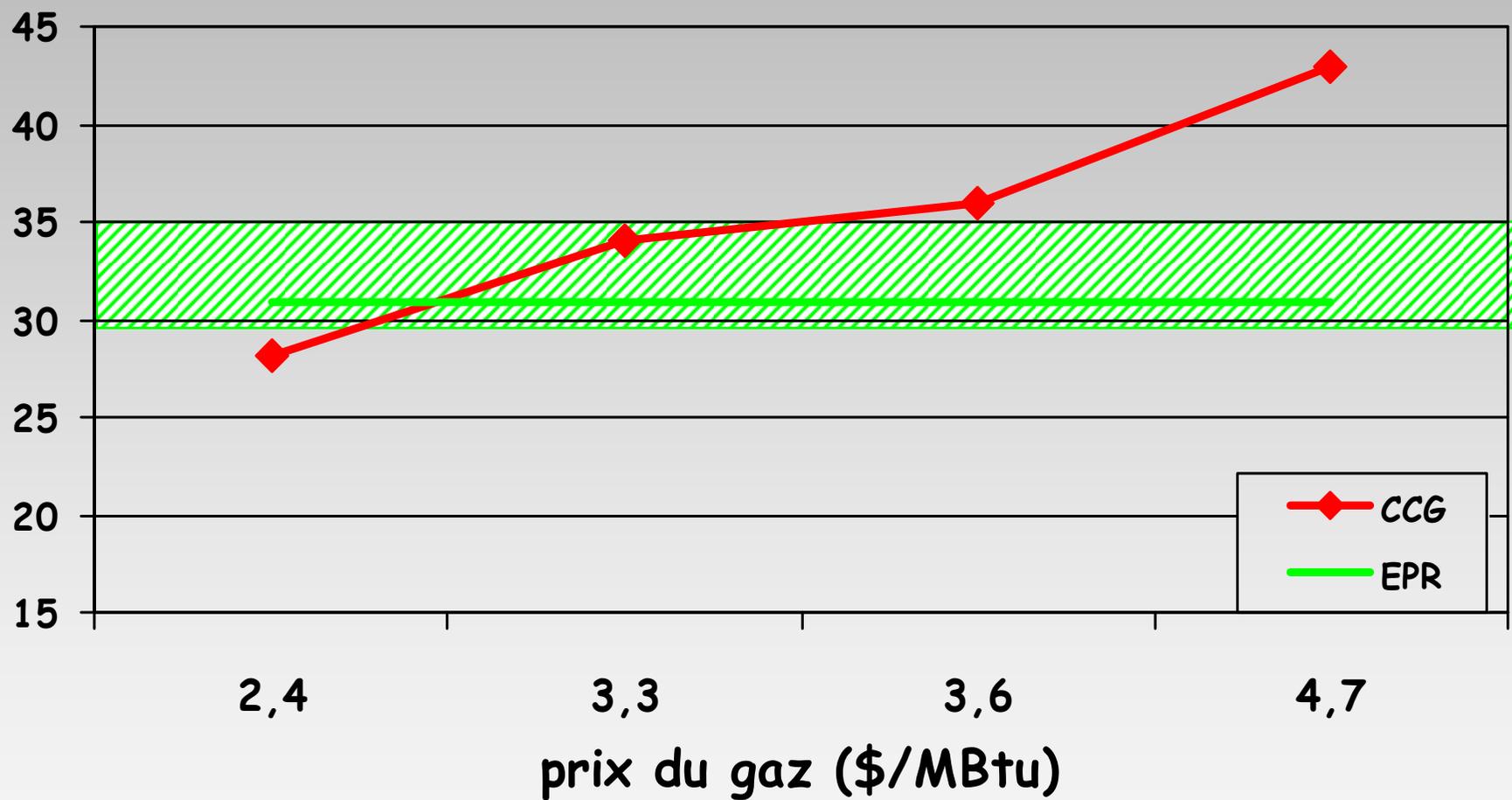
Démarche de rapprochement des standards de l'industrie:

- Allégement des exigences spécifiques nucléaires dès que possible
- Remise à jour des exigences en matière de réglementation -
Exemple : Réglementation des appareils sous pression



€/MWh

Cout de production



Un peu de stratégie

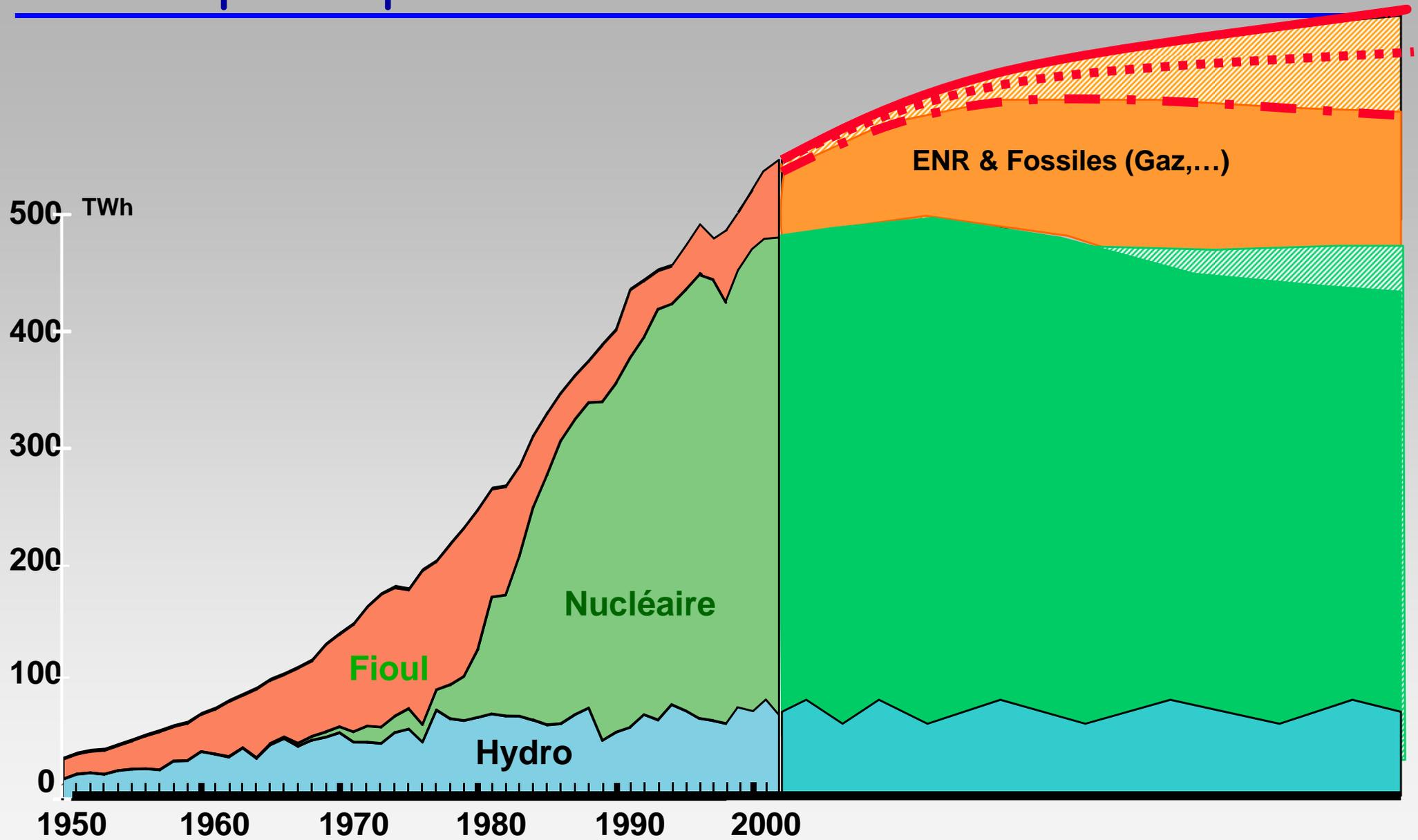
La Finlande a signé un contrat avec FANP pour la fourniture d'une tranche EPR sur le site d'OLKILUOTO le 18 décembre 2003

