

La culture de sûreté

-

La sûreté nucléaire

Formation professeurs BTS « environnement nucléaire »

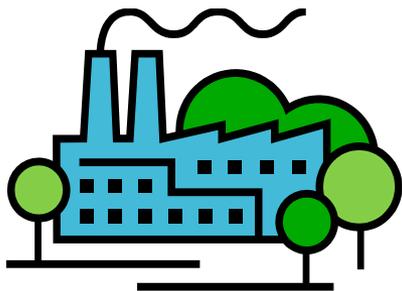
Véronique JUHASZ CEA/DEN/DANS/CCSIMN

Partie 1:

La culture de sûreté

Définition de la culture de sûreté dans l'INSAG 4

- La **culture de sûreté** est l'ensemble des caractéristiques et des attitudes qui, dans les organismes et chez les individus, font que les questions relatives à la sûreté bénéficient, en priorité, de l'attention qu'elles méritent en raison de leur importance.



Deux cibles pour la culture de sûreté: Organisme et individus

- Quelque soit l'industrie, ce sont les compétences de tous qui permettent de progresser en matière de sécurité et sûreté.
- L'excellence dépend de 2 grands acteurs:
 - L'**organisation**:
L'entreprise, en tant qu'organisme, participe à la culture de sûreté, en établissant des règles et en s'assurant quelles sont connues, appliquées et comprises par ses collaborateurs
 - Les **individus** peuvent faire progresser la sûreté par leurs initiatives dans le respect des règles communes

Pour développer la culture de sûreté, il faut:

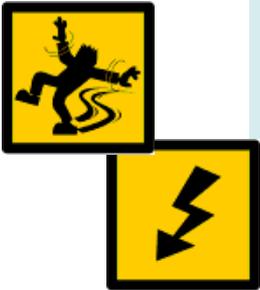
- Être pleinement conscient des risques liés aux activités dans les installations nucléaires.
- Connaître et comprendre le système mis en place pour garantir la sûreté nucléaire.
- Adopter, dans la vie de tous les jours :
 - attitude interrogative, remise en cause,
 - prudence,
 - communication, travail en équipe
- Prendre aussi en compte la fiabilité humaine
- Rechercher l'amélioration en continu

Pour vous,
que signifie "sûreté nucléaire" ?

Sécurité, sûreté nucléaire

Sécurité et sûreté nucléaire sont 2 disciplines qui ont un même objectif: **la maîtrise des risques**

La sécurité et la sûreté nucléaire : concrètement ?



- La sécurité : maîtrise des risques d'origine "classique" (risque électrique, de chute du personnel, chimique, ...).

→ **Respect du code du travail**



- La sûreté : maîtrise des risques d'origine nucléaire (risque de criticité, de contamination, d'irradiation, ...) ou d'origine "classique" pouvant avoir des conséquences nucléaires.

→ **Respect de la réglementation liée aux INB**

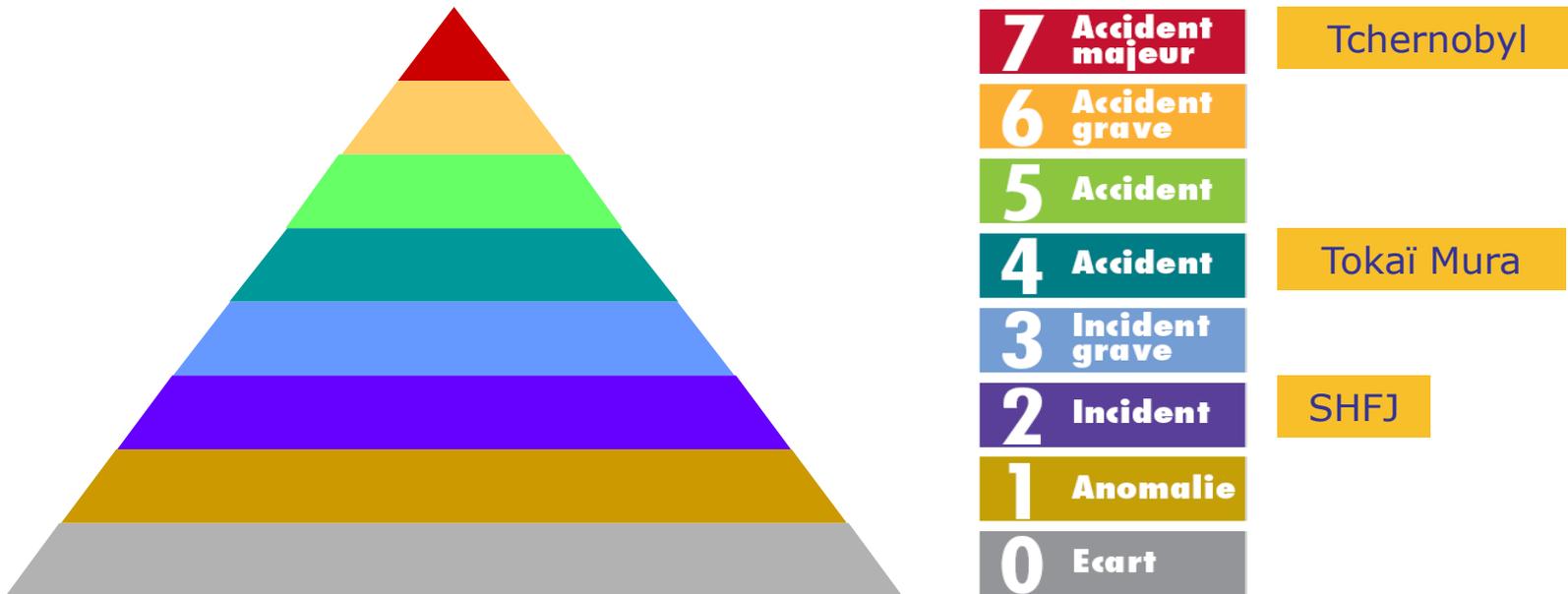
I - Les événements nucléaires

- Tchernobyl
- Tokai Mura
- SHFJ

Échelle internationale des événements nucléaires INES

événements hiérarchisés de 1 à 7 selon 3 critères :

- Le critère de défense en profondeur
- L'impact sur le site
- Les conséquences sur l'environnement



Structure de l'échelle INES : critères liés à la sûreté

	Conséquences à l'extérieur du site	Conséquences à l'intérieur du site	Dégradation de la défense en profondeur
7 Accident majeur	Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement		
6 Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 Accident	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur/ des barrières radiologiques	
4 Accident	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques/ exposition mortelle d'un travailleur	
3 Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Contamination grave/effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu/perte des barrières
2 Incident		Contamination importante/ surexposition d'un travailleur	Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 Anomalie			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 Ecart		Aucune importance du point de vue de la sûreté	
Evénements hors échelle		Aucune pertinence du point de vue de la sûreté	

Centrale nucléaire de Tchernobyl

26 avril 1986

Niveau 7 de l'échelle INES

Tchernobyl



Résumé

Film

Causes

Résumé de l'accident de Tchernobyl



- Cet accident s'est produit alors que les opérateurs procédaient à un essai électrique.
- Cet essai consistait à vérifier qu'en cas de coupure du secteur, l'énergie cinétique du rotor du turboalternateur pouvait être utilisée pour alimenter les pompes de refroidissement du cœur, le temps que les groupes électrogènes de secours prennent le relais.
- **32 personnes meurent sur le coup.**
- De très nombreuses personnes **irradiées décèdent** par la suite. **70 tonnes de produits radioactifs** sont éparpillées autour de la Centrale. En outre, **50 tonnes de gaz et de poussières radioactives forment un immense nuage.**

Les causes de l'accident de Tchernobyl



Les équipes d'exploitation vont violer plusieurs consignes de sécurité :

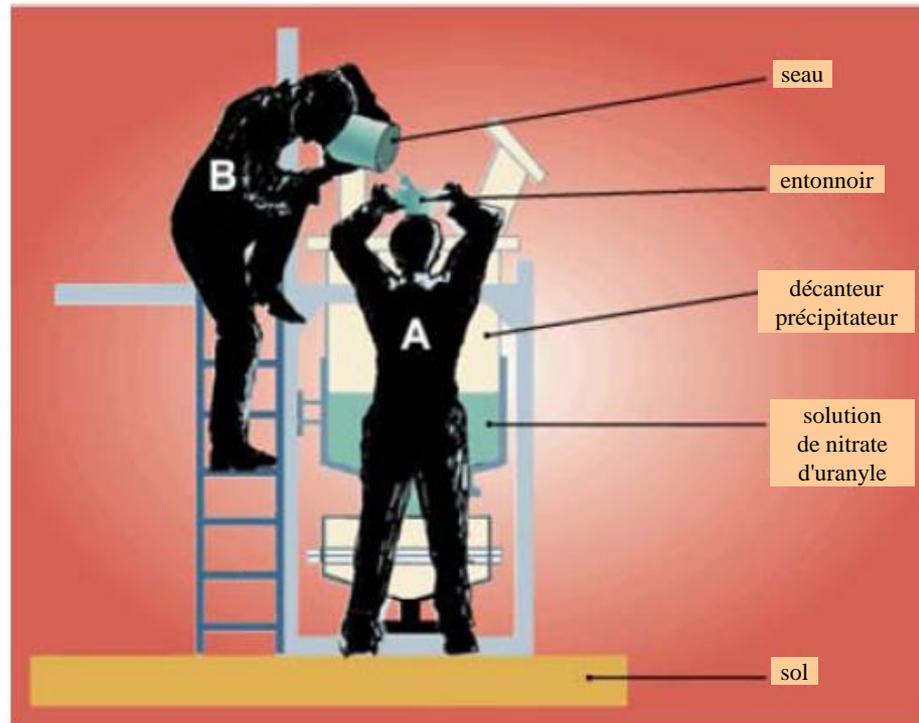
- Conduite prolongée du réacteur à basse puissance,
- Pilotage manuel prolongé,
- Invalidation d'alarmes,
- Déconnexion des systèmes d'arrêt d'urgence,
- Isolement du système de refroidissement de secours,
- Remontée excessive des barres de contrôle,
- Mise en route simultanée de toutes les pompes.



- Pour répondre aux injonctions de leur hiérarchie
- Avec un réacteur RBMK de conduite délicate par conception (réactivité instable)

L'accident de criticité de Tokai Mura 30 sept. 1999

Niveau 4 de l'échelle INES



Résumé

Causes

Enrichissement de l'Uranium à Tokai Mura
Procédé en "voie humide"

Résumé de l'accident de criticité de Tokai Mura

- L'accident s'est produit au cours d'opérations de **dissolution de poudre d'uranium** enrichi à 18,8 %.
- Une **modification non approuvée** par les autorités de sûreté a consisté à **remplacer les colonnes de géométrie sûre** par la **cuve de précipitation de diamètre plus grand** et munie d'un **agitateur mécanique** dans le but de **faciliter l'opération d'homogénéisation** des différents lots de dissolution.
- Cette dernière cuve n'étant pas de géométrie sûre, l'absence de risque de criticité était garantie par une **limite de masse d'uranium de 2,4 kg**. Or, les deux opérateurs ont rempli la cuve à l'aide de **7 seaux**, chacun d'entre eux contenant **2,4 kg de poudre d'uranium dissous dans de l'acide nitrique**.

