

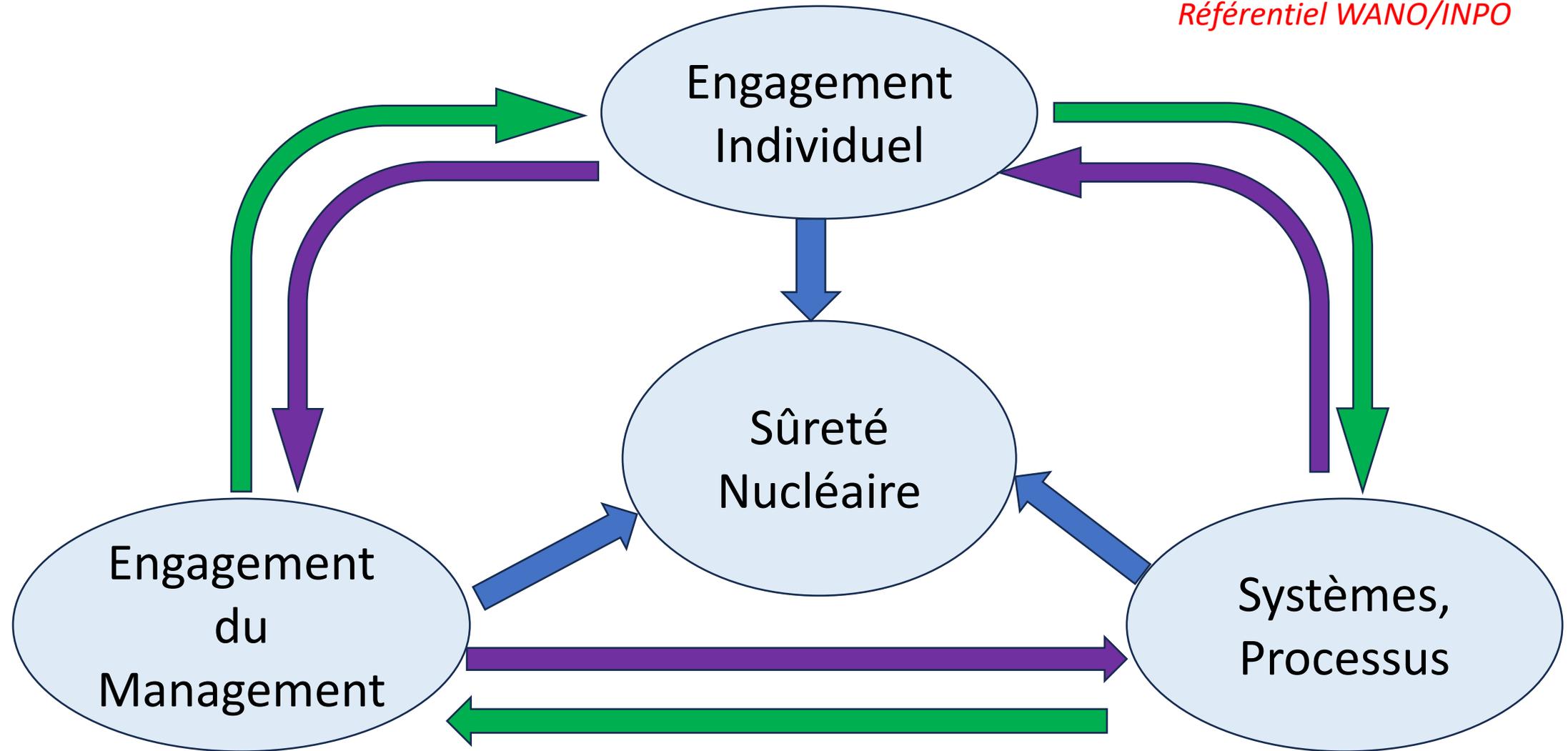
Culture de Sûreté Nucléaire : une expérience terrain au sein de WANO

*Pascal Dicquemare
SFEN 6 décembre 2023*

- *Si tous les acteurs du nucléaire mondial partagent le même impératif de Sûreté de leurs installations, les cultures et les pratiques sont très diverses d'un pays à l'autre.*
- *Confrontés aux conséquences mondiales de l'accident de Tchernobyl, les exploitants mondiaux ont décidé de joindre leurs efforts dans l'Association Mondiale des Exploitants Nucléaires, WANO, créée en 1989.*
- *Depuis, WANO déploie des méthodes et des outils pour permettre à chaque exploitant de bénéficier des meilleures pratiques de l'industrie, afin d'améliorer continuellement la sûreté des installations et de leur exploitation. Et ceci en surmontant les difficultés inhérentes aux différences nationales et culturelles.*
- *Votre conférencier a participé à une quarantaine de missions sur sites nucléaires, dans quatorze pays différents, pendant six années de détachement à WANO. Il vous présentera les principaux outils utilisés par cet organisme, en illustrant d'exemples concrets issus de son expérience sur le terrain - tout en respectant bien sûr les indispensables règles de confidentialité...*
- *Sur la base de son expérience, il a choisi comme « fil rouge » de sa présentation la Culture de Sûreté Nucléaire ; un des principaux enseignements de l'accident de Tchernobyl. Et, probablement, une des cultures les mieux partagées dans le monde industriel.*