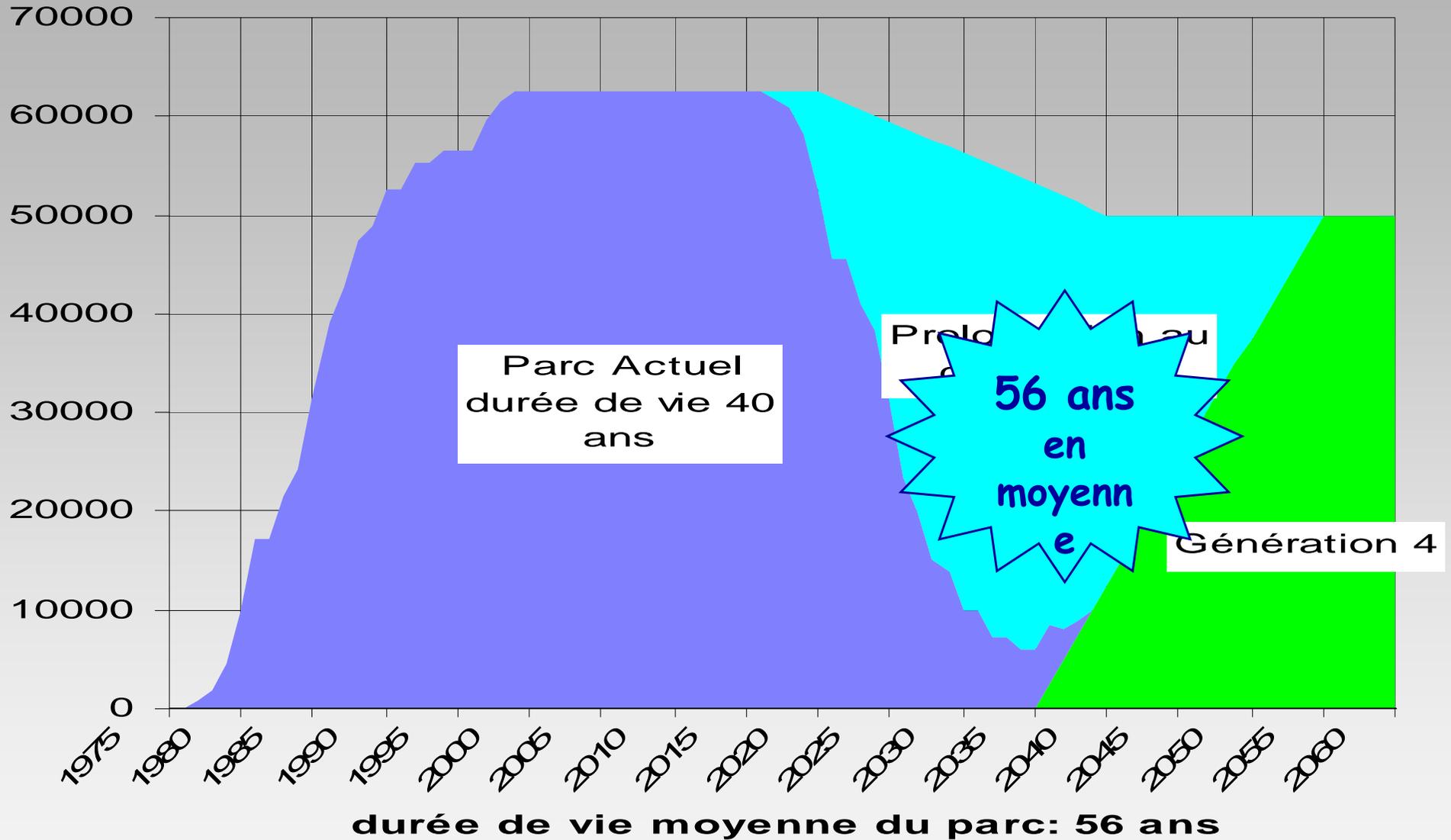
Dans l'attente de la confirmation de l'engagement en France d'une tranche EPR afin de disposer d'une conception parfaitement éprouvée pour le renouvellement du parc en exploitation à l'horizon 2015- 2020 le travail de conception détaillée se poursuit et une structure est mise en œuvre entre FANP GmbH , FANP France et EDF afin d'optimiser les efforts d'études requis pour la Finlande (démarrage prévu en 2009) et la France.

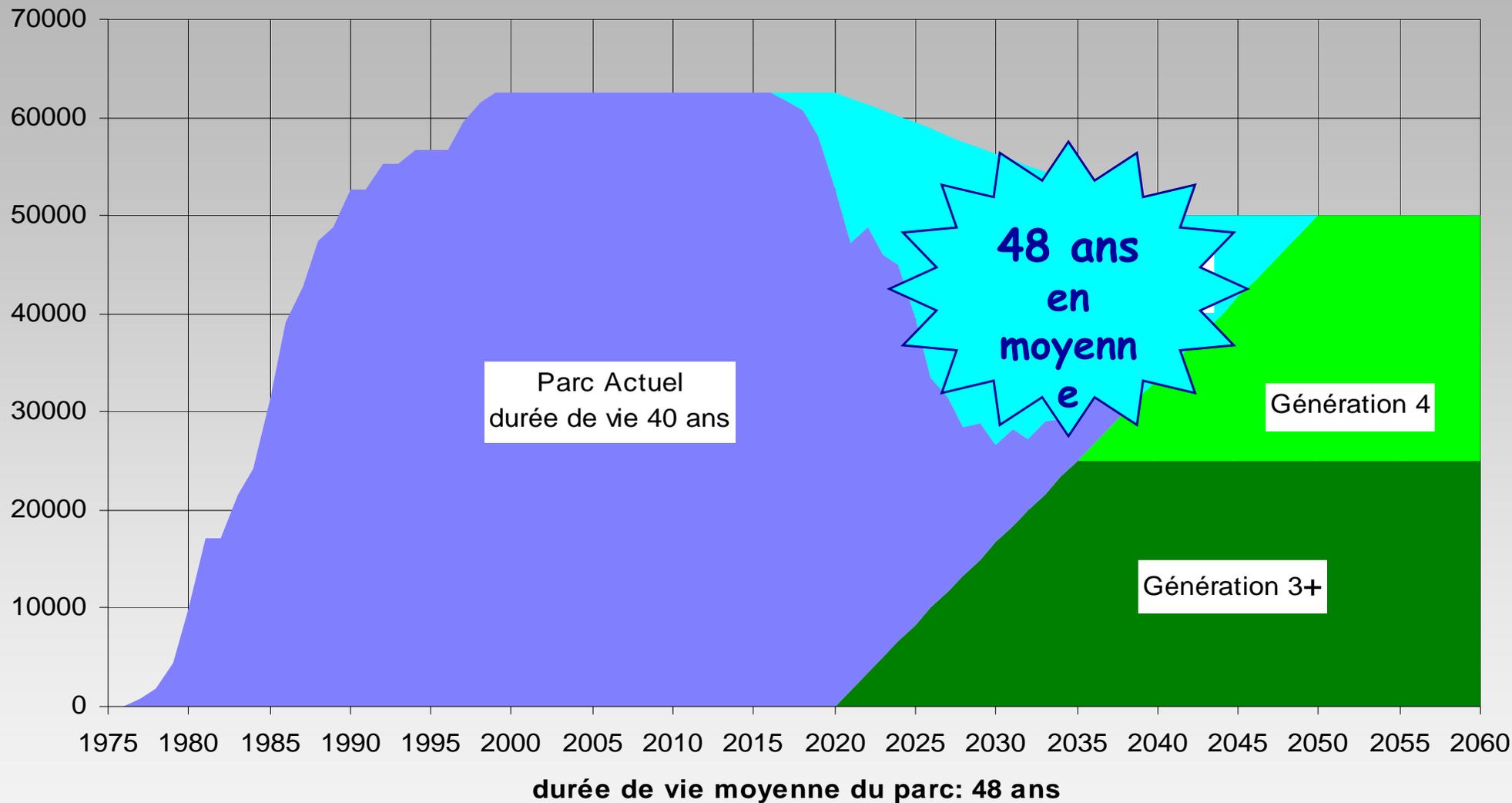
Par ailleurs

- les Etats Unis envisagent sérieusement la relance du processus chez eux et le gouvernement (DOE) subventionne largement les programmes
- Les Russes construisent un « advanced VVER 1000 » en Chine et le proposent pour l 'Inde et vont lancer un vaste programme d'équipement nucléaire en Russie
- La Chine lance prochainement un appel d'offre pour 4 tranches nucléaires