Présentation de l'accident de criticité de Tokai Mura

Masse critique de
matière fissile

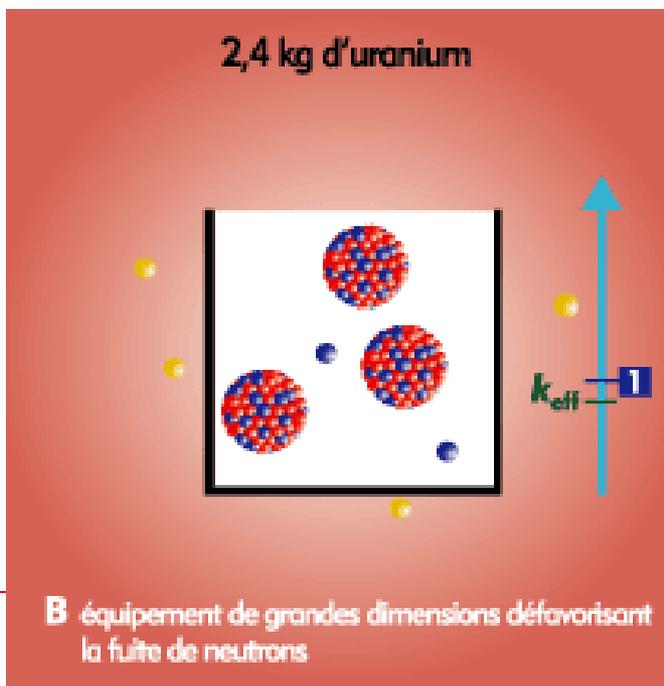
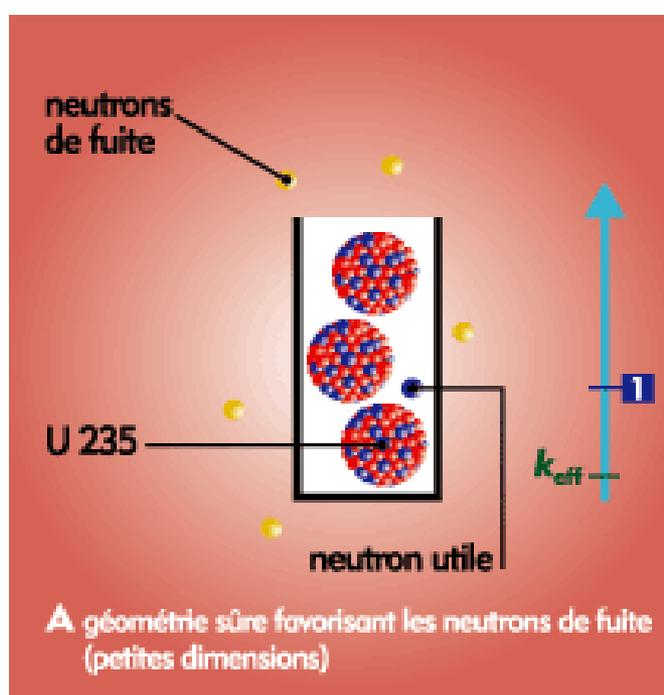
+

Géométrie
et Volume

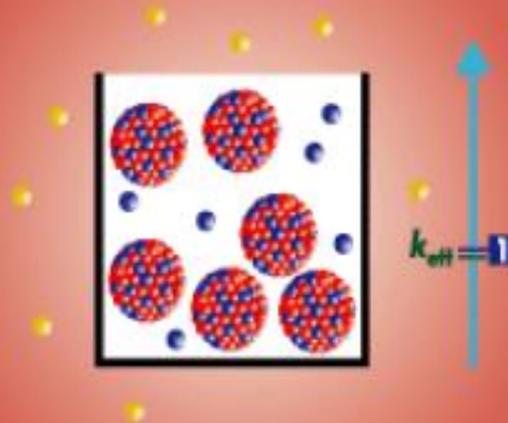
+

Pas de poison

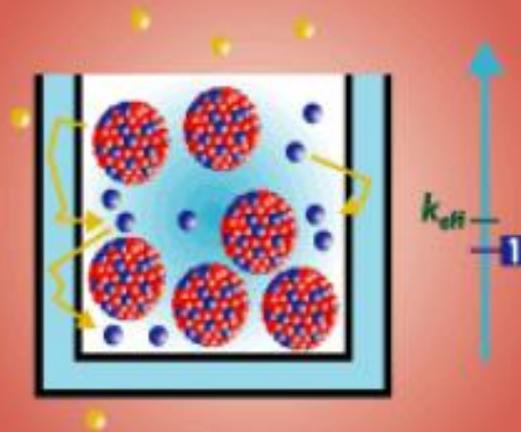
Accident
de criticité



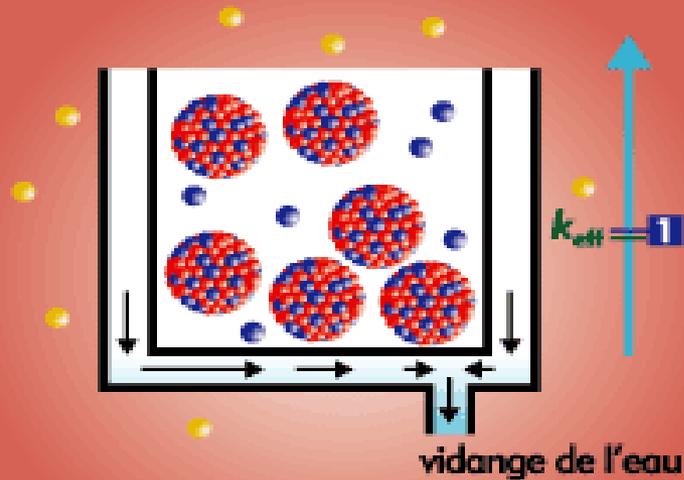
16 kg d'uranium au lieu de 2,4 kg



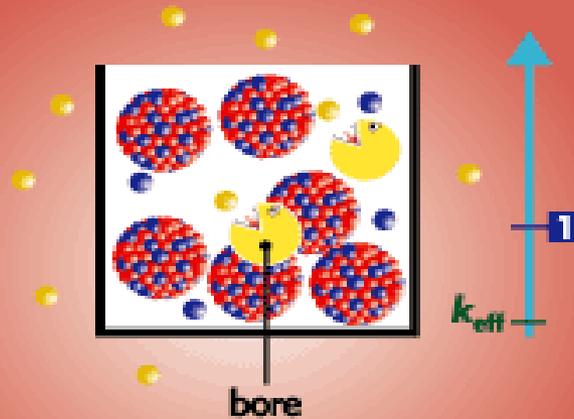
C limite de masse non respectée favorisant la production de neutrons



D présence d'un circuit d'eau favorisant le retour des neutrons de fuite



E vidange de l'eau favorisant les neutrons de fuite



F poison neutronique favorisant la disparition des neutrons par absorption sans fission

L'incident du SHFJ

10 mars 2005

- Le SHFJ est une unité implantée à l'hôpital d'Orsay dépendant du CEA Saclay.
Le SHFJ est également une installation CEA (ICPE autorisée).
- **Niveau 2** sur l'échelle INES

Un salarié CEA a reçu une exposition très significative en intervenant lors d'une opération de production d'un radio pharmaceutique



Résumé

Causes

Retour
d'expérience ▶

Résumé de l'incident du SHFJ



- Pour remédier à une petite fuite de solution radioactive concentrée sur le circuit de l'automate de préparation, l'opérateur a introduit son avant-bras dans la cellule. La manche de sa blouse a vraisemblablement été imbibée par une fraction de la solution dispersée, entraînant une contamination de la peau au niveau de l'avant-bras.
- La dose reçue par le salarié du CEA, très locale et superficielle, est comprise entre 3 et 30 Sievert et ne concerne que quelques centimètres carrés de peau (la limite annuelle est de 0,5 Sievert pour les avant-bras).

Le contexte de l'incident du SHFJ



- Volonté de sauver la production.
Ce produit est destiné à être injecté en milieu hospitalier comme traceur (diagnostic du cancer par caméra à positons).
- L'offre répond à peine à la demande et les malades attendent parfois plusieurs semaines pour passer leurs examens cliniques et obtenir une information précieuse sur l'évolution de leur cancer.
- Introduction du bras possible dans la cellule alors qu'elle est classée en zone rouge.

Retour d'expérience de l'incident du SHFJ

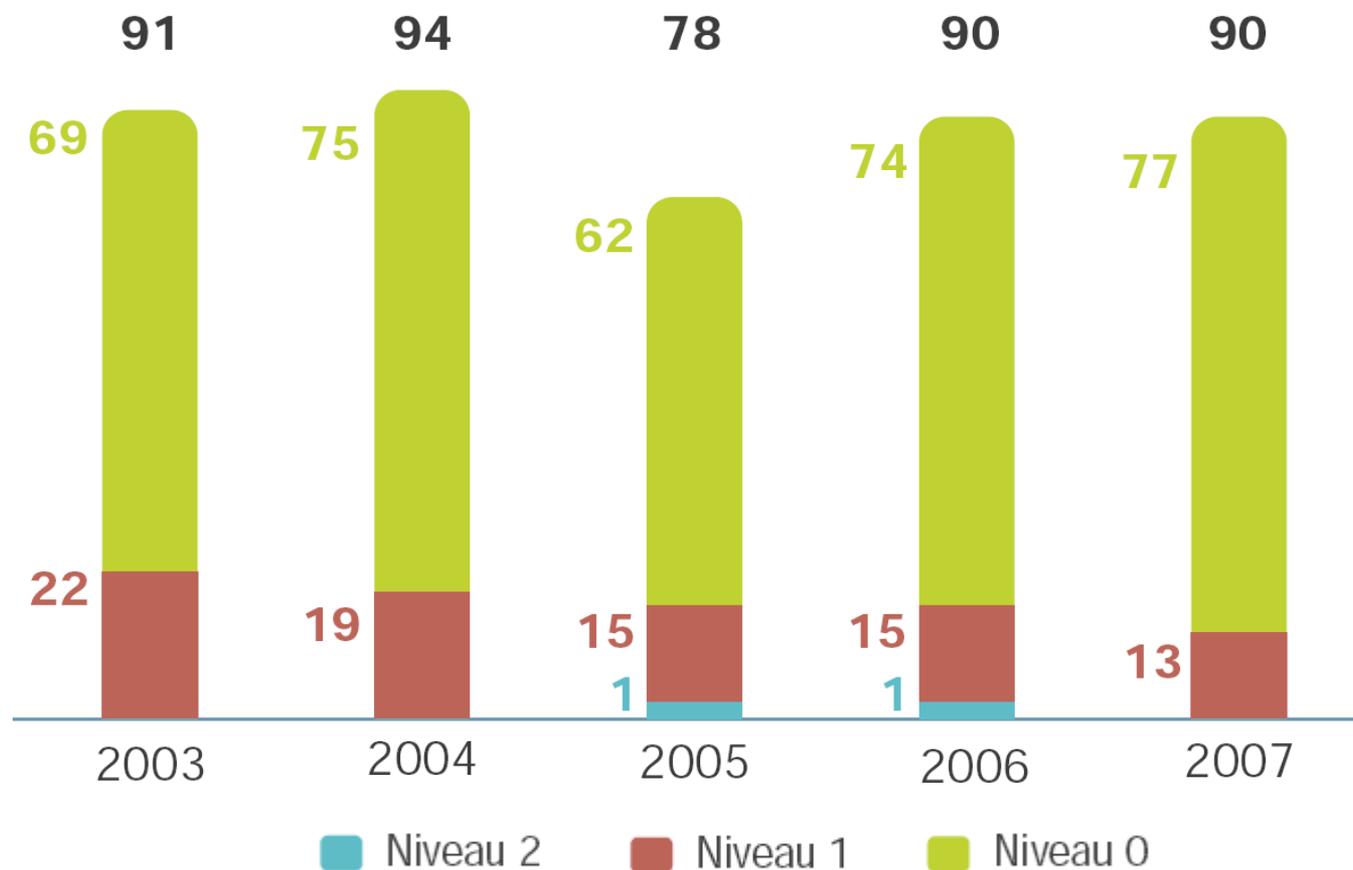


- Respect du code du travail quels que soient les impératifs de production.
- La répartition du travail entre les équipes SPR et l'installation doit faire l'objet d'une convention écrite.
- L'autorisation d'ouverture de la cellule doit être automatiquement asservie au débit de dose.
- Rappels appropriés pour tous en matière de culture de sûreté.
- Garder la mémoire des incidents antérieurs et les faire connaître.