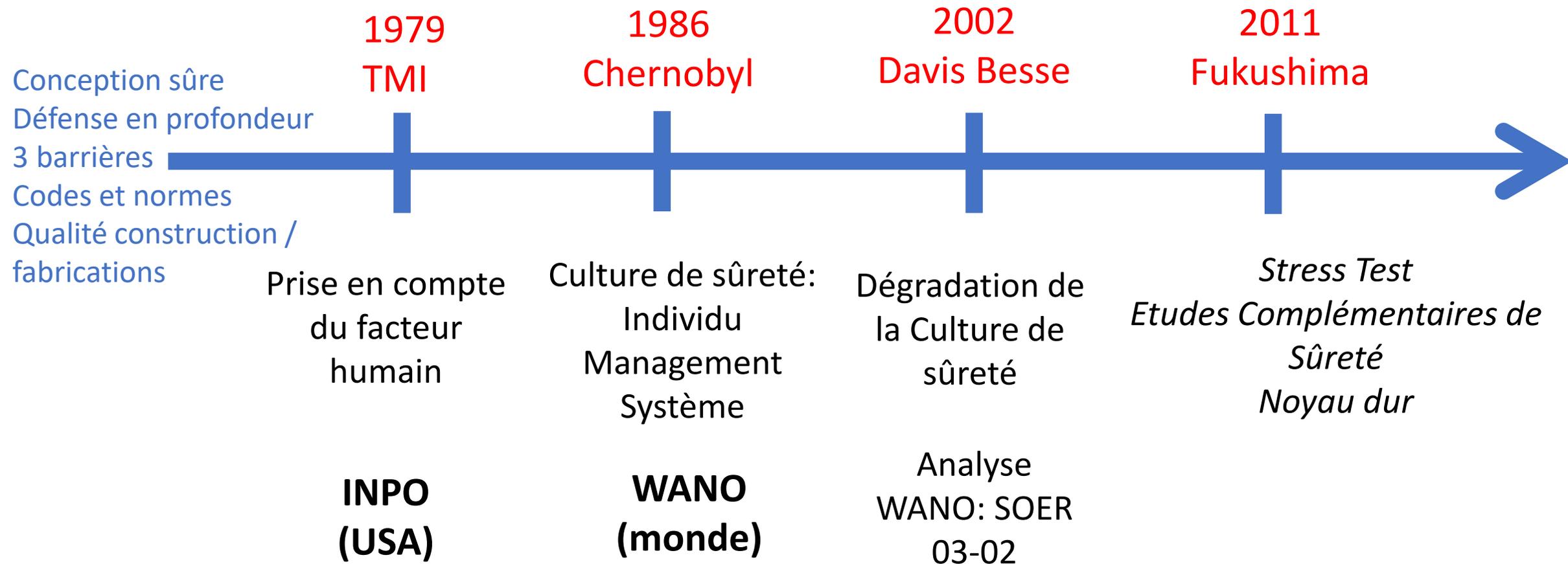
Culture de Sûreté Nucléaire : les 3 Piliers

Référentiel WANO/INPO





Rappel: Les principaux accidents



SOER: Significant Operating Experience Report

INPO (Institute of Nuclear Power Operations)



- Créé en 1979 après l'accident de Three Mile Island
- Rassemble les exploitants US
- Missions:
 - Evaluations des différents réacteurs
 - Diffusion de l'information entre les exploitants
 - Rassemblement d'experts du nucléaire

WANO (*World Association of Nuclear Operators*)



World Association of Nuclear Operators

- Créée en mai 1989 après l'accident de Chernobyl
- Rassemble 130 exploitants nucléaires soit 460 réacteurs nucléaires
- Mission : maximiser la sûreté et la fiabilité des centrales nucléaires commerciales mondiales.
- 4 centres opérationnels



Three Mile Island : exemples

Référentiel WANO/INPO

Décisions conservatoires :
Ma décision est basée sur des
choix prudents (DM2)

Le retour d'expérience interne
et externe pertinent est
collecté, évalué et diffusé en
temps voulu (CL1)

Formation: Une formation de qualité
permet de maintenir chez le personnel
un bon niveau de connaissances et de
renforcer un niveau d'exigences élevé
pour le maintien de la sûreté
nucléaire(CL4)

Les employés comprennent que
les technologies complexes
peuvent, de façon imprévue, ne
pas fonctionner (QA1)

De TMI à Tchernobyl : aspects humains

Three Mile Island :

L'humain commet des erreurs, la machine doit aider / guider. Erreurs de perception, d'appréciation ou de raisonnement souvent liées à la complexité

- Améliorer la préparation / formation
- Centré sur l'interface homme/machine

Tchernobyl :

Le volet humain s'élargit aux erreurs comportementales ; liées aux interactions entre humains ou entre humain et organisation.