Perspectives ouvertes et incertaines pour la production d'électricité en France



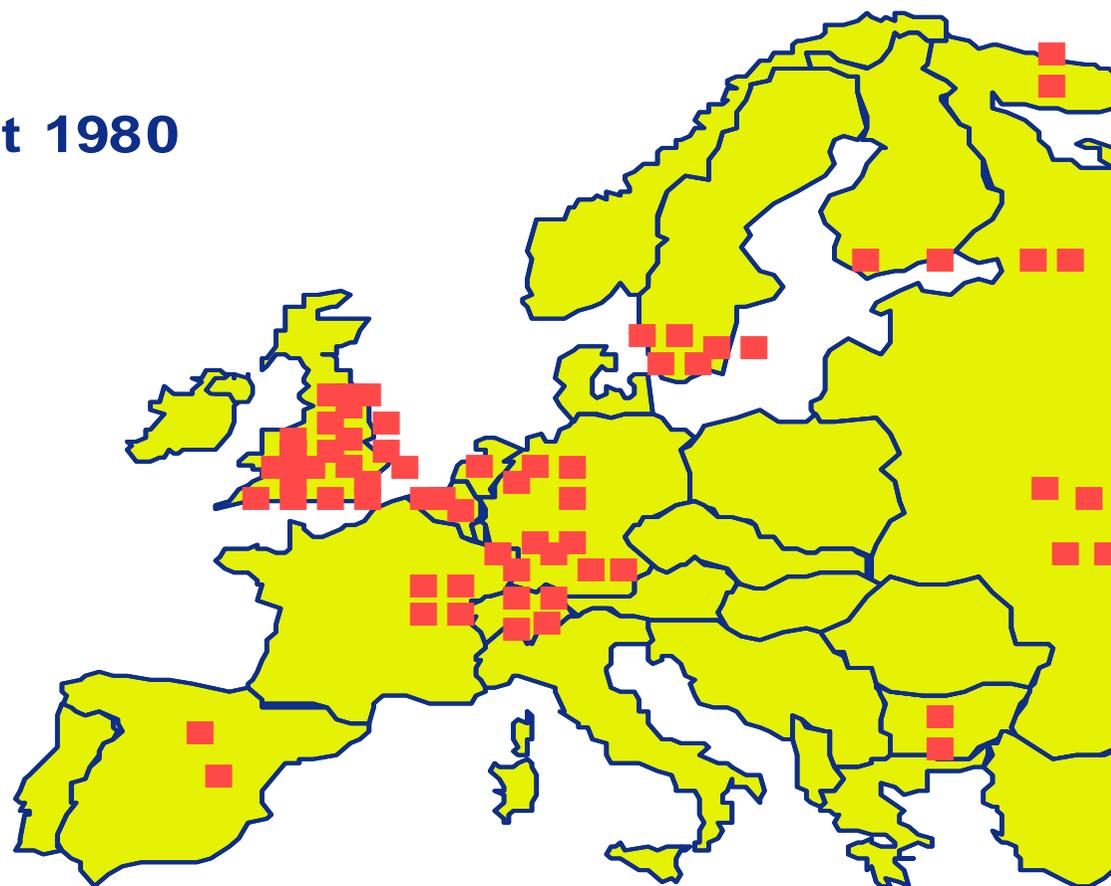




Une problématique européenne

■ Réacteurs en service avant 1980

Il faudra remplacer les réacteurs européens avant le renouvellement du parc EDF



EPR dans la concurrence



EPR Olkiluoto 14.10.2003

Une démarche

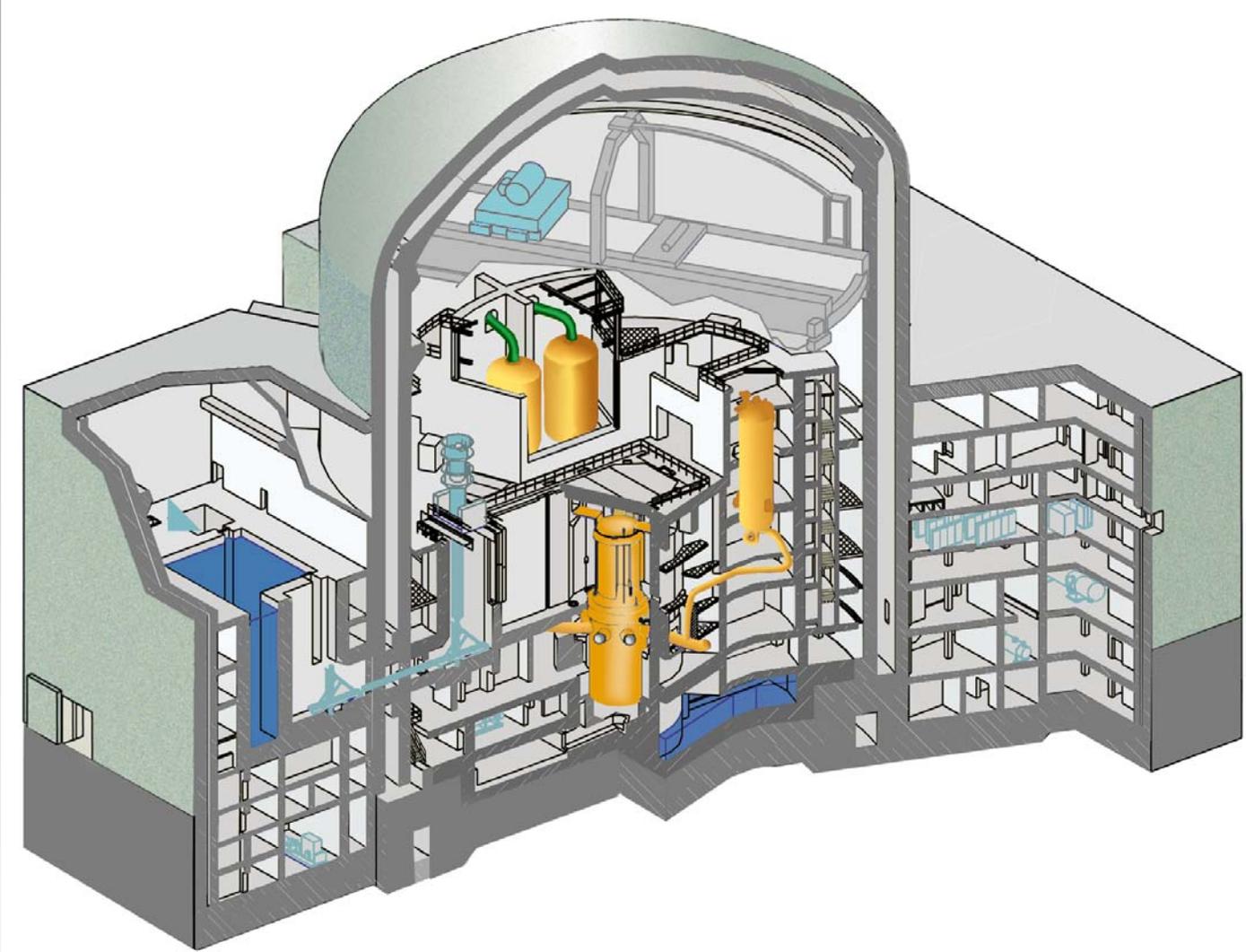
qui répond à un besoin,

Industrielle

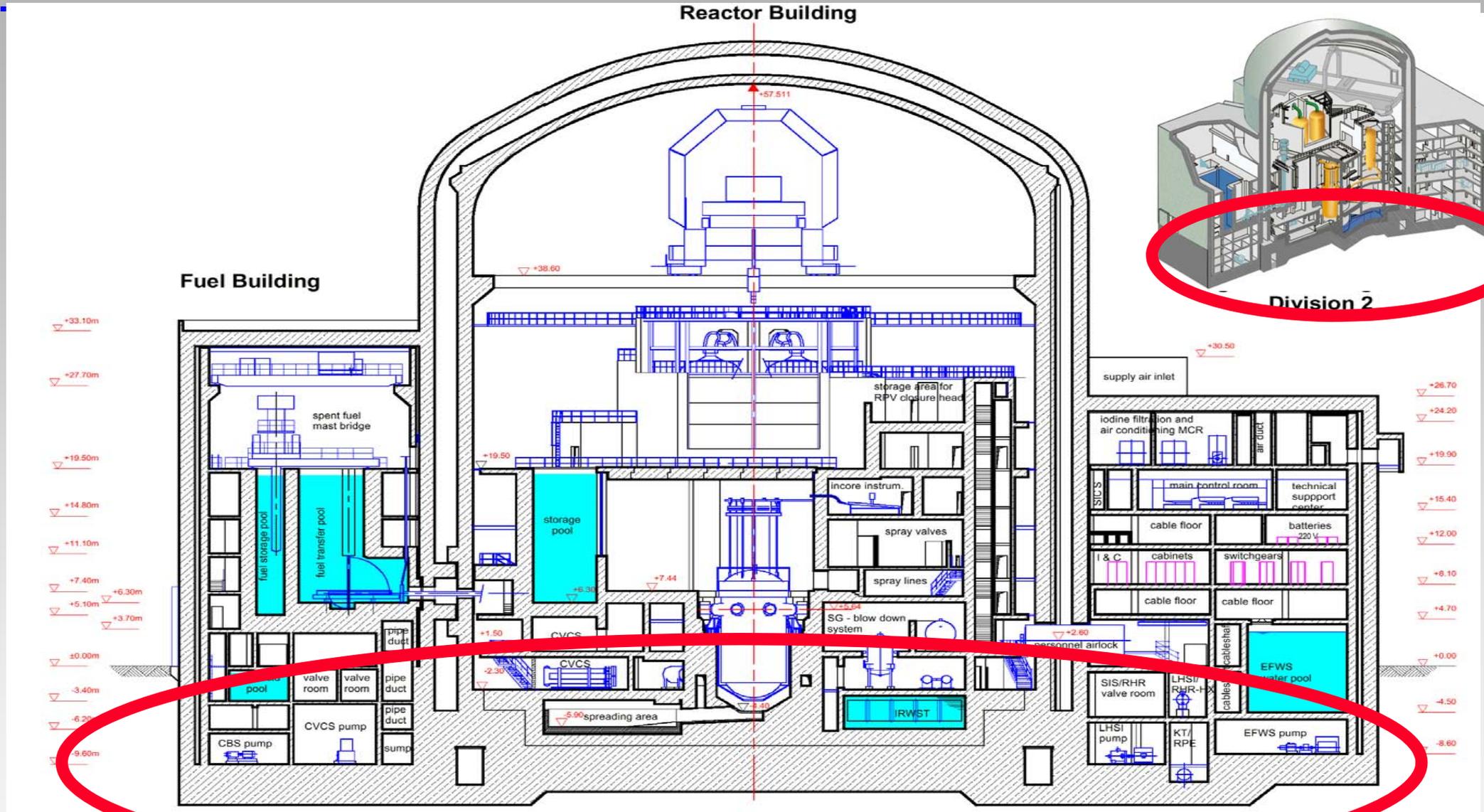
pas de révolution,
pas de fausse promesse
mais ...