Les événements déclarés par le CEA

➤ Nombre annuel d'événements déclarés par le CEA



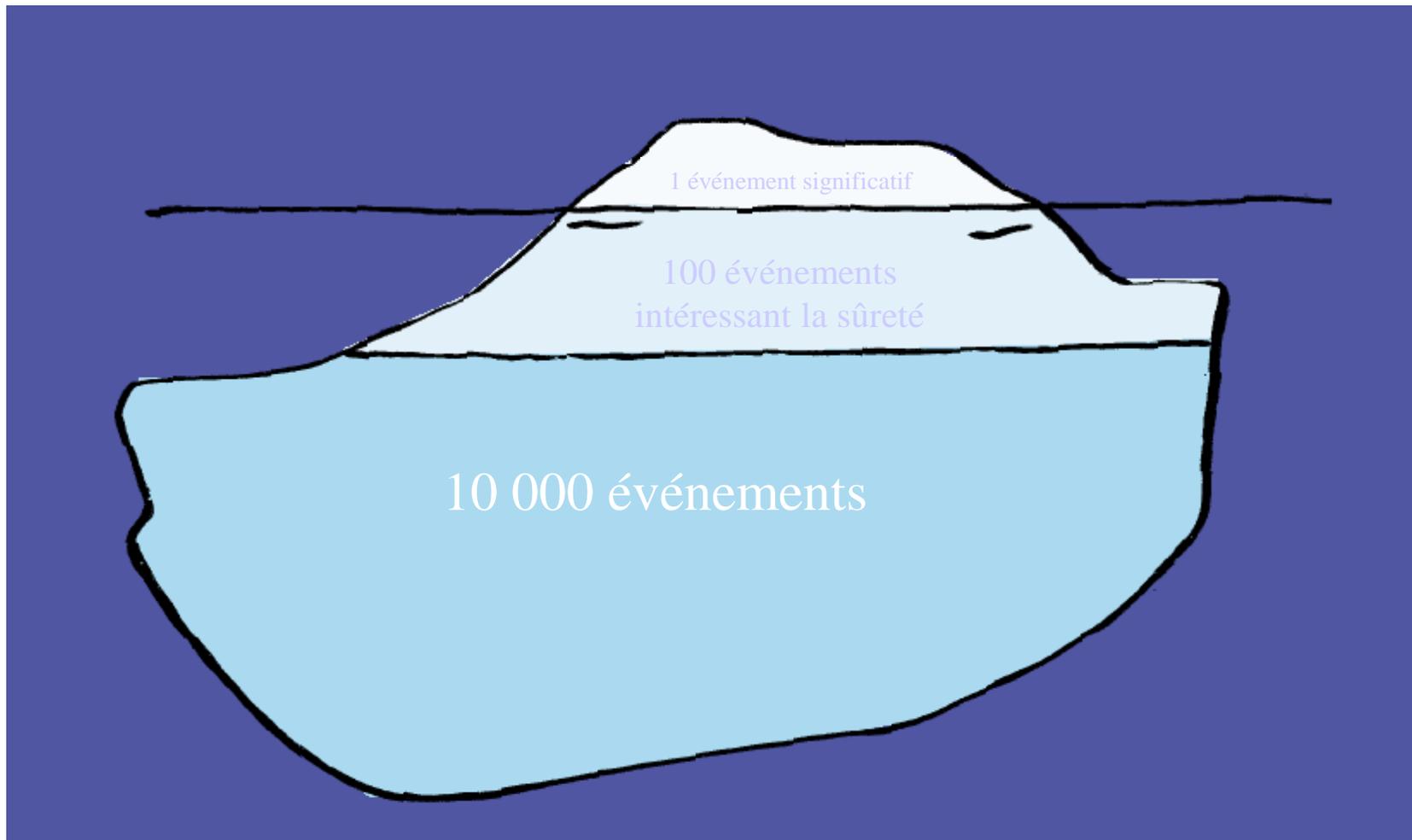
Exemples d'événements de niveau 1 en 2007

Déroulement de l'événement Classé au niveau 1 de l'échelle INES

Suite à un dysfonctionnement survenu lors d'un processus d'injection de béton dans une cellule de traitement de fûts de déchets irradiants, classée « zone rouge », des opérateurs ont pris l'initiative d'ouvrir la porte blindée d'accès à cette cellule pour remédier au défaut. Cette opération a été réalisée sans information préalable du chef d'installation ou du service compétent en radioprotection, mais toutefois après avoir vérifié l'absence de contamination atmosphérique du local et mesuré le débit de dose ambiant.

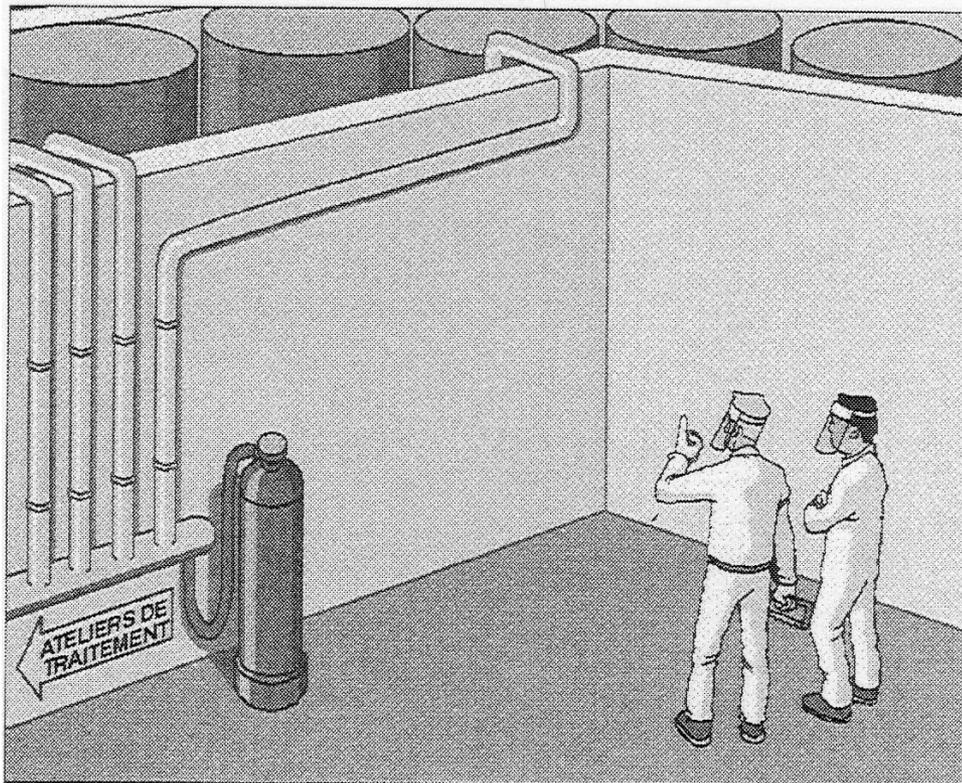
Compte tenu de cet écart à la réglementation radioprotection qui interdit tout accès en « zone rouge » sans l'accord formel du directeur d'établissement, le centre impliqué a procédé au recensement de l'ensemble des zones rouges du site et au réexamen des conditions d'exploitation associées.

Le retour d'expérience



Exemple d'un incident

- Cas 1 : Exemple d'un incident survenu dans une station de traitement d'effluents



Présentation des faits



Causes possibles



Discussion :

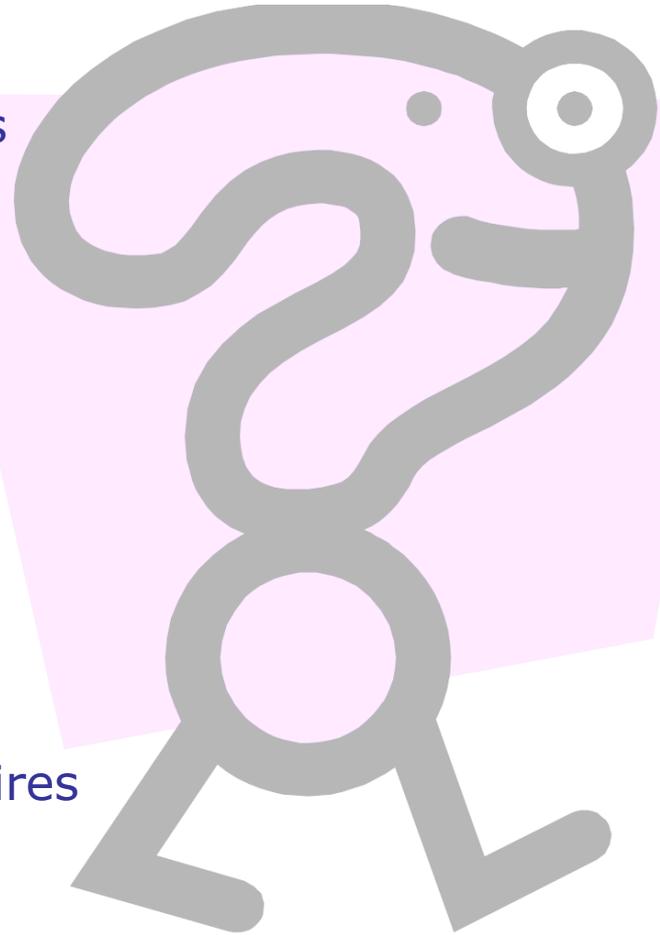
Quelles sont, d'après vous, les causes possibles d'un incident de ce type ?

➤ Causes possibles

Composants / Acteurs	Erreurs / Anomalies	Axes de progrès
Chef d'INB	N'a pas contrôlé la préparation	Avant de demander une intervention, s'assurer qu'il existe les informations à jour : Règles et procédures
Agents d'entretien	Manque de préparation : protection inadaptée aux risques réels, position inférieure au tuyau	Consulter le responsable de l'intervention pour obtenir : <ul style="list-style-type: none"> • la procédure • la connaissance des risques • les précautions correspondantes Règles et procédures Solidarité et communication
Canalisation	Mal conçue dès le départ	Revoir la conception de l'installation
Effluents	De type Alpha (non connu)	Laisser des informations écrites et "retrouvables" pour des éléments de connaissance influant sur la sûreté nucléaire : traçabilité Solidarité et communication
Bouchon	Était différent des autres fois	"Toujours" remettre en question des affirmations hypothétiques : Attitude interrogative
Débouchage		Etablir une procédure d'intervention : Règles et procédures
		Retour d'expérience

➤ L'attitude interrogative

- **Remettre en question** les informations hypothétiques
- Admettre que l'on ne sait pas tout
- Prendre connaissance des procédures et de l'historique
- Envisager aussi l'imprévu et le pire
- Demander des informations complémentaires
- Lutter contre les habitudes

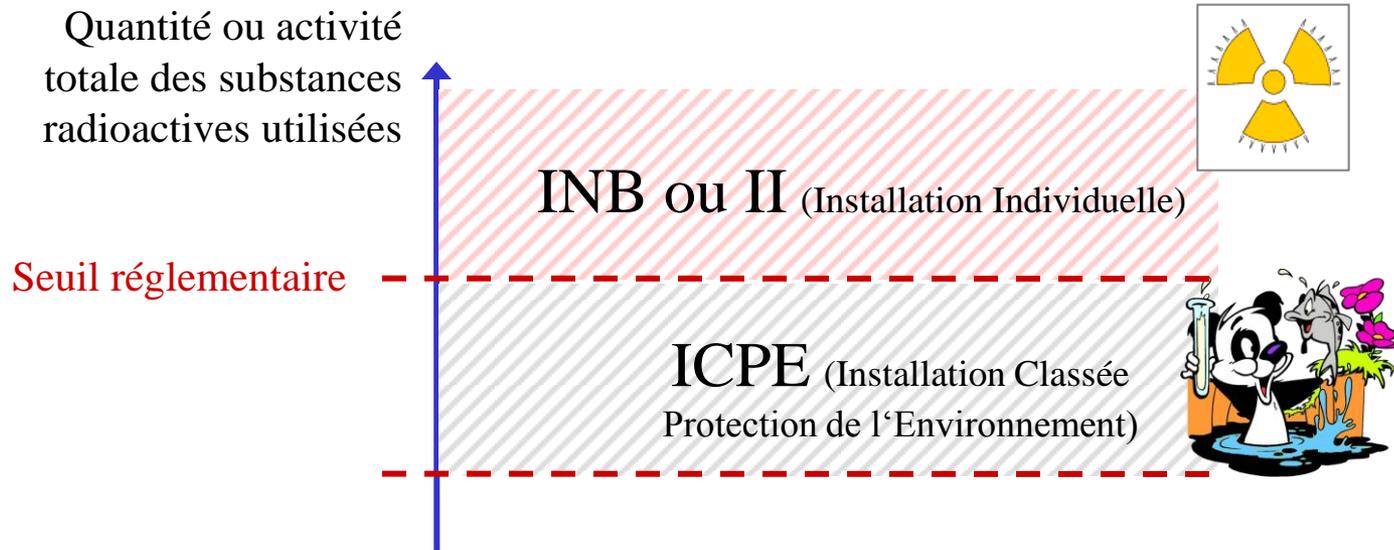


Module

- Le contexte de l'industrie nucléaire

Le cadre de travail

Une Installation Nucléaire de Base



Le classement en INB, en II ou en ICPE fait l'objet d'un décret ou d'un arrêté.