- Motivations individuelles
- Motivations managériales
- Organisation qui induit des comportements inappropriés au regard de la Sûreté Nucléaire



Tchernobyl : exemples

Référentiel WANO/INPO

Les personnes et les équipes communiquent et coordonnent leurs activités (PA3)

Les leaders s'assurent que les encouragements, sanctions correspondent à la priorité « sûreté nucléaire » (LA3)

Les gens sont traités avec dignité et respect (WE1)

Les marges ne sont modifiées que suite à une analyse systématique et rigoureuse (WP2)

Les leaders s'assurent que le personnel, le matériel, les procédures... sont disponibles et adéquates (LA1)

Une responsabilisation unique est maintenue en matière de décision importante pour la sûreté (DM3)

L'organisation crée et conserve une documentation complète, précise et à jour (WP3)

On s'arrête lorsqu'on est face à des situations incertaines (QA2)

Les leaders font preuve de comportements en règle avec la sûreté nucléaire (LA8)

Les changements doivent être considérés par les manager qu'après analyse et évaluation des risques (LA5)

Environnement de travail conscient de la sûreté :
Lorsque des préoccupations sont émises, l'organisation ne tolère pas le harcèlement, l'intimidation, les représailles ou la discrimination (RC1)

Culture de Sûreté Nucléaire : vue d'ensemble

Référentiel WANO/INPO

Responsabilité personnelle (3)

Attitude interrogative (4)

Communication de Sûreté (4)



Apprentissage Continu (4)

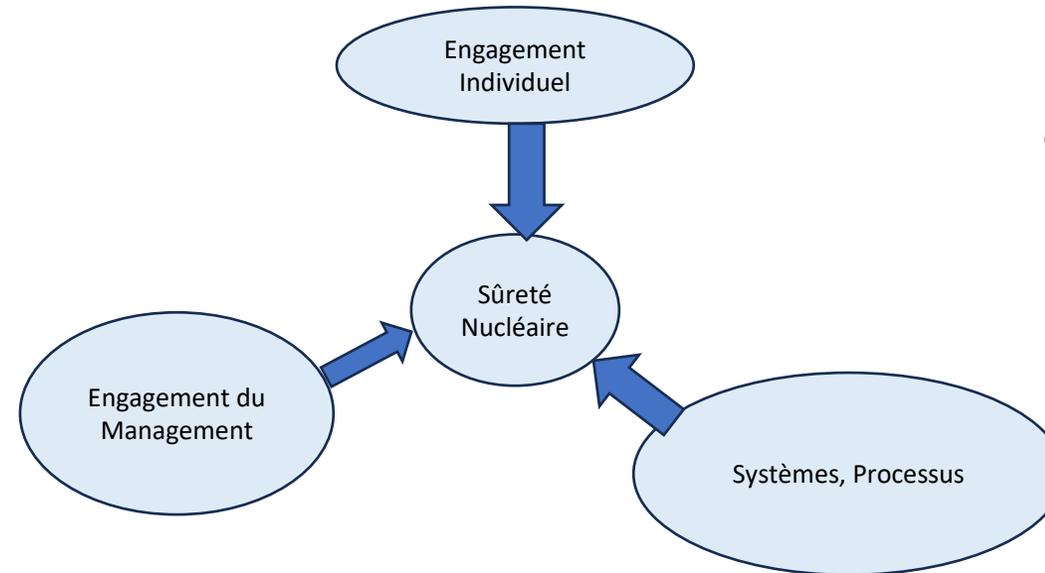
Identification et résolution de problèmes (4)

Environnement permettant de remonter ses préoccupations (2)

Responsabilisation du Leadership (8)

Prise de décision (3)

Environnement de travail respectueux (4)



Processus de réalisation (4)



Davis Besse : résumé

- Des fissures au niveau des brides d'assemblage des mécanismes de commande sur les adaptateurs . 1998
- Des anomalies constatées sur plusieurs réacteurs nucléaires centrales, en relation avec des dépôts de produits d'oxyde ferrique
- Retour d'expérience français sur la corrosion sous contrainte affectant les réacteurs nucléaires
- Inspection du réacteur Davis Besse et découverte de la corrosion

« This cannot happen Here » !!!?
Ruine prévisible dans 1 mois...





Davis Besse : effondrement de la culture sûreté

- 1 **Trop confiant** Basé sur des performances passées
- 2 **Complaisance** Non-réaction face à des événements mineurs et/ou retards de programme d'amélioration
- 3 **Refus** Augmentation du nombre d'évènements
 - Traitement de manière isolé sans recherche des causes profondes
 - Difficultés à entendre les remarques d'audit
- 4 **Danger** Divers événements significatifs ont eu lieu
 - Les responsables et le personnel refusent les critiques
 - Les audits sont considérés comme partiels
 - Les équipes en charge des fonctions de surveillance craignent d'affronter les directions.
- 5 **Effondrement** Les autorités sont obligées d'intervenir
 - La direction est désavouée et doit être remplacée
 - Changements conséquents et coûteux doivent être mis en œuvre (organisation, surveillance).

L'Avocat de la Sûreté Nucléaire

Performance Sûreté



Diversité des Cultures ...



Qualité Conception /
fabrication / codes et
normes...

Different does not mean bad :
différent ne veut pas dire mauvais !