de progrès

...du mieux un peu partout:
Sûreté, RP, Environnement,
Coûts

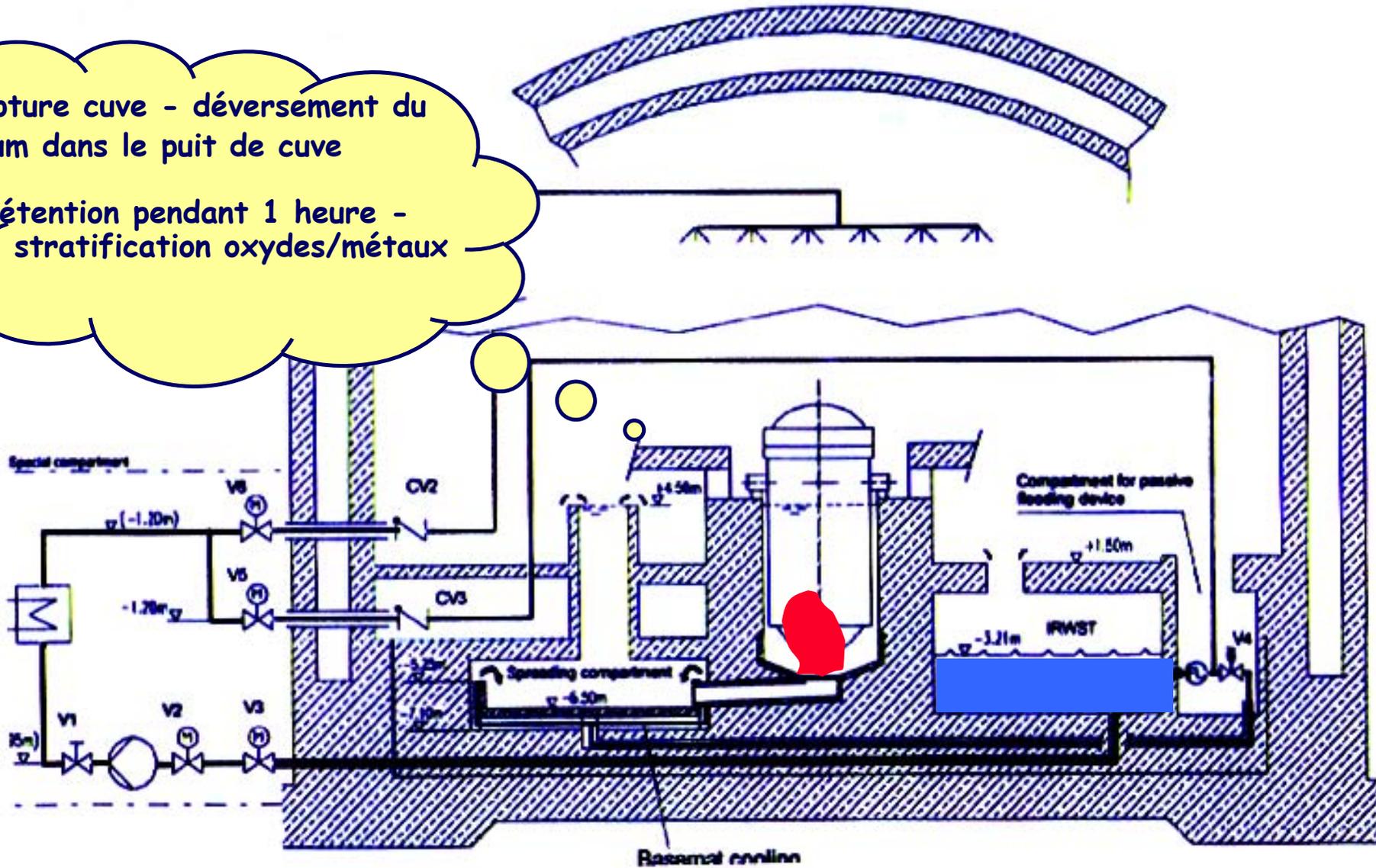


Coupe transversale BK-BR-BAS

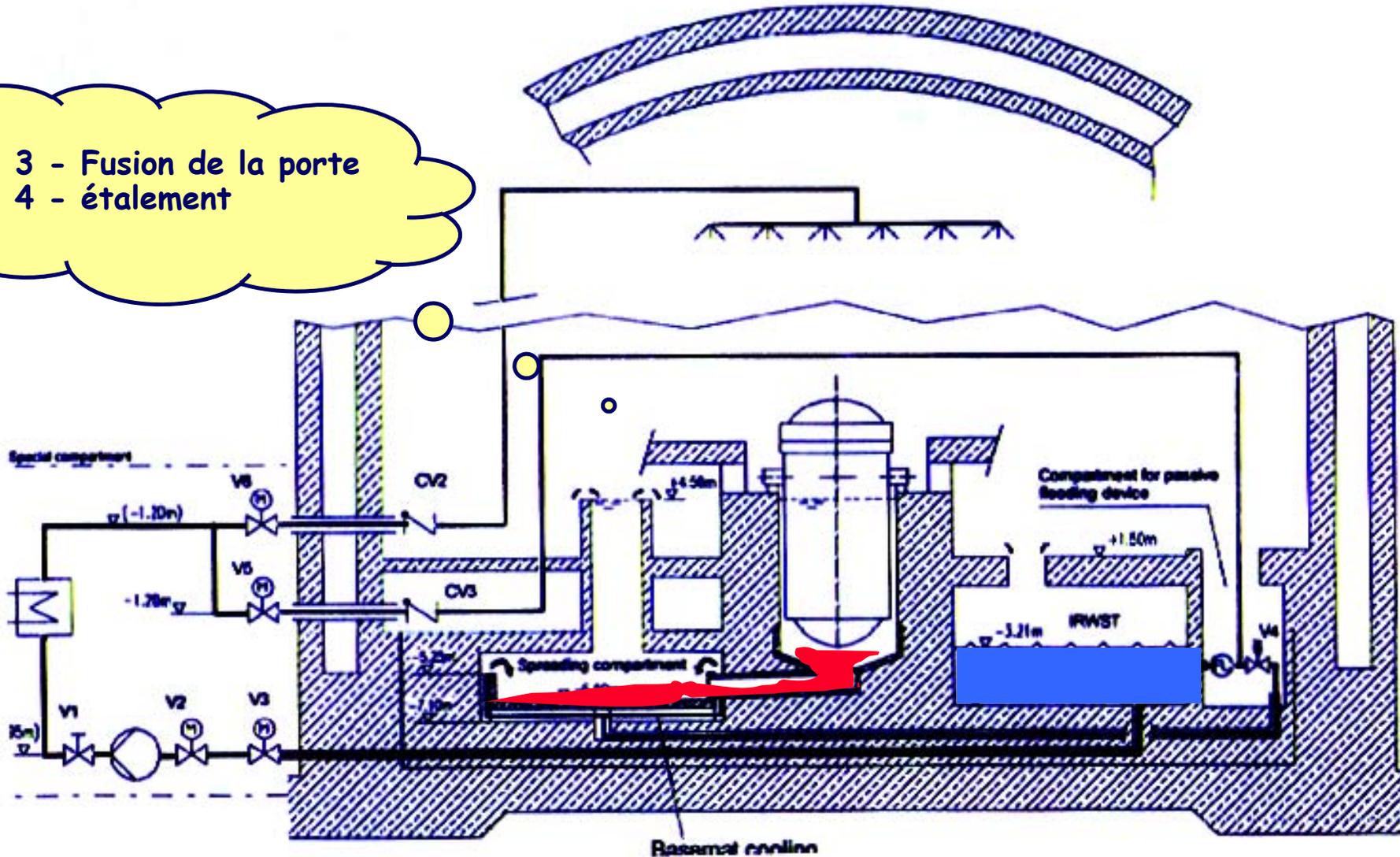