La défense en profondeur

– Notion de ligne de défense

On met en place 2, 3, 4 lignes de défense

Indépendantes
entre elles

Homogènes

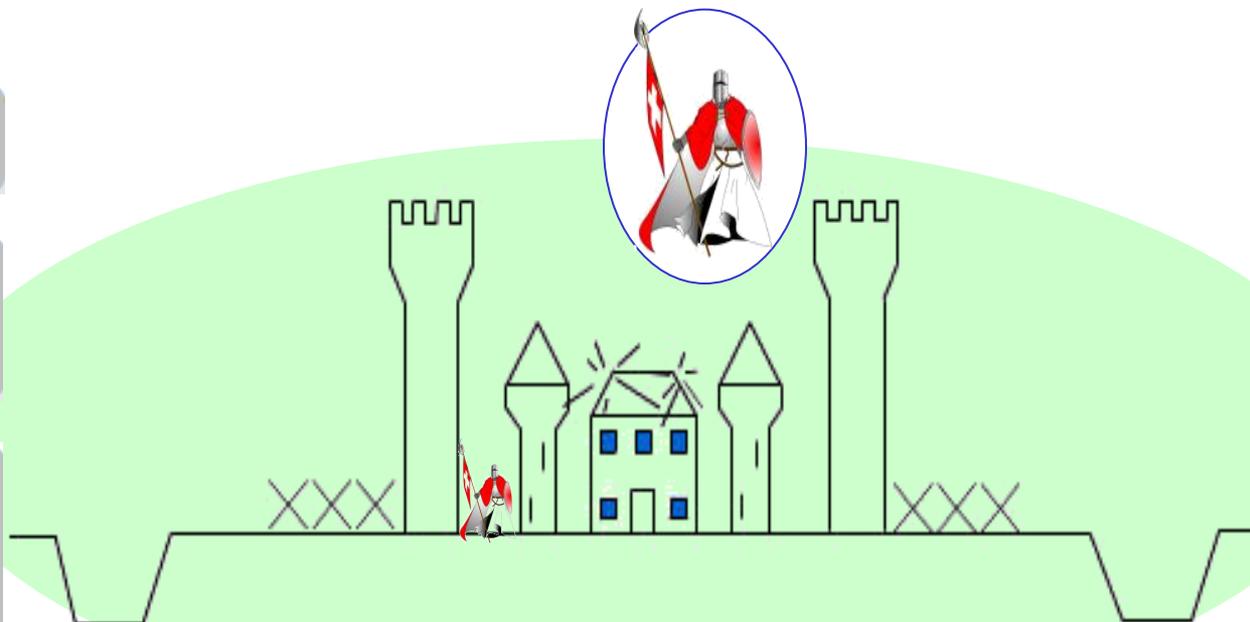
Assez hautes

Fiables

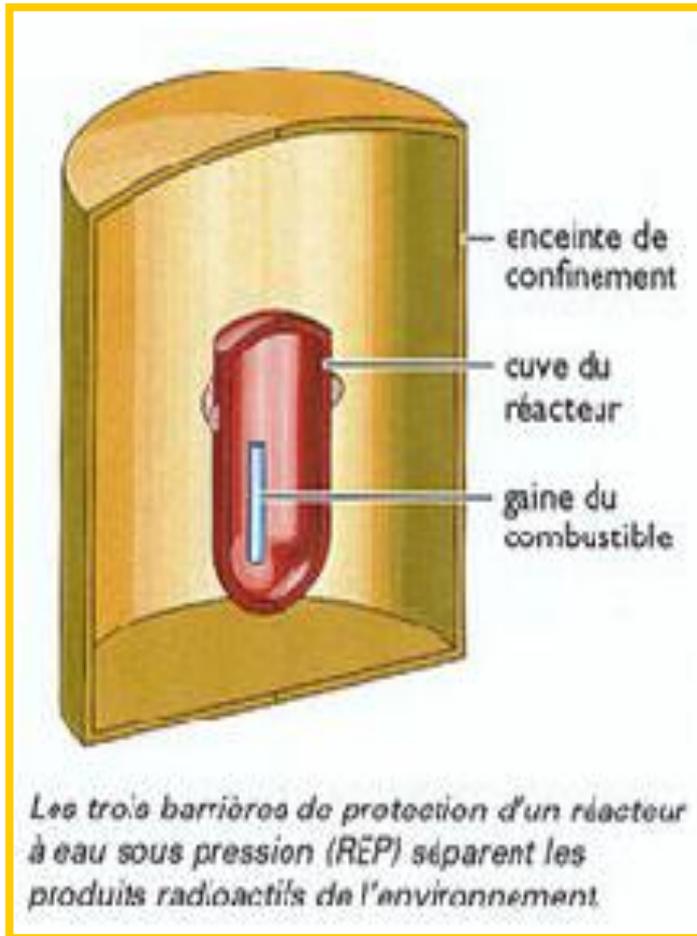
Indépendantes : lorsque l'écroulement d'une ligne ne peut entraîner l'écroulement des autres.

Homogènes : si aucune d'entre elles ne présente de faiblesse par rapport aux autres (si elles sont très hautes d'un côté et très basses de l'autre côté, c'est par cette brèche que l'accident va se produire).

Raisonnement hautes : c'est à dire adaptée aux risques contre lesquels elles nous protègent, en tenant compte du critère d'acceptabilité du risque (qui nécessite une jurisprudence pour savoir, entre les exploitants responsables, les autorités et la demande de l'opinion publique, quelle est la hauteur qu'il faut).



Notion de barrière



Objectif : Assurer le confinement des produits radioactifs

Exemple : dans les réacteurs, 3 barrières entre les matières radioactives et l'environnement

1^{ère} barrière

Gaine de l'assemblage combustible

2^{ème} barrière

Cuve du réacteur

3^{ème} barrière

Enceinte de confinement

– Le principe de la défense en profondeur

- 1 • Mesures prises pour éviter tout événement
- 2 • Toute disposition n'étant pas infaillible, la défaillance est postulée.
Des dispositions sont définies pour y faire face et éviter l'accident
- 3 • Malgré tout, on postule que l'accident survient : mise en œuvre de dispositions pour en limiter les conséquences



Prévention

1

Détection
Protection

2

Limitation des
conséquences

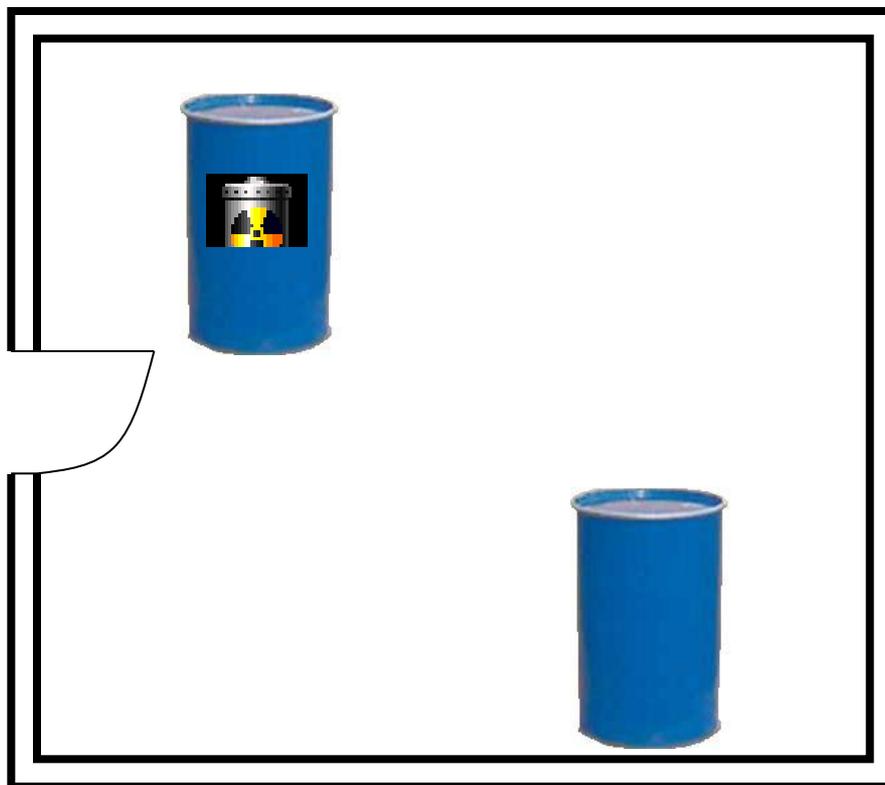
3

Étude de sûreté

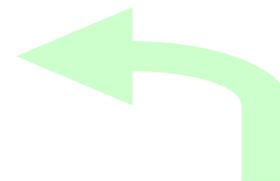
Prévention

Détection
Surveillance

Limitation des
conséquences



Matières Radioactives



Matières Inflammables

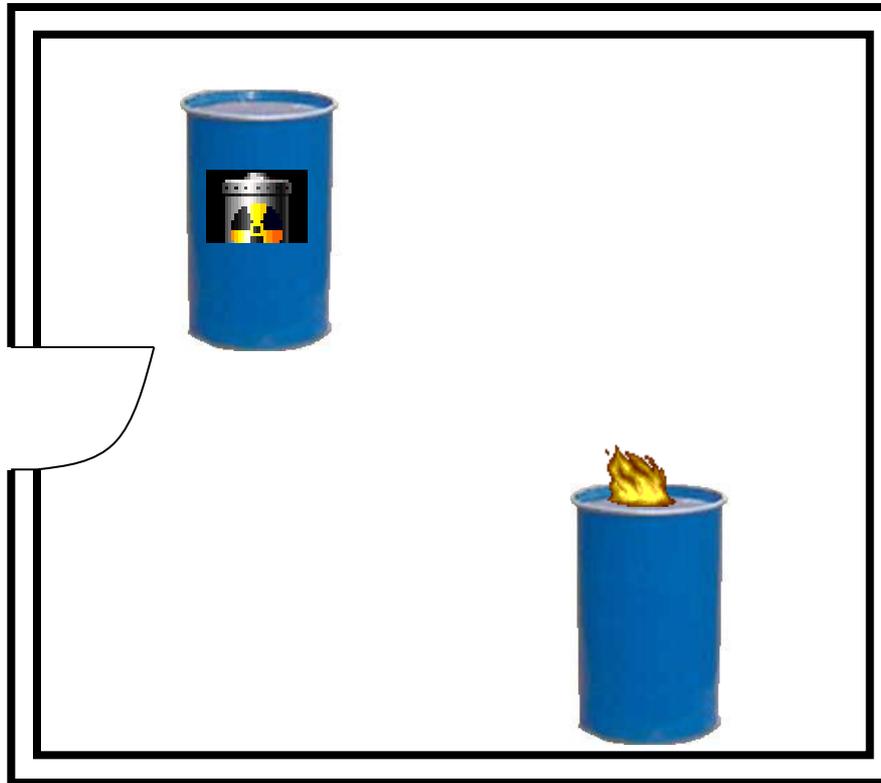
Étude de sûreté

Prévention



Détection
Surveillance

Limitation des
conséquences



hypothèses

Propagation de
l'incendie



Risque de dissémination
de matière radioactive



Impossibilité
d'intervention dans le
local

Principe de l'arrêté qualité du 10 août 1984

1- Déterminer, identifier, définir

- Déterminer

- les fonctions importantes pour la sûreté,
- ce en quoi elles sont importantes.