La Culture Sûreté

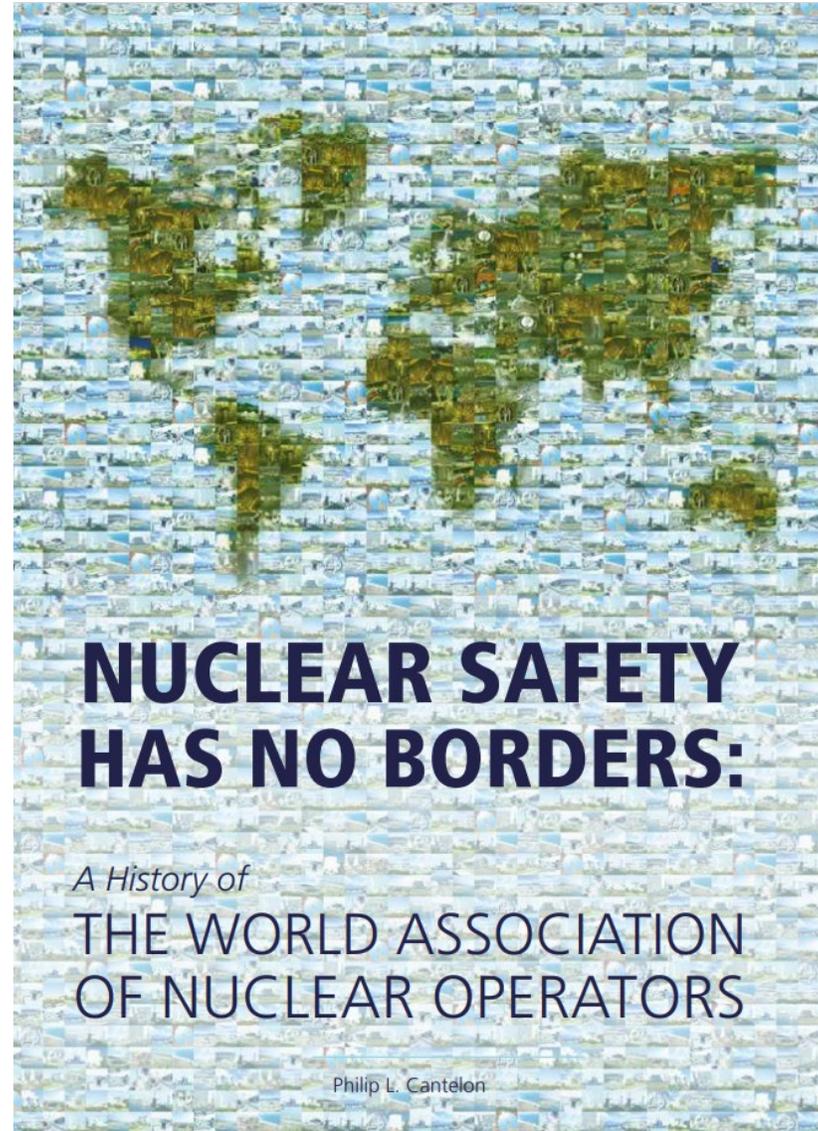
Très gros noyau



Tout petit noyau



WANO



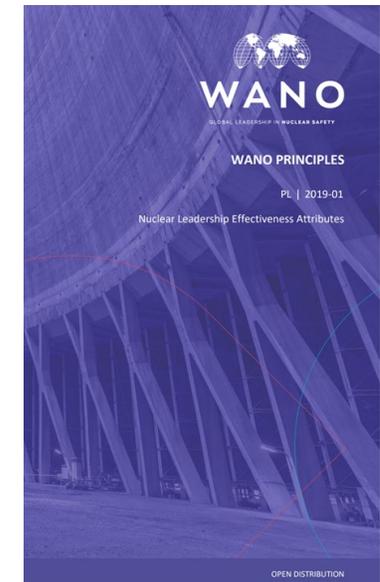
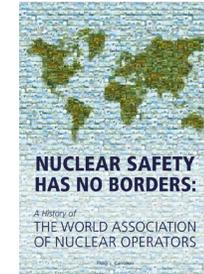
**NUCLEAR SAFETY
HAS NO BORDERS:**

A History of
**THE WORLD ASSOCIATION
OF NUCLEAR OPERATORS**

Philip L. Cantelon

WANO : Principaux Outils

- Les Peer Reviews
- La Partage du Retour d'Expérience et SOERs
- Indicateurs de Performance
- Guides thématiques
 - Excellence de la Performance Humaine
 - Efficacité du leadership nucléaire
 - Principes pour une Prise de Décision Opérationnelle efficace
 - Guides « How to ? »
 - ...
- Management Support Missions : à la demande des Exploitants