1 rupture cuve - déversement du corium dans le puit de cuve

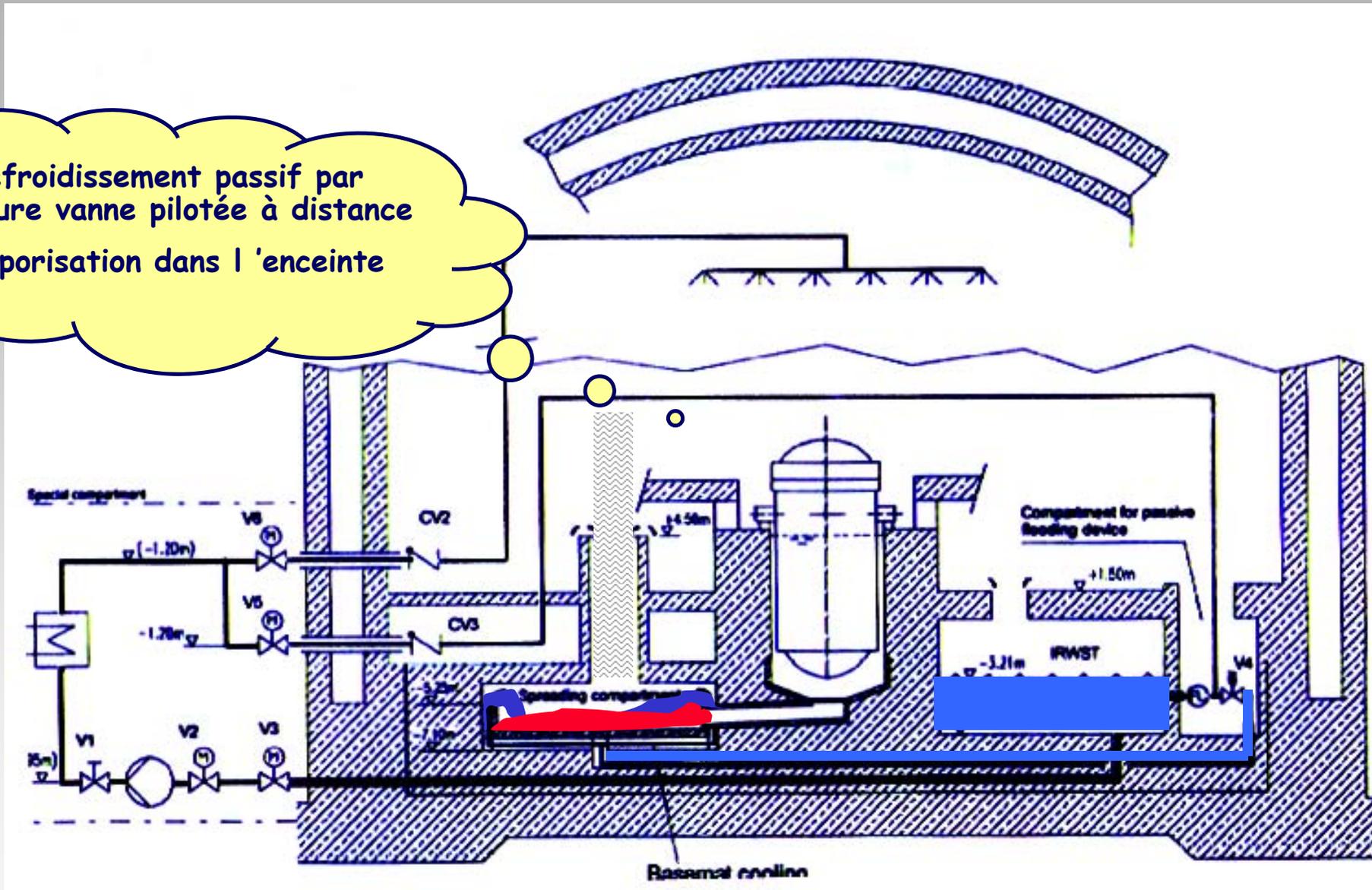
2- rétention pendant 1 heure - stratification oxydes/métaux