- Identifier

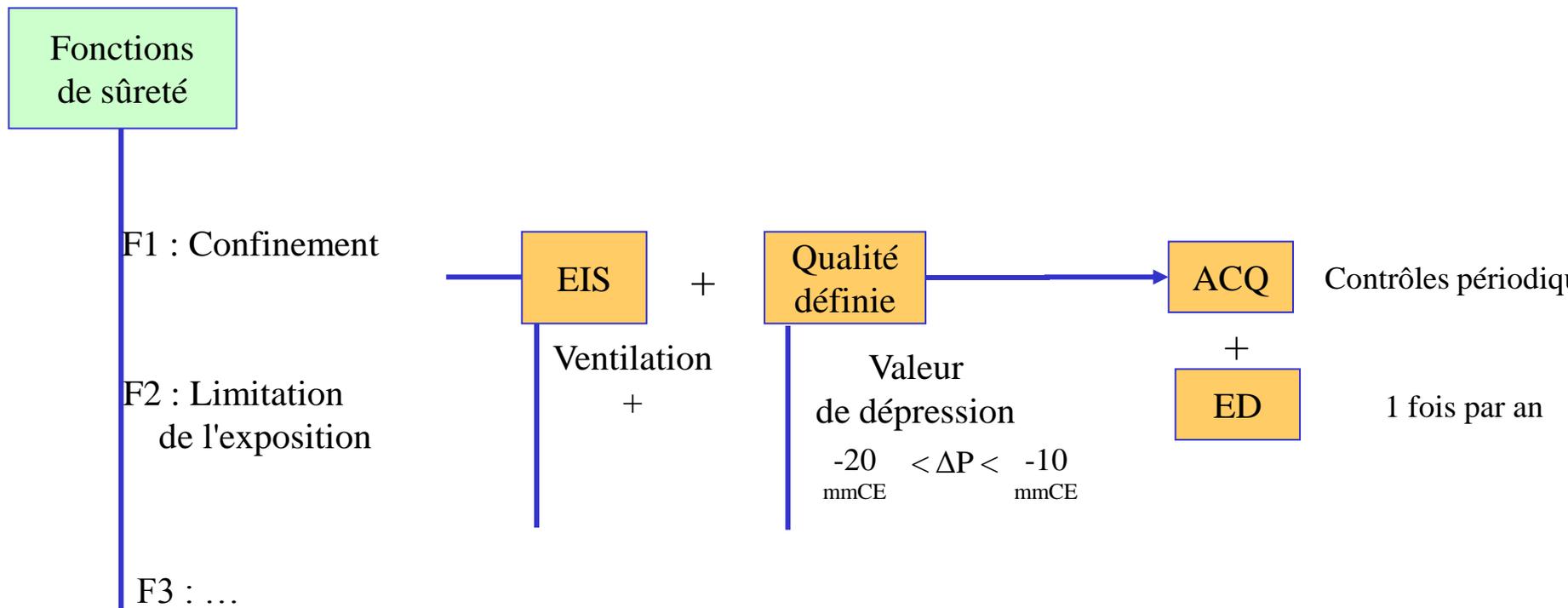
- les systèmes,
- les éléments de ces systèmes,
- les conditions d'exploitation assurant ces fonctions.



- Définir

- La qualité requise pour chacun de ces éléments.

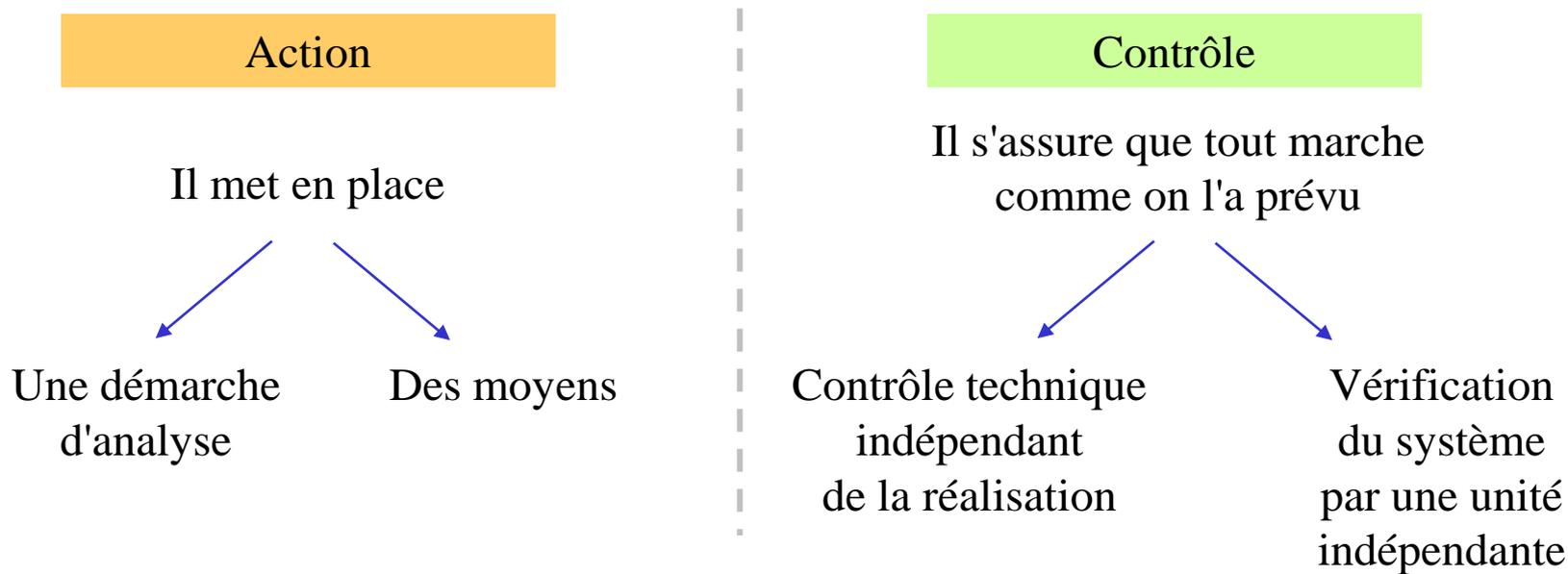
2- Les documents du contrat doivent prendre en compte l'arrêté qualité du 10 août 1984



C'est une exigence réglementaire qui permet de garantir la sûreté

3- Résumé de l'arrêté qualité du 10/08/84

- L'exploitant est responsable de tout concernant la sûreté de son INB, y compris du travail des sous-traitants



Principaux articles de l'arrêté qualité du 10 août 84

Articles 1 à 14 (sur 19)

- Article 1 L'exploitant d'une installation nucléaire de base (INB) veille à ce qu'une qualité, en rapport avec leur importance pour la sûreté, soit maintenue sur les matériels et conditions d'exploitation (éléments importants pour la sûreté : EIS).
- Article 2 L'exploitant identifie les activités concernées par la qualité ACQ.
- Article 3 L'exploitant est la personne morale qui a demandé la création de l'INB.
- Article 4 L'exploitant est le responsable de la sûreté et de l'application de l'arrêté qualité dans son INB. Il exerce une surveillance sur ses prestataires.
- Article 5 L'exploitant tient à disposition du chef de la DSIN, un dossier décrivant les mesures et moyens mis en place pour appliquer l'arrêté qualité.
- Article 6 Pour chaque activité (ACQ), les exigences nécessaires à l'obtention de la qualité sont définies.

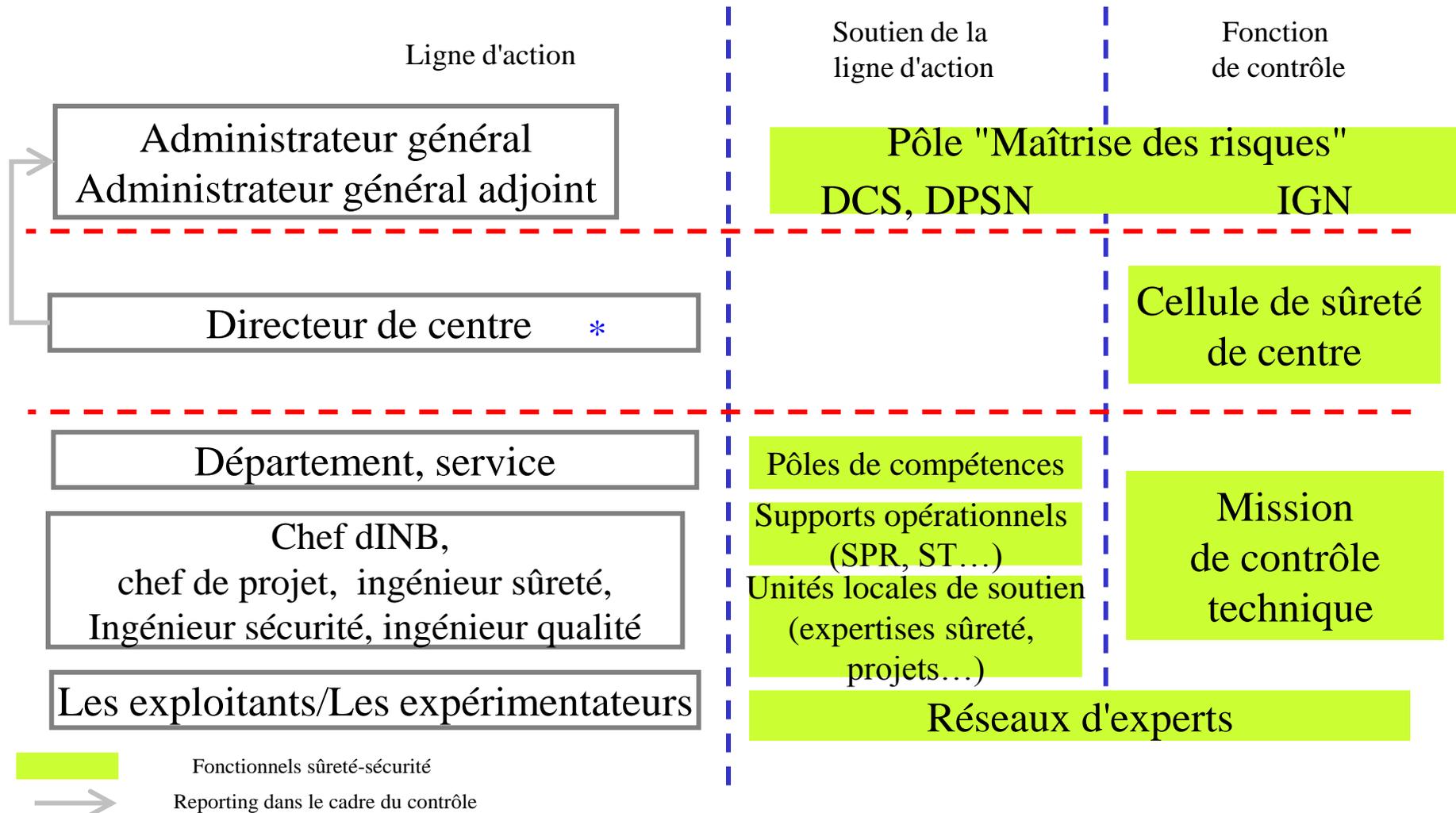


Principaux articles de l'arrêté qualité du 10 août 84

Articles 1 à 14 (suite)

- Article 7 **Les moyens humains, matériels, organisationnels** doivent être adaptés à ces exigences.
- Article 8 **Un contrôle technique indépendant de la réalisation** permet de s'assurer de la conformité des résultats aux exigences. **Les écarts et anomalies** sont détectés et corrigés.
- Article 9 **Une organisation indépendante vérifie** que les articles 6, 7 et 8 sont effectivement appliqués.
- Articles 10.11 **Établissement et conservation des documents** relatifs aux ACQ.
- Article 12 Les écarts par rapport aux exigences sont appelés **anomalies ou incidents**, leur traitement est une ACQ.
- Article 13 Les incidents significatifs sont identifiés, analysés et déclarés aux autorités.
- Article 14 Les études relatives aux ACQ sont des ACQ.

La sûreté nucléaire au CEA



Le "contrat" ou "référentiel" de sûreté d'une INB

Contenu du contrat

- Création
- Mise en exploitation
- Mise à l'arrêt définitif
- Démantèlement

déclaration
auprès de l'Autorité
de Sûreté Nucléaire.



L'autorisation est délivrée sur la base d'un « contrat » entre l'autorité de sûreté et l'exploitant.

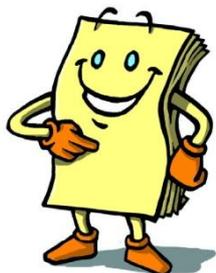
Contenu du « contrat » :

- le rapport de sûreté : la démonstration de la sûreté,
- les règles générales d'exploitation :
l'exploitation en sûreté,
- les prescriptions techniques :
la synthèse des dispositions
de sûreté.

- ...



Le contrat avec l'autorité de sûreté ne peut être modifié sans son accord



- Toute opération non intégralement prévue dans le contrat avec l'autorité de sûreté doit être analysée → documentée.
- Ces opérations doivent faire l'objet d'autorisations particulières

Pas de modifications sans autorisation

Selon l'ampleur de la modification à apporter et son impact sur le référentiel, la demande sera traité:

- Par le centre
(si autorisation donnée par ASN)
Différents niveaux d'autorisations

Si les modifications du référentiel sont d'importance mineure (pas de remise en cause des dispositions prises au titre de la défense en profondeur, conservation des lignes de défense, absence de risque nouveau, ...), elles sont traitées en interne.