Partage du Retour d'Expérience

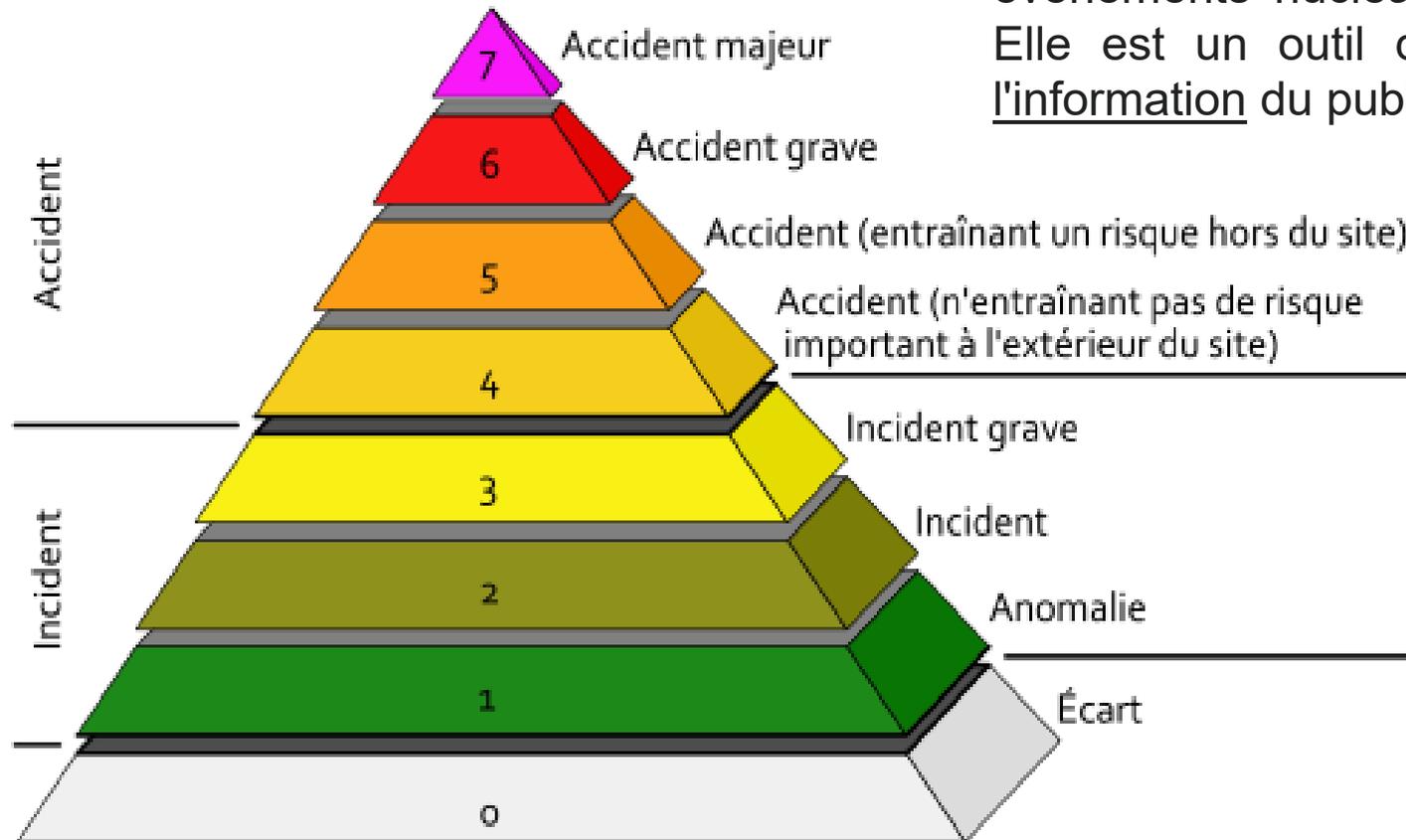


World Association of Nuclear Operators

- Evènements de Sûreté : déclaration par les Exploitants et collecte par WANO
 - Les critères de déclaration et de classement sont relatifs à l'importance de l'évènement et sa nature – et non pas à ses conséquences (INES)
 - Les Exploitants fournissent les analyses de leurs évènements, et WANO fait une revue critique de cette analyse
- Ces informations sont accessibles à tous les Membres

Echelle de communication INES

L'Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques, dite échelle **INES** (acronyme de l'anglais International Nuclear Event Scale), classe les événements nucléaires civils selon le risque radiologique. Elle est un outil de communication conçu pour faciliter l'information du public et des médias.



Partage du Retour d'Expérience : SOER

- Analyse par WANO des **modes communs** de plusieurs évènements similaires, et le cas échéant production de SOER : « Significant Operating Experience Report »
- Un SOER peut aussi être produit suite à un évènement isolé s'il a eu de grandes conséquences (e.g accident de Fukushima) ou d'une très grande importance (e.g Dégradation du couvercle de Davis Besse)
- Un SOER comporte :
 - Le résumé des évènements considérés
 - Les causes principales ou communes retenues, et leur mise en perspective
 - Les recommandations, dont l'implémentation est obligatoire dans chaque centrale concernée



SOERs : Exemples

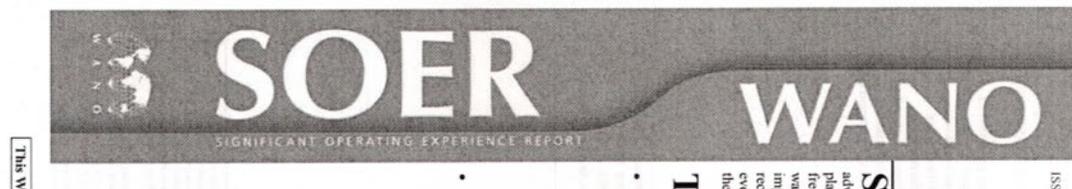


- 1998-1 : Contrôle de configuration des systèmes de Sûreté (*10 évènements entre 1996 et 1998*)
- 1999-1 : Perte de réseau
- 2002-1 : Conditions météorologiques extrêmes
- 2002-2 : Fiabilité de l'alimentation de secours
- 2003-2 : Dégradation du couvercle de cuve à Davis Besse
- 2004-1 : Gestion des modifications de conception de Cœur
- 2007-1 : Gestion de la réactivité
- 2007-2 : Blocage de l'admission d'eau de refroidissement (*44 évènements entre 2004 et 2007*)
- 2008-1 : Gréement, levage et manutention
- 2010-1 : Sûreté en Arrêt de Tranche (*entre 2004 et 2010, 23% des évènements ont eu lieu pendant un arrêt de tranche*)
- 2013-2 : Enseignements de l'accident nucléaire de Fukushima-Daichi
-