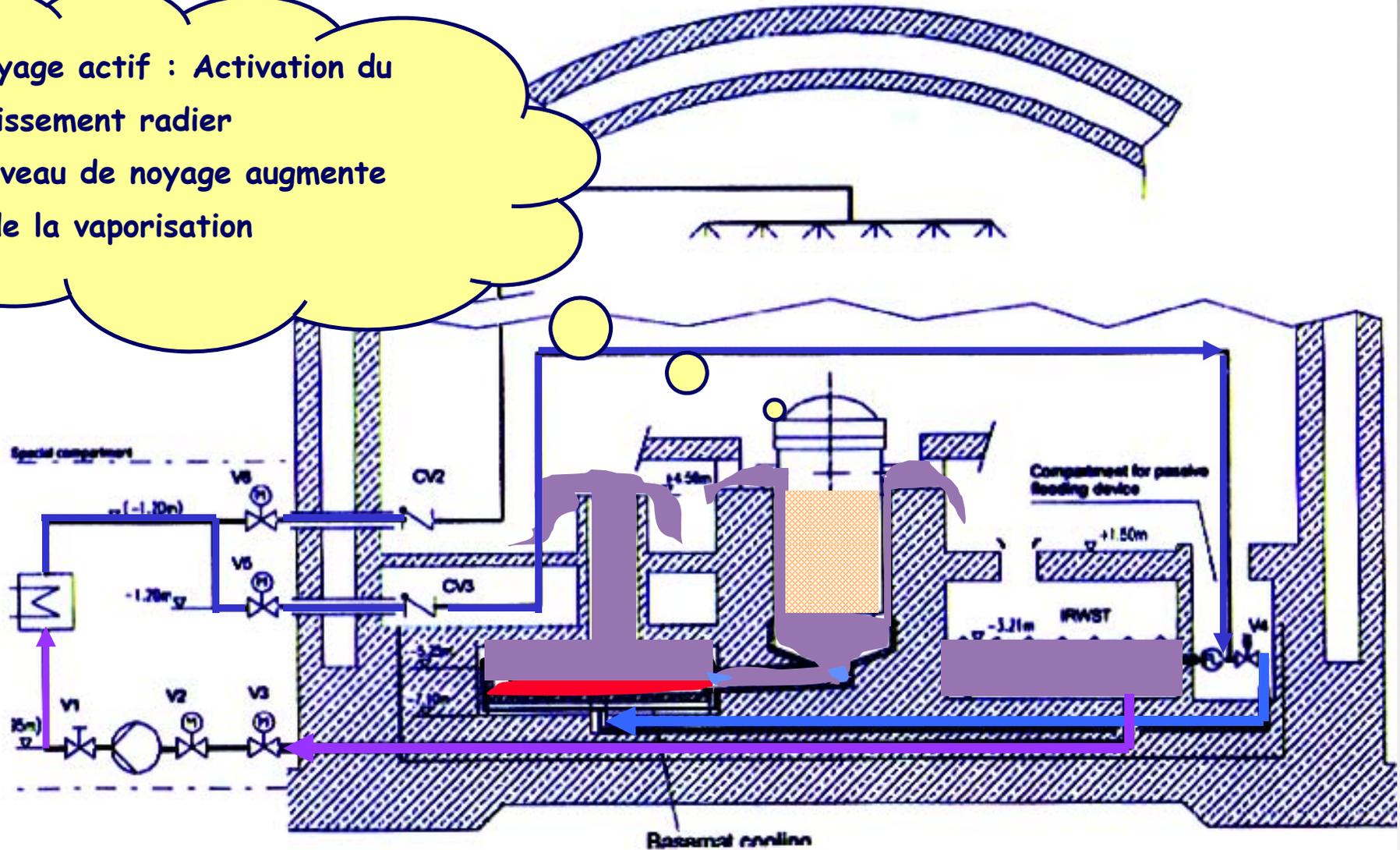
3 - Fusion de la porte
4 - étalement



- 5 - Refroidissement passif par ouverture vanne pilotée à distance
- 6 - Vaporisation dans l'enceinte

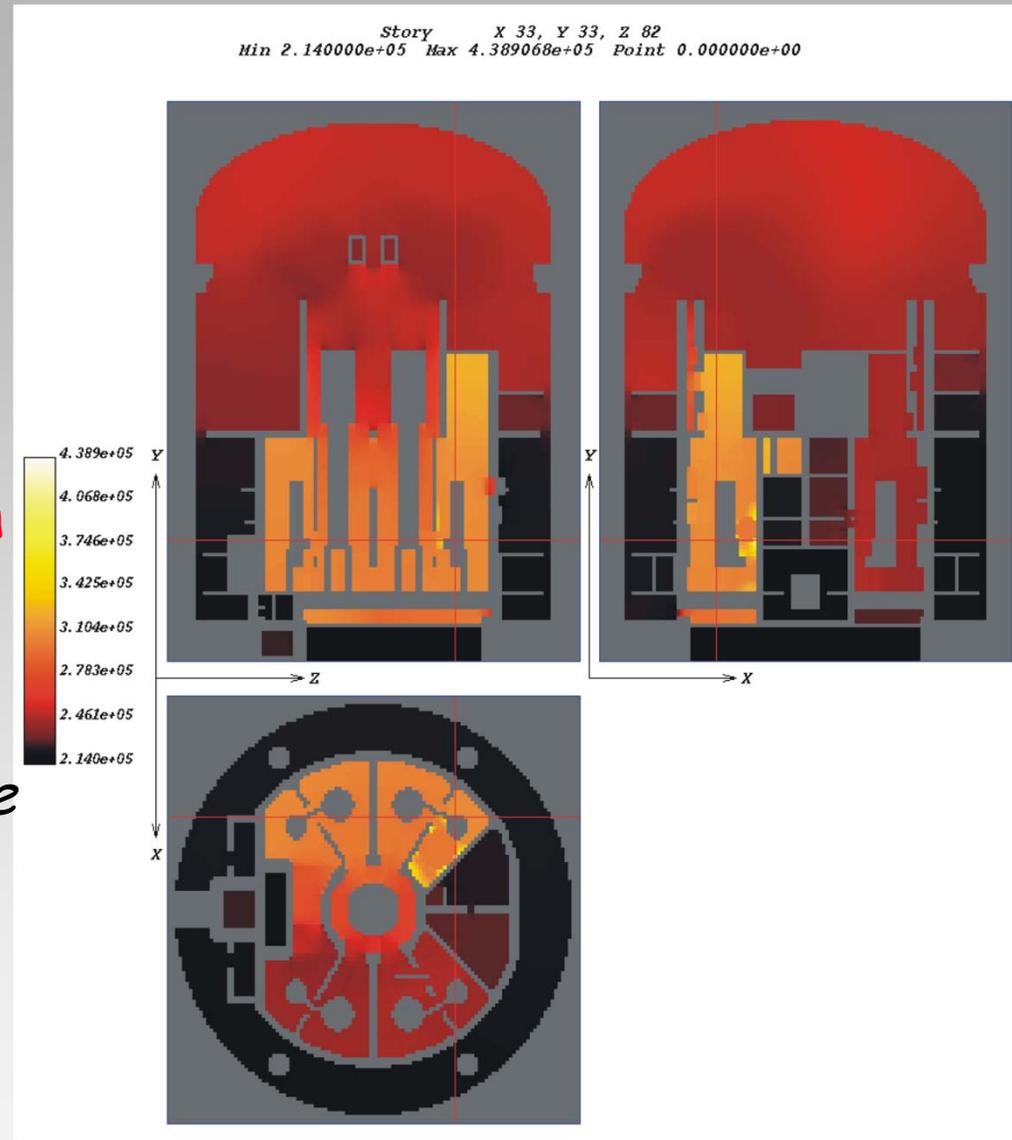


- 6 - Noyage actif : Activation du refroidissement radier
- 7 - Le niveau de noyage augmente
- 8 - Fin de la vaporisation