- Par l'ASN

Dans tous les autres cas, c'est l'autorité de sûreté qui doit donner son accord.

– **Le contrat de sûreté définit notamment :**

Domaine autorisé



Domaine nominal

(Fonctionnement prévu à la conception)

Respect de toutes les fonctions sûreté

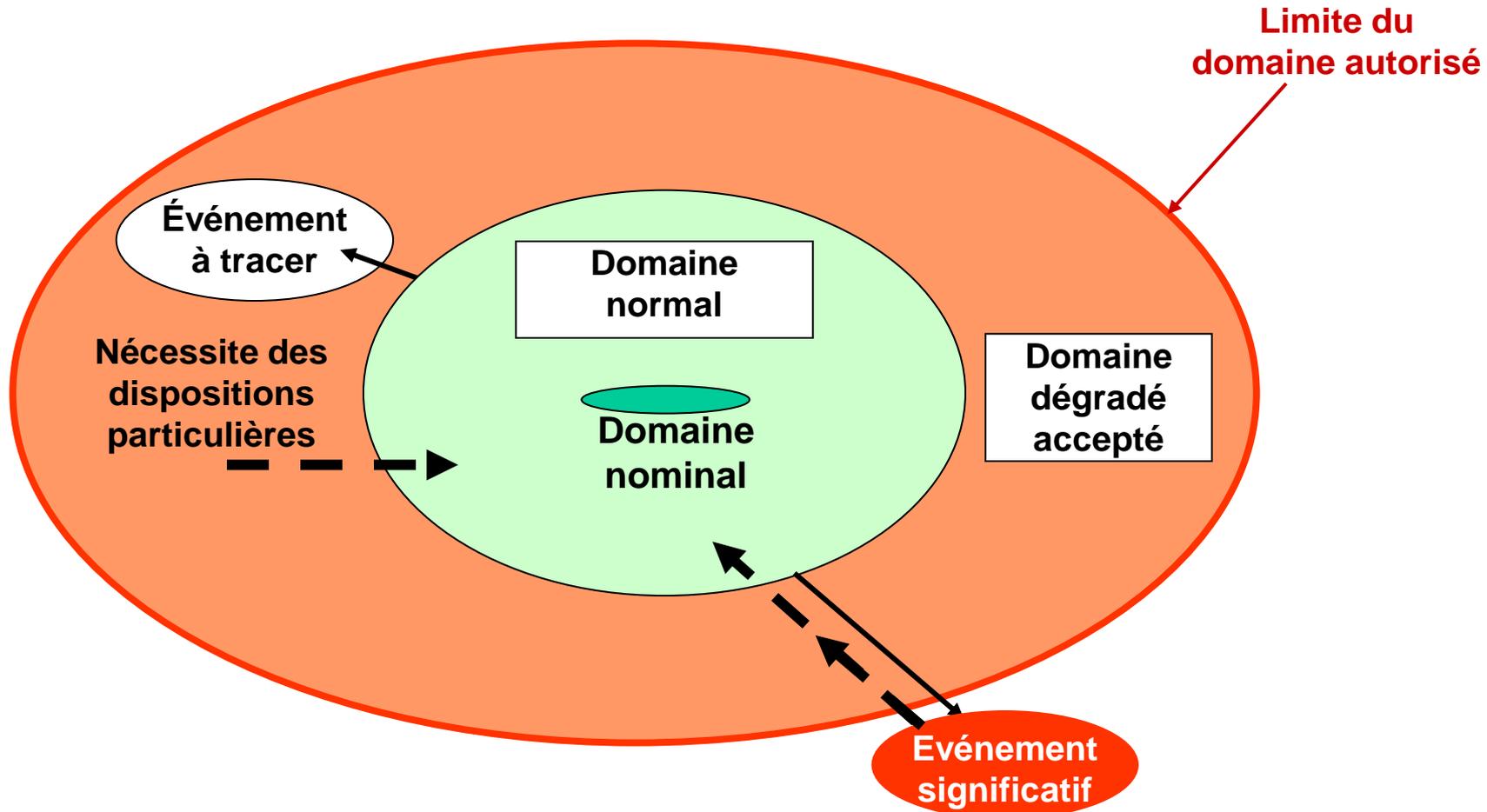


Domaine dégradé accepté

État dans lequel un ou plusieurs moyens de prévention techniques ou organisationnels ne sont pas opérationnels, mais ce non respect ne doit pas induire de risque d'incident significatif.

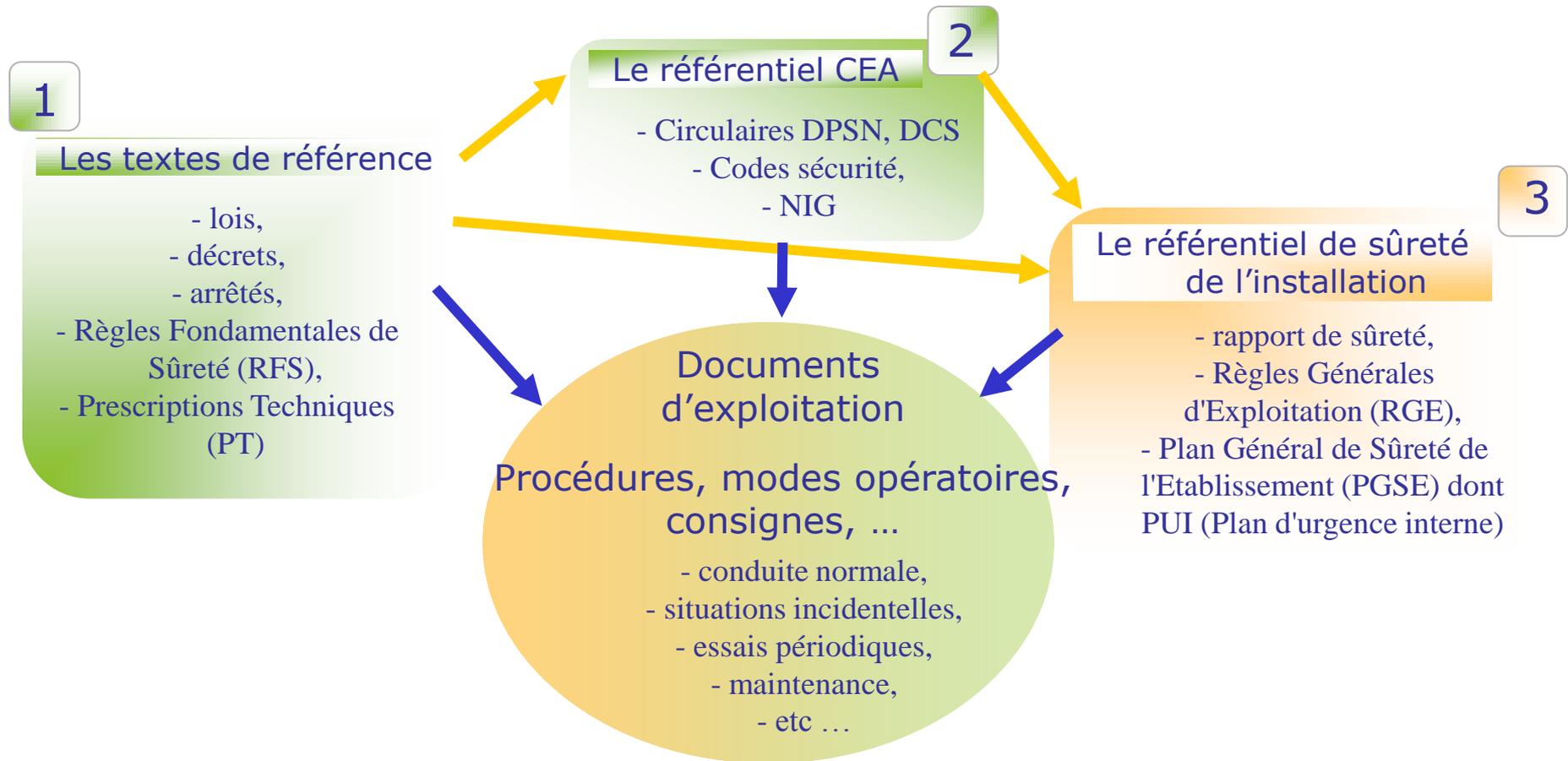
Cet état est prévu, compensé par d'autres exigences pour garantir le maintien de toutes les fonctions de sûreté. Ce fonctionnement fait l'objet d'un enregistrement.

Domaines de fonctionnement



Mise en application du contrat

Le référentiel d'exploitation de l'installation doit prendre en compte :



Les raisons du contrôle



La confiance
n'exclut pas
les contrôles

Toute activité sans point de contrôle dérive...
Le contrôle permet de se remettre en question,
de progresser, de revenir sur les rails...

Contrôles dans l'action
pour maîtriser l'activité

Autocontrôle

Contrôle
technique
(premier
niveau)

Fonctions de contrôle
(deuxième niveau)

Inspections
internes

Commission
de sûreté

Contrôle des autorités de sûreté
Contrôles réglementaires

Inspections

Module

- La maîtrise de la sûreté au quotidien

La démarche de traitement d'un dossier

Dans le contexte...



Industrie à risque



INB, ICPE nucléaire



... nous devons :

1

Conduire une démarche d'analyse des risques



- Identification des risques

- Choix de mesures de prévention (redondantes)

2

Vérifier que le contrat avec l'autorité de sûreté est bien respecté



- En apporter la preuve

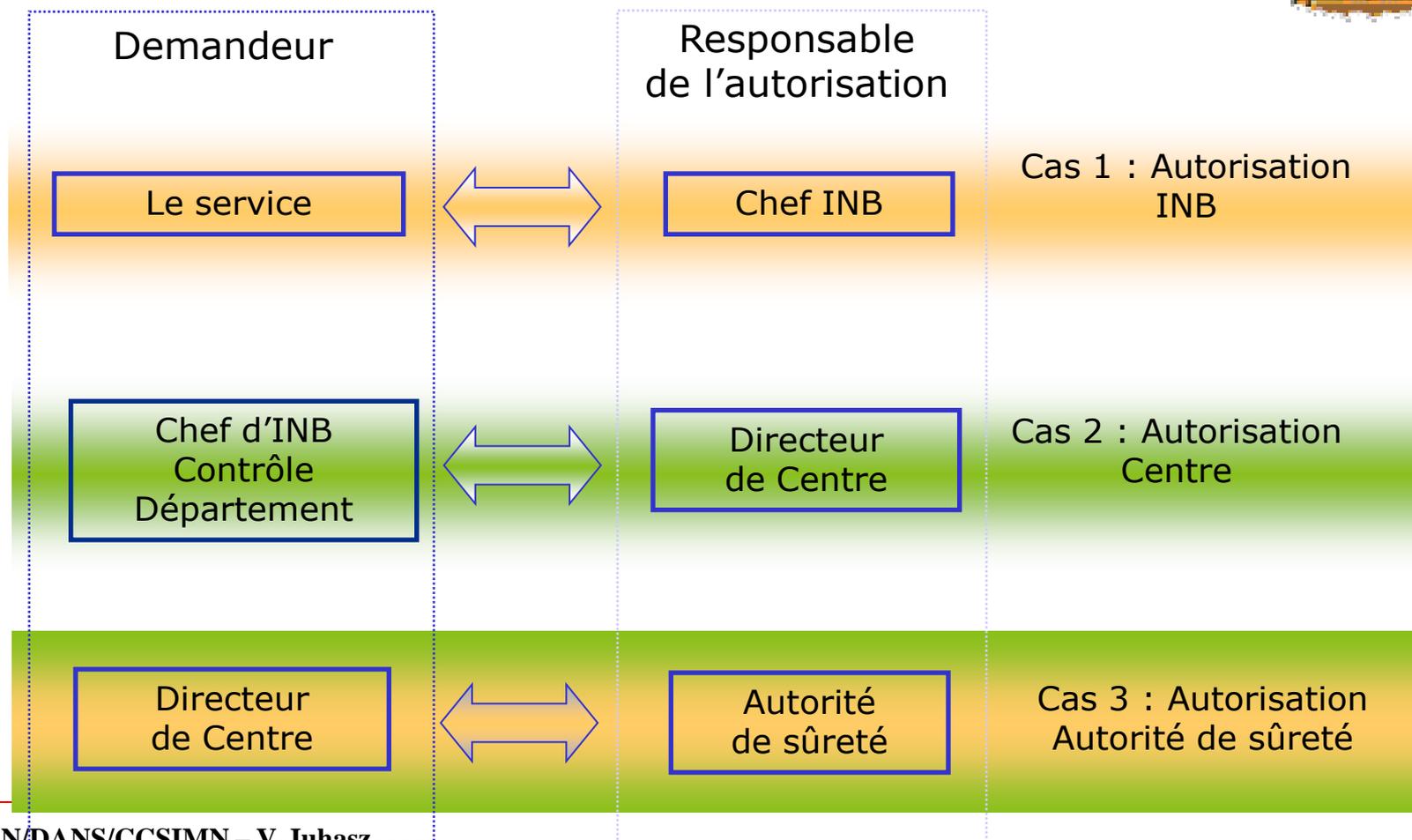
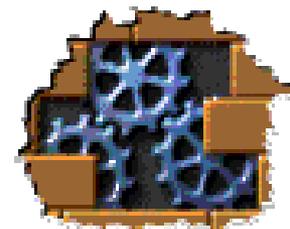
- Ou demander les autorisations nécessaires