SOER : Exemples de recommandations

2003-2 : Dégradation du couvercle de cuve à Davis Besse

- *Reco 1 : Organiser des discussions périodiques avec les managers et les superviseurs, sur le cas Davis Besse (5 sous-recommandations)*
- *Reco 2 : Conduire une auto-évaluation de votre organisation au regard des enseignements de Davis Besse. Cette auto-évaluation devra en particulier comprendre les critères de Culture Sécurité*
- *Reco 3 : Identifier et documenter les conditions anormales de l'installation, et en particulier : celles qui demeurent inexplicables, et celles qui existent depuis longtemps (3 sous-recommandations)*



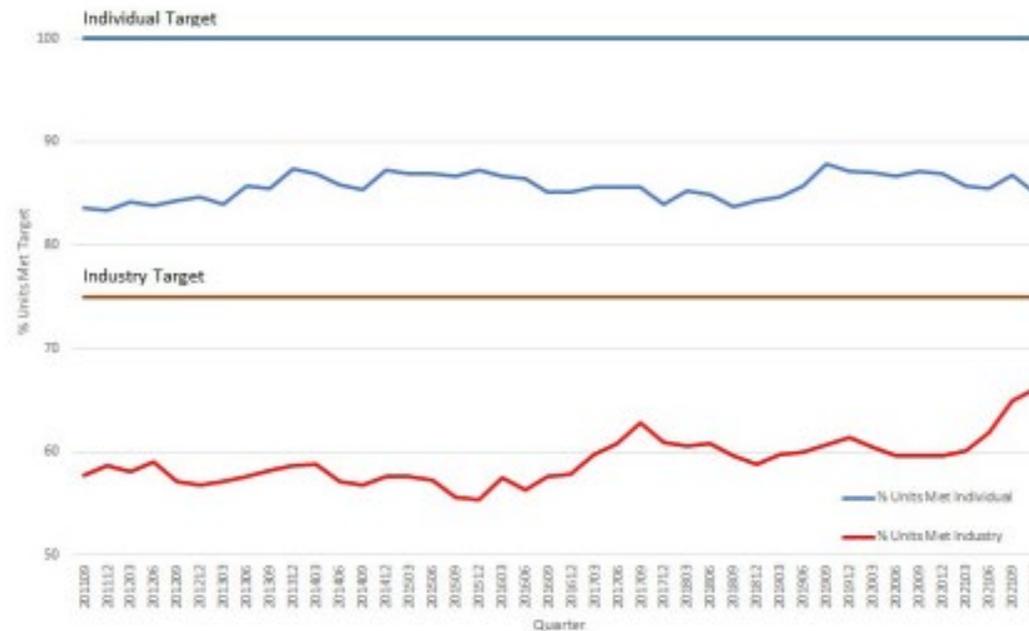
Indicateurs de Performance

Rapport Annuel WANO

Forced Loss Rate (FLR)

This indicator is the ratio of all unplanned forced energy losses to the reference energy generation minus energy generation losses corresponding to planned outages and any unplanned outage extensions during a given period of time, expressed as a percentage.

Unplanned energy losses are either unplanned forced energy losses or unplanned outage extensions of planned outage energy losses. Planned energy losses are those corresponding to outages or power reductions which were planned and scheduled at least four weeks in advance.