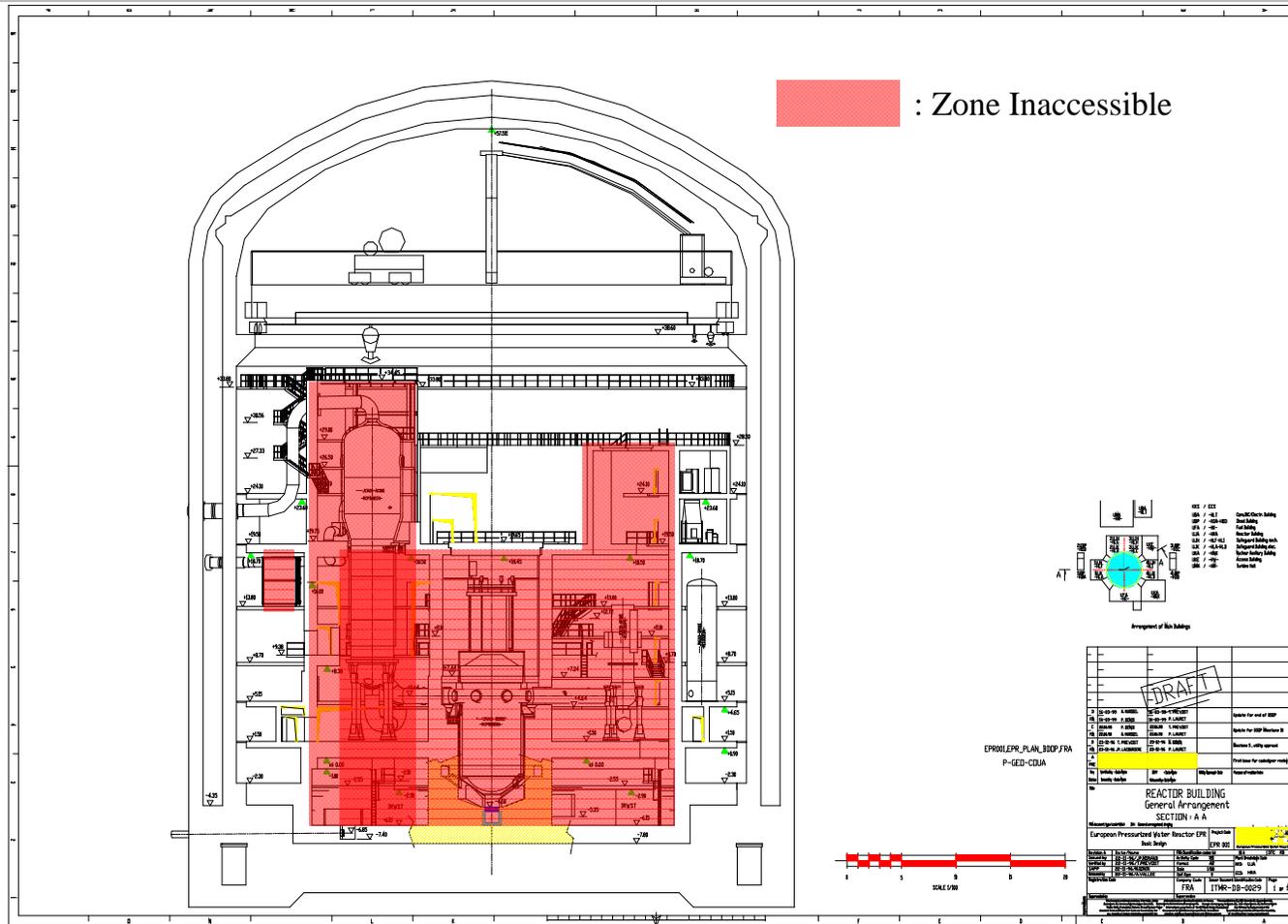
◆ Déflagration rapide/détonation Hydrogène :
 H2 produit par oxydation du zirconium $Zr + H_2O$ à très haute température
 Il y a risque de détonation-déflagration rapide si 10% H2 en air sec

- *Inertisation de l'atmosphère par la vapeur lors de la dépressurisation*
- *Mise en œuvre de recombineurs catalytiques ($H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$)*



Comportement H2
 Température en K





Le concept de séparation du BR en 2 zones a été adopté pour autoriser l'accès en puissance pour travaux de maintenance préventive.

On confine la radioactivité du réacteur en fonctionnement dans les zones directement au contact du CPP pour lesquelles l'accès est strictement réglementé



Choix de base NPI EDF GU

Choix de base des AS Française & Allemande

- Visent dès le départ robustesse du confinement et capacité à résister à:
 - Des accidents internes plus graves (fusion coeur)
 - Des agressions externes plus sévères (chute avion)
- Choix qui s'oppose à l'évacuation P. résiduelle par convection naturelle 
 - qui implique "d'ouvrir" la paroi externe et diminue la robustesse vis-à-vis des agressions externes

Un processus "évolutionnaire" permet

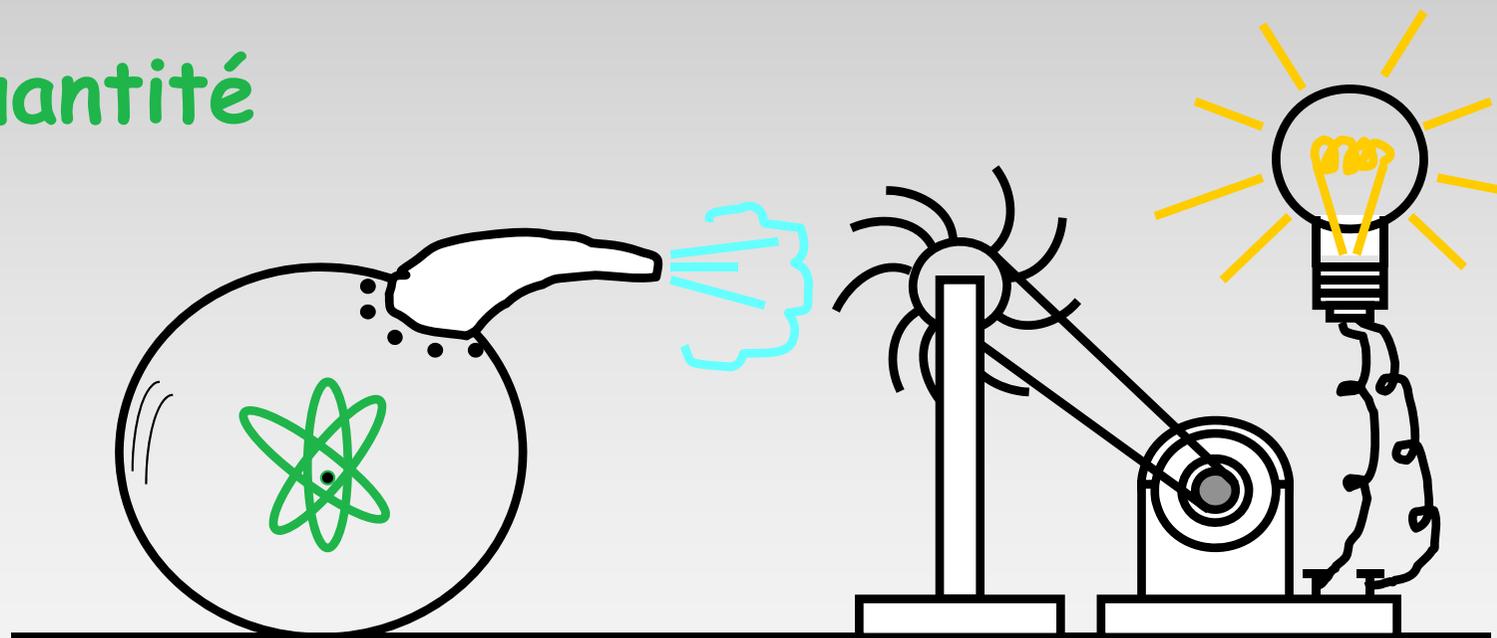
- L'intégration directe du REX de conception et d'exploitation
- Au bénéfice de la sûreté et des performances

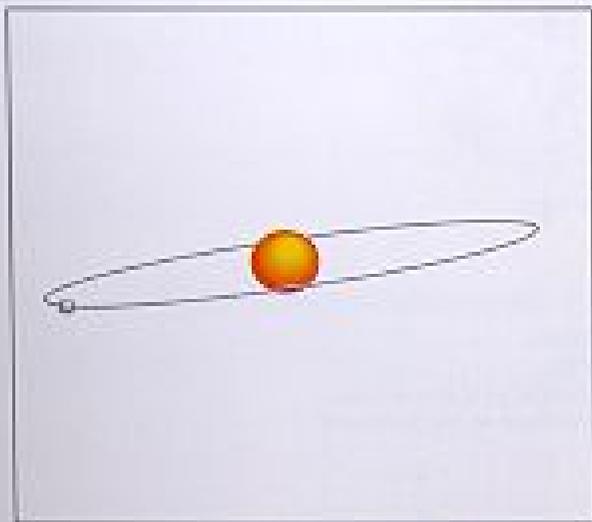
Volonté de limiter les risques & aléas industriels

- Eviter des solutions très innovantes ou nécessitant beaucoup de R&D pour limiter les risques industriels
- Réduction des risques & aléas tant en conception qu'en "licensing" 