L'analyse des risques est nécessaire à différentes étapes de la vie de l'installation

<p>A la conception</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Étude préliminaire <p>Gains d'efficacité importants</p>
<p>Au démarrage</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Étude détaillée des modes opératoires avec les exploitants, les sous-traitants
<p>En cours de vie :</p> <ul style="list-style-type: none"> - opération particulière - modification 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse avec les partenaires impliqués dans l'action
<p>En fin de vie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse de sûreté des opérations - d'assainissement - de démantèlement

Le processus d'autorisation

- En général, 3 cas possibles :



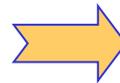
L'analyse des événements



Pourquoi fait-on des analyses d'événements?

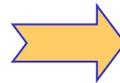
Traitement

Pour que l'événement
ne se reproduise pas



- Réparations immédiates
 - Actions correctives
 - Actions préventives

Pour que l'événement
ne se produise pas ailleurs

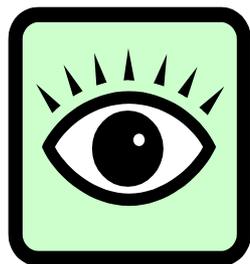


- Fichier central de l'expérience
 - Transposition des causes
 - Actions préventives

Pour augmenter les connaissances de tous



➤ L'amélioration de la sûreté nécessite :



1.
Comprendre
ce qui est arrivé
(faits, causes)

2.
Évaluer
les enjeux
(conséquences
- réelles,
- potentielles)

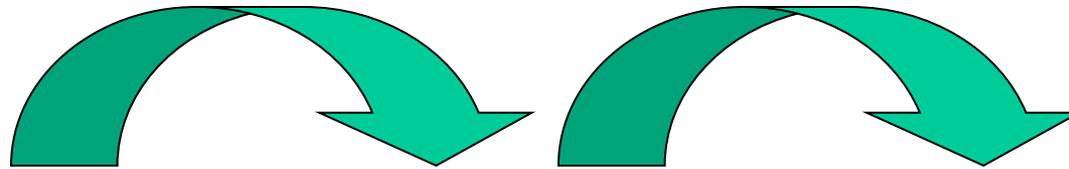
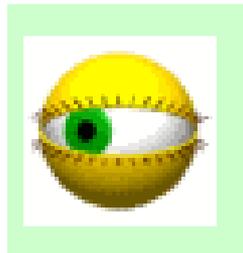
3.
Agir
pour corriger
et prévenir

Retour d'expérience



Tout événement « anormal » est une amélioration potentielle

Amélioration de la sûreté



.1.

Identification des évènements

Les alarmes s'allument
De l'eau dans le caniveau où passent les câbles

.2.

Analyse

Coupure des câbles par l'outil de forage
Comment éviter que cela se reproduise ?

.3.

Actions correctives

Remise des plans à toutes les unités concernées
Envoi d'un courrier de mise en garde aux entreprises de forage
Demande à la voirie d'examiner les plans

Module

➤ Prise en compte
de la fiabilité humaine

« Toute modification, même mineure, est un événement majeur »



Modifications



Mauvais montage en usine	Précurseur
Mise en œuvre d'une solution	Déclencheur
Modification maîtrisée	Que peut-on faire ?
Des essais complets	
Une recette formelle	
Constat d'anomalie	Incident
Autorisation de mise en service	Responsabilités ?
Vigilance du conducteur	
Intervention / Rapport	REX



- Selon une étude de l'Université de Cambridge, l'ordre des lettres dans un mot n'a pas d'importance.

La seule chose importante est que la première et la dernière soit à la bonne place. Le reste peut être dans un désordre total et vous pouvez toujours lire sans problème.

C'est parce que le cerveau humain ne lit pas chaque lettre elle-même, mais le mot comme un tout.



- **Quels types de défaillances peut-on identifier dans la communication ?**



3 types de défaillances

Oubli



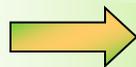
Action prescrite non réalisée

Modification



Action réalisée
différemment du prescrit

Ajout



Action ajoutée
par rapport au prescrit

➤ Comment « mieux communiquer »



Reformuler

Définir et respecter les procédures
de communication

Utiliser un vocabulaire commun

Entraîner les acteurs à communiquer
- en situation normale
- en mode dégradé



On n'est jamais seul dans une installation pour prendre une décision

Partie 2:

La sûreté

La sûreté

Les **études de sûreté** permettent de:

- définir les fonctions de sûreté à assurer
- et mettre en place les lignes de défense qui assurent et qui protègent ces fonctions.

L'**analyse de sûreté** permet de vérifier la suffisance des lignes de défense mises en place.

Le rapport de sûreté est un élément du référentiel de sûreté. Il comprend 2 parties:

- Une partie descriptive,**
- Une partie démonstrative qui est une synthèse des études de sûreté et de l'analyse de sûreté.**

Règles Générales d'Exploitation (RGE)

Les règles générales d'exploitation sont un élément du référentiel de sûreté. Elles constituent une synthèse des principales dispositions à respecter en exploitation pour assurer la sûreté.

Elles présentent les lignes de défense relatives à l'exploitation dont la pertinence a été démontrée dans le rapport de sûreté.

Les exigences définies concernant les activités concernées par la qualité (ACQ) relatives à l'exploitation (la conduite, la maintenance, les contrôles et essais périodiques, ...) y sont présentées.

Elles comportent 10 chapitres.

LA MAITRISE DES RISQUES dans une INB

- Recensement des sources de danger et des risques inhérents à l'installation,
- Sélection des fonctions de sûreté et des fonctions importantes pour la sûreté,
- Étude des fonctions de sûreté :
 - détermination des exigences de sûreté fonctionnelles,
 - conception des lignes de défense,
 - analyse des perturbations de fonctionnement et des défaillances,
- Analyse des fonctions de sûreté
 - Les conditions de fonctionnement et leur classement
 - Les OGS
 - Vérification du respect des OGS.
- Étude des agressions internes
- Étude des agressions externes
- Définition des éléments de sûreté et des éléments importants pour la sûreté (EIS), expression des exigences de sûreté et des exigences définies (ED) en fonction des activités concernées par la qualité (ACQ)

RECENSEMENT DES SOURCES DE DANGER INTERNES

Dans une installation nucléaire, de manière générique, les sources de danger **internes** à l'installation sont :

- la matière radioactive,
- les produits chimiques
- les matériels électriques,
- les matériels en hauteur,
- les matériels en mouvement,
- les matériels sous pression,
- les liquides (eau, réactifs, ...),
- etc.

RECENSEMENT DES SOURCES DE DANGER EXTERNES

De manière générique, les sources de danger **externes** à l'installation sont :

- les sources de danger liées à l'environnement industriel et aux voies de communication internes et externes au site (dépôts de produits chimiques, transports de matières dangereuses, ...)
- l'incendie
- les secousses sismiques,
- les agents atmosphériques (gel, neige, vent, pluies, orages),
- l'eau (montée des eaux),
- les avions.

RECENSEMENT DES SOURCES DE DANGER EXTERNES*

La particularité est que ces agressions s'appliquent **de façon concomitante sur plusieurs locaux**, voire l'ensemble de l'installation ainsi que sur les équipements extérieurs (pris en compte, en général, à la conception pour le dimensionnement de l'installation)

***Hors malveillance**

SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

A partir des sources de danger identifiées, **la maîtrise des risques dans une installation nucléaire**, va consister à empêcher le déroulement des processus de danger pouvant conduire aux **Événements Redoutés (ER)** que sont la **dispersion de substances radioactives et l'exposition externe des personnes.**

Des lignes de défense vont s'opposer, à différents niveaux aux processus (scénarios) pour empêcher leur déroulement. Le choix de ces lignes de défense repose sur l'application du concept de défense en profondeur.

SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

La première source de danger étudiée est la matière radioactive

Pour éviter sa dispersion, une succession de lignes de défense (barrières, filtres, ...) est interposée entre la matière radioactive, le personnel et l'environnement. Les lignes de défense, encore appelées barrières, mises en place assurent la fonction de sûreté de confinement des matières radioactives.

SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

Pour éviter que les particules α et β , les rayonnements γ et l'émission neutronique générés par la **matière radioactive** ne conduisent à l'exposition externe du personnel et du public, sont interposées des lignes de défenses (écrans de protection, zones d'exclusion de personnel, ...) entre la matière radioactive, le personnel et l'environnement. Les lignes de défense mises en place assurent la fonction de sûreté de **protection contre les rayonnements ionisants.**

SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

Par quels processus ces deux fonctions de sûreté peuvent subir des agressions qui conduisent à leur perte ?

Analyse des processus de danger en identifiant :

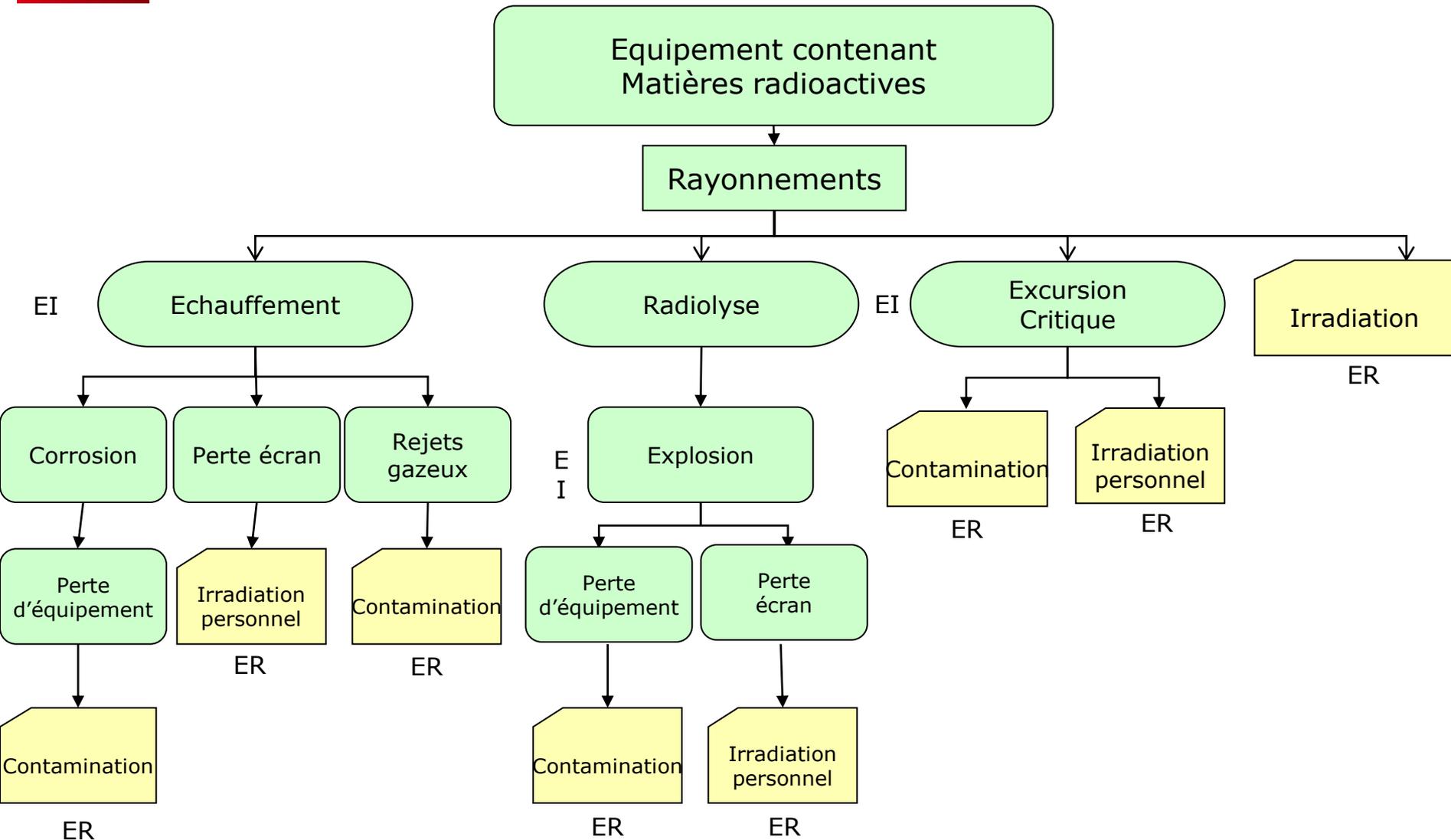
- **les Evènements Initiateurs (EI) qui libèrent l'énergie de la source de danger,**
- **les processus, c'est à dire les scénarios qui, à partir de l'EI, vont conduire à l'agression des fonctions de sûreté.**

SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

Avec la **matière radioactive comme source de danger**, les événements initiateurs (EI) suivants sont couramment identifiés :

- **l'échauffement** des matières radioactives,
- explosion due à l'accumulation de gaz explosifs formés par **radiolyse**,
- les réactions en chaîne incontrôlées (accidents de **criticité**).

SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

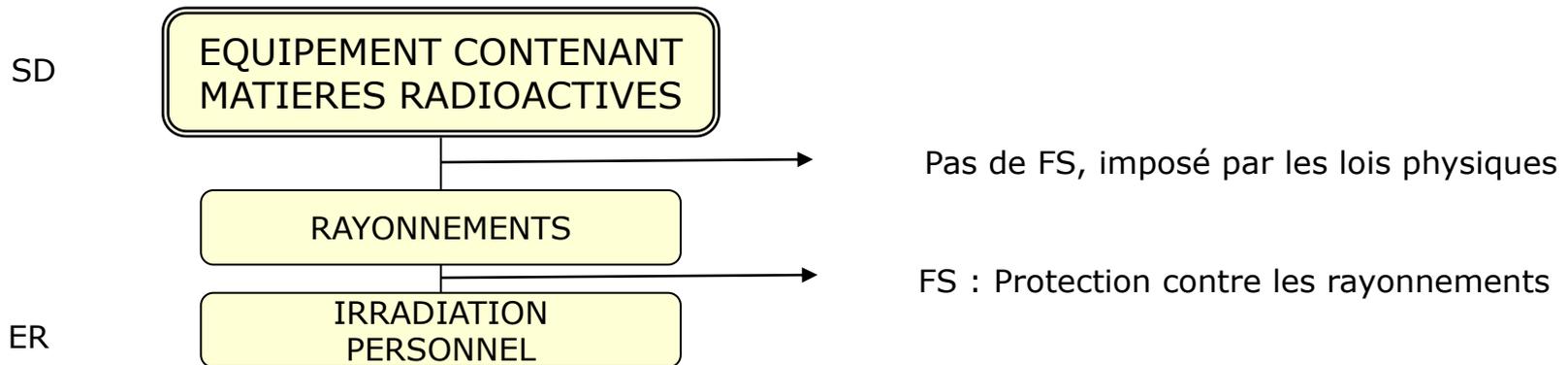
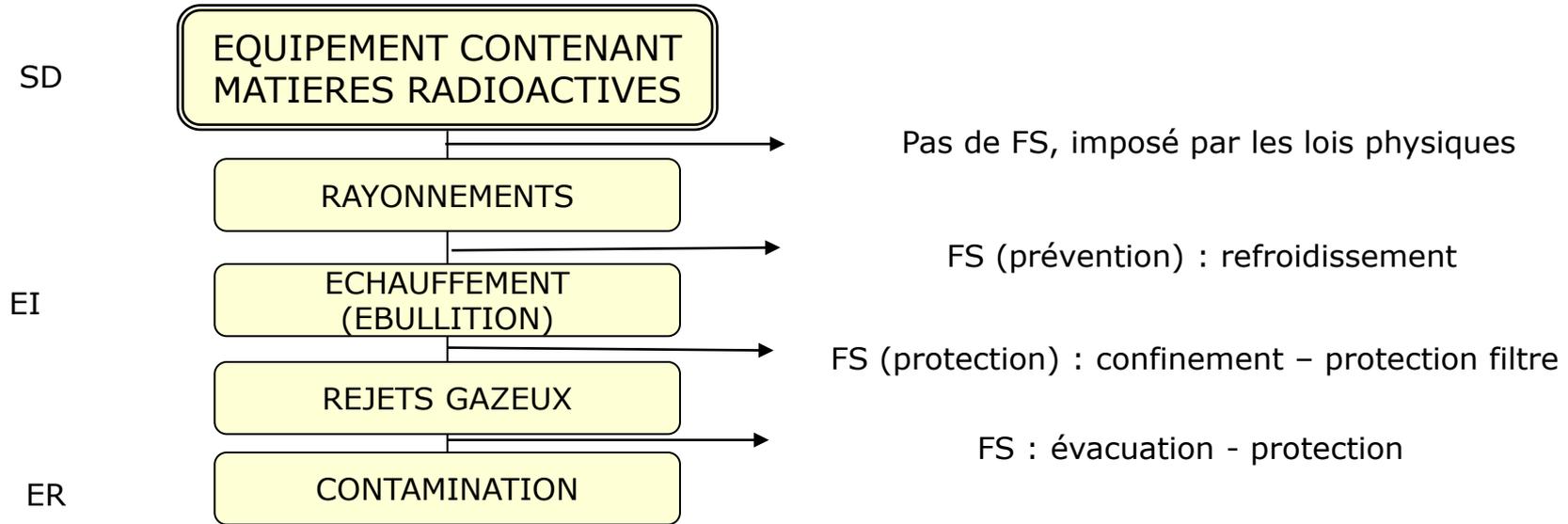


SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

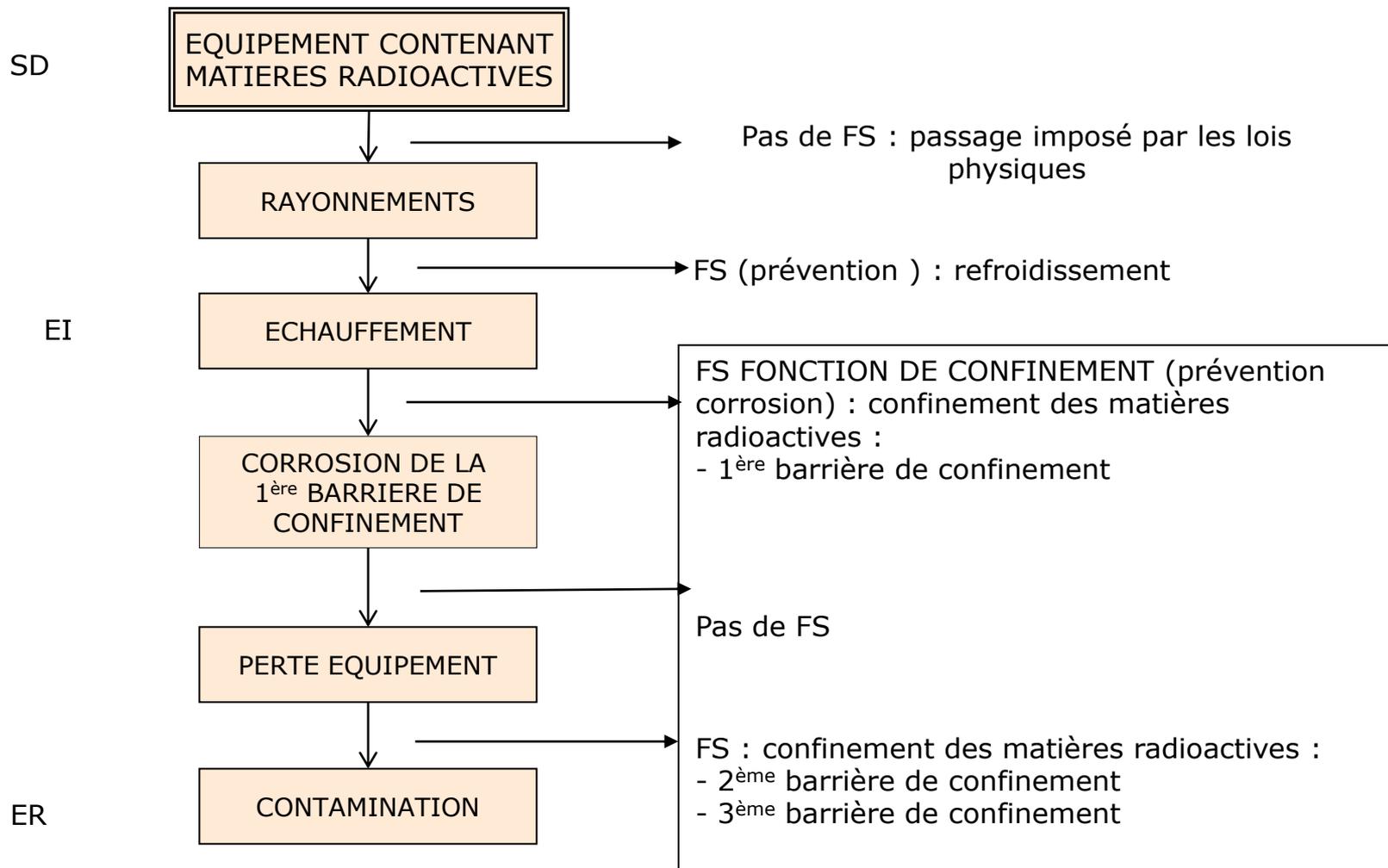
L'étude de sûreté consiste à mettre en place des **lignes de défense** qui assurent des **fonctions de sûreté** dont le rôle est d'empêcher le déroulement des scénarios.

Ainsi, le concepteur cherchera à « barrer » les chemins allant des **sources de danger** jusqu'aux **événements redoutés** (qui sont la dispersion des matières radioactives et/ou l'exposition externe des personnes).

SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ



SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ



SELECTION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

Les fonctions de sûreté mises en place à l'encontre du danger que représente la matière radioactive sont :

- **la maîtrise du confinement des substances radioactives,**
- **la maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements ionisants,**
- **la maîtrise de la sous-criticité et de la réactivité,**
- **la maîtrise de l'évacuation de la puissance thermique,**
- **la maîtrise des gaz explosifs produits par radiolyse.**

**Ces cinq fonctions sont des
FONCTIONS IMPORTANTES POUR LA SURETE (FIS)**

Des fonctions support sont nécessaires au fonctionnement des FIS précédemment définies.

Ces fonctions support sont :

- l'alimentation électrique,
- le contrôle commande,
- l'alimentation en fluides généraux (eau, air comprimé, vapeur, ...),
- le supportage des équipements,
- ...

Conception des lignes de défense

D'une manière générale, on distingue deux types de lignes de défense :

- les lignes de défense « **techniques** » qui mettent en œuvre des systèmes et des équipements,
- les lignes de défense avec « **action humaine** » qui sont des procédures, des paramètres d'exploitation dont le respect relève des opérateurs (et contrôleurs), etc.

Définitions des éléments de sûreté et des éléments importants pour la sûreté (EIS)

- **Un élément de sûreté est par définition un élément matériel**
- tout élément matériel participant à la réalisation d'une FIS est un **Élément Important pour la Sûreté (EIS)**.
- tout élément matériel qui ne participe pas directement à la réalisation d'une FIS mais dont la défaillance conduit à la perte d'une FIS est un **Élément Important pour la Sûreté (EIS)**..

ANALYSE DES PERTURBATIONS ET DES DEFAILLANCES DES FONCTIONS DE SÛRETE

Pour chacune des situations, vérifier :

- Qu'elle est détectable,
- Que des moyens permettent de la prévenir,
- Que des moyens permettent la limitation de ses conséquences.