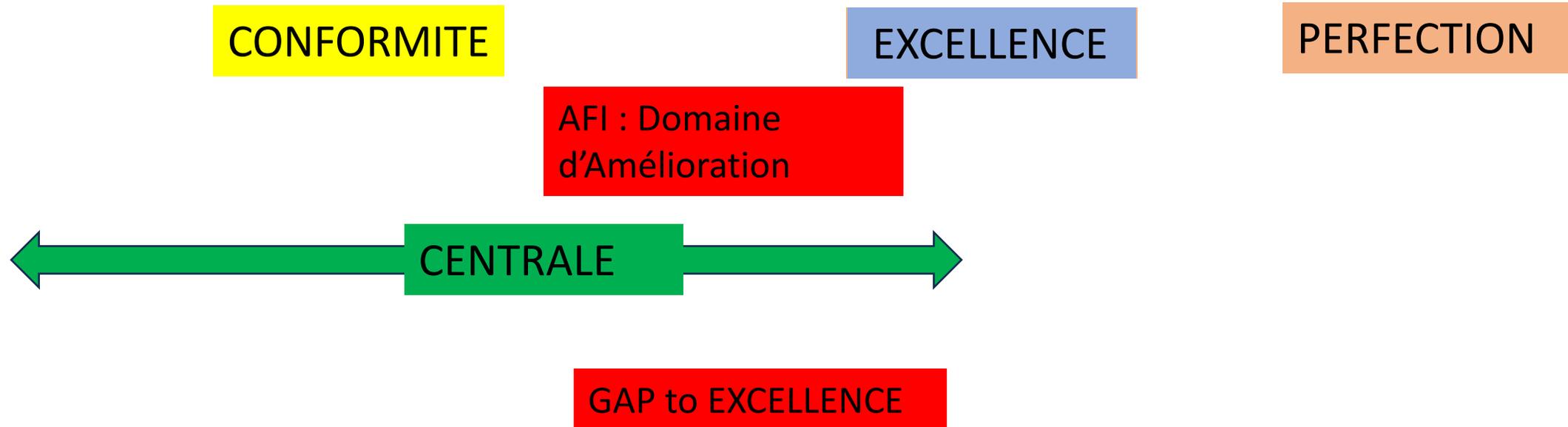
WANO : les Peer Reviews

WHAT IS A WANO PEER REVIEW?

Les évaluations par les pairs de WANO aident les membres à comparer leurs performances opérationnelles aux normes mondiales d'excellence

Cela se fait par le biais d'un examen objectif de leurs opérations par une équipe indépendante provenant du reste de l'industrie nucléaire

WANO Principe de la Peer Review



WANO : les Peer Reviews



- Première Peer Review à Paks en 1992 ; 7 PR en 1993
- Revue par des Pairs de l'industrie nucléaire
- Tous les 4 ans
 - Revue intermédiaire de suivi : Follow-Up
- Méthodologies : les PO&Cs, les SOERs
- Equipe de 25 « Reviewers » (environ 10 nationalités)
- Trois semaines en immersion dans la Centrale :
 - Deux semaines d'observations
 - Une semaine de « co-construction » des AFIs
- Remise d'un rapport provisoire le dernier jour de la mission

WANO PO&Cs



- Performance Objectives and Criteria
- 20 domaines : Conduite, Maintenance, Ingénierie, Chimie, Radioprotection, Protection incendie, Formation, Gestion de Crise, Performance humaine, Retour d'expérience, Organisation et administration, Gestion des activités, Fiabilité des équipements, Gestion de la configuration...
- Environ 1250 objectifs / critères
- Les PO&Cs décrivent l'Excellence ! Tout « écart » à une de ces PO&Cs est potentiellement constitutif d'un « Gap to Excellence »...

Quelques exemples de PO&Cs



- Les opérateurs valident l'exactitude et le bon fonctionnement des indications par différents moyens indépendants, selon leur disponibilité, en évitant de trop se fier à un seul indicateur (OP1.4)
- Les opérateurs gèrent les activités planifiées et fortuites afin d'éviter les transitoires simultanés susceptibles de surcharger les opérateurs et d'entraver la surveillance des installations (OP1.17)
- Les personnels de maintenance préparent leurs activités en amont en effectuant des visites, en consultant les consignes, en vérifiant les qualifications et en participant aux pré-job briefings (MA1.7)
- Les personnels d'ingénierie optimisent les modifications temporaires et permanentes installées sur les tranches et définissent les exigences en matière de pilotage et de conception (EN1.9)
- Les personnels d'ingénierie informent la direction et la conduite des nouveaux enjeux techniques et des risques potentiels associés au fur et à mesure que l'information leur parvient, afin de garantir la mise en place de mesures compensatoires et de parades (EN1.17)
- Les pratiques de fiabilisation et la défense en profondeur sont prises en compte dans la planification et dans la préparation des activités. Ces pratiques identifient les situations à risque d'erreur et définissent des mesures compensatoires pour limiter les risques et les conséquences de l'erreur humaine (HU1.5)

Peer Review : les observations



Ce qui est recherché :

- Des écarts répétés à une PO&C
- Des écarts portant à conséquence – avérée ou potentielle – sur la Sûreté

Question – clé : SO WHAT ? Et Alors ?

Les Observations sont consignées sous forme de « Faits » :

- les circonstances,
- le Gap constaté,
- le « So What »

Les Faits sont rédigés chaque jour et soumis à validation par un correspondant de la Central. Chaque Fait doit être auto-portant

Environ 1000 faits collectés ...

Peer Review : exemple de Fait



Lors de l'opération de dilution du 5 juin 17 à 16h04, l'opérateur n'a pas utilisé la fiche opératoire réf XX.

Ceci allait à l'encontre des attendus de la Centrale.

Le superviseur en salle de commande, qui assistait à l'opération, n'est pas intervenu.

Une erreur lors d'une opération de dilution peut entraîner une augmentation de réactivité et une violation des Spécifications Techniques d'Exploitation

Peer Review : exemples d'AFIs



Les managers et les superviseurs n'établissent pas et ne renforcent pas toujours les normes et les attentes sur le terrain, ce qui entraîne des comportements inappropriés et des écarts non corrigés. Ces comportements et écarts ont conduit à des violations des spécifications techniques, au non-respect de la radioprotection, à des problèmes de pratiques de travail en matière de corps étrangers et à des lacunes dans le comportement opérationnel de la salle de commande principale (OR)

En support : 14 Faits

Les opérateurs de salle de contrôle ne surveillent pas toujours de près, ne contrôlent pas avec précision ou n'utilisent pas toujours des pratiques appropriées en matière d'intervention en cas d'alarme. Cela a entraîné des événements et des retards dans la détection d'anomalies de l'installation (OP)