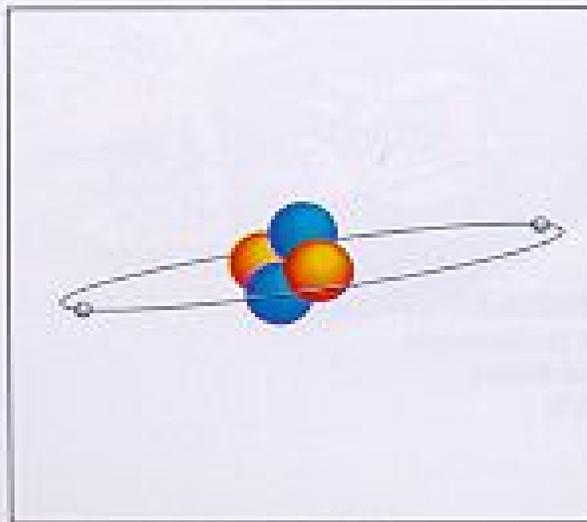
L'Energie Nucléaire
est un procédé **compliqué**
pour faire bouillir de l'eau

- En grande quantité
- Sans feu
- Pas cher
- Proprement

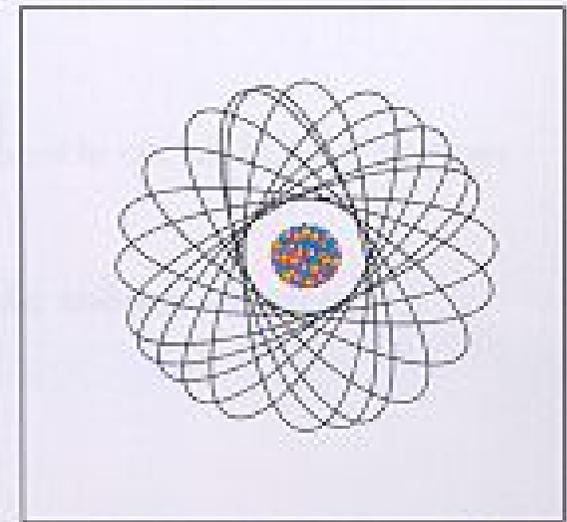




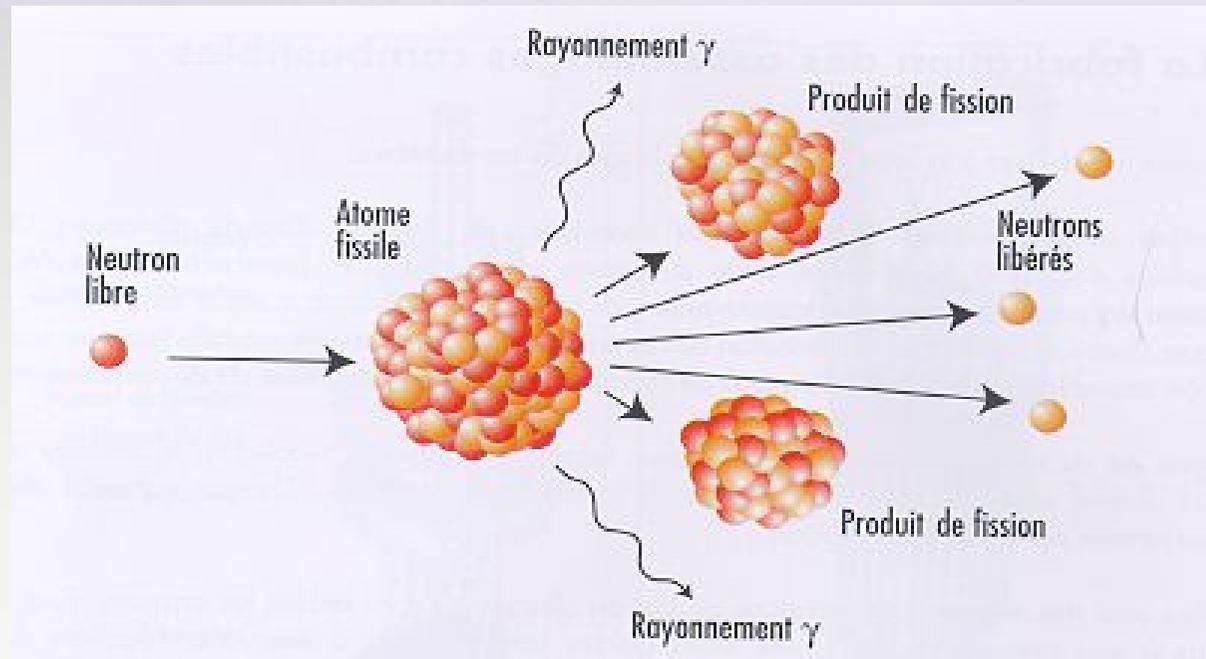
L'atome d'hydrogène

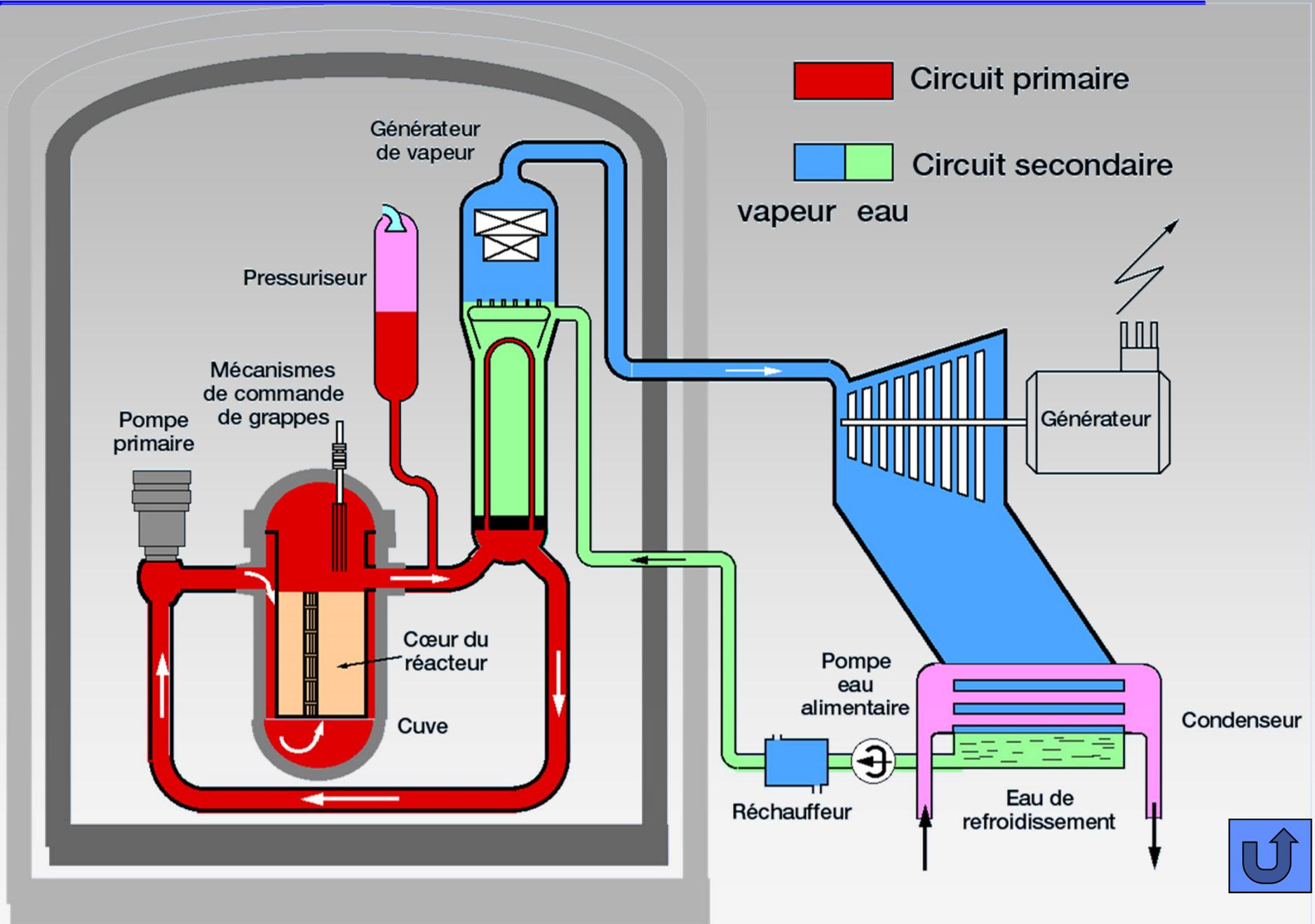


L'atome d'hélium



L'atome d'uranium 238





Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire avec réacteur à eau pressurisée