En support : 18 Faits

Peer Review : structure d'un AFI



1. Référence aux PO&Cs en écart
2. Description du « Gap » constaté
3. Les Faits constitutifs
4. L'analyse des Causes et des Contributeurs

Peer Review : Structure du Rapport



1. Introduction - Résumé
2. Evaluation Culture de Sûreté
3. Les AFIs (entre 10 et 16)
4. Revue d'implémentation des SOERs

Exemple d'évaluation SOER lors d'une Peer Review

**TABLE A.1
SOER RECOMMENDATION STATUS
PROVIDED BY THE TEAM**

1x SAT	Satisfactorily implemented	108	48 %
1x IP	Implementation in progress	7	3 %
1x AI	Awaiting implementation	4	2 %
1x FAR	Further action(s) required	63	28 %
1x NOT	Not relevant for the plant	1	0 %
1x NRV	Not reviewed	9	5 %
1x PRS	Previously reviewed SAT	31	14 %
Total		214	

1998-1 Safety Systems Status Control

1a	FAR	1b	FAR	1c	SAT
2a	SAT	2b	FAR		
3	FAR				

1999-1 Loss of Grid

1a	PRS	1b	PRS	1c	PRS	1d	SAT	1e	PRS	1f	PRS	1g	PRS
2a	PRS	2b	PRS	2c	PRS	2d	PRS						
3a	PRS	3b	PRS										
4	PRS												
5a	PRS	5b	PRS	5c	PRS	5d	PRS						
6	PRS												
7	PRS												
8	PRS												

2001-1 Unplanned Radiation Exposures

1	PRS										
2	SAT										
3	SAT										
4	SAT										
5	FAR										
6a	SAT	6b	FAR	6c	FAR	6d	SAT	6e	SAT	6f	SAT
7	PRS										
8	FAR										

2002-1 Rev1 Severe Weather

1	FAR		
2	FAR		
3	PRS		
4	SAT		
5a	PRS	5b	PRS

2002-2 Emergency Power Reliability

1	PRS						
2	FAR						
3a	PRS	3b	SAT	3c	SAT	3d	PRS
4	PRS						
5	PRS						
6	NRV						

2003-2 Rev1 RPV Head Degradation

1a	IP	1b	IP	1c	IP	1d	FAR	1e	FAR
2	FAR								
3a	FAR	3b	FAR	3c	SAT	3d	FAR		

2004-1 Managing Core Design Changes

1	FAR						
2a	SAT	2b	SAT	2c	SAT	2d	SAT

2007-1 Rev1 Reactivity Management

1a	FAR	1b	FAR	1c	IP	1d	SAT	1e	FAR				
2a	FAR	2b	FAR	2c	SAT	2d	SAT	2e	SAT				
3a	SAT	3b	SAT	3c	SAT	3d	SAT						
4a	IP	4b	IP	4c	FAR	4d	FAR	4e	FAR	4f	NRV	4g	FAR
5a	FAR	5b	IP	5c	SAT	5d	FAR						
6	PRS												

2007-2 Intake Cooling Water Blockage

1a	SAT	1b	SAT	1c	SAT		
2	SAT						
3a	SAT	3b	SAT	3c	SAT		
4a	SAT	4b	SAT				
5a	SAT	5b	SAT	5c	SAT	5d	SAT

2008-1 Rigging, Lifting & Material Handling

1a	SAT	1b	SAT	1c	FAR	1d	SAT		
2a	SAT	2b	FAR	2c	SAT	2d	SAT	2e	SAT
3a	SAT	3b	SAT	3c	SAT	3d	SAT	3e	SAT
4a	FAR	4b	AI	4c	FAR				
5a	FAR	5b	FAR	5c	FAR				

2010-1 Shutdown Safety

1a	FAR	1b	SAT	1c	SAT	1d	SAT
2	SAT						
3	SAT						
4	SAT						
5	SAT						
6a	FAR	6b	FAR	6c	FAR		
7	SAT						
8	FAR						
9	SAT						
10a	SAT	b	SAT	c	SAT		
11	SAT						
12a	FAR	b	FAR	c	FAR	d	NRV

2011-1 Rev 1 Large Power Transformer Reliability

1a	FAR	1b	FAR	1c	FAR	1d	FAR				
2a	FAR	2b	SAT								
3a	SAT	3b	SAT								
4a	SAT	4b	SAT								
5a	SAT	5b	SAT	5c	SAT	5d	SAT	5e	SAT	5f	SAT
6	SAT										
7	SAT										
8	SAT										
9	SAT										

2011-3 Rev1 Spent Fuel Pool Loss of Cooling

1	SAT		
2a	FAR	2b	FAR
3	FAR		
4	SAT		
5	NRV		
6	NOT		

2013-1 Operator Fundamentals Weaknesses

1	FAR								
2	FAR								
3a	AI	3b	FAR	3c	FAR	3d	FAR	3e	SAT
4a	SAT	4b	SAT	4c	SAT	4d	FAR		
5	NRV								

2013-2 Rev1 Post-Fukushima Daiichi Nuclear Accident Lessons Learned

1a	SAT	1b	NRV	1c	SAT	1d	SAT										
2a	SAT	2b	SAT	2c	SAT	2d	SAT	2e	SAT	2f	SAT	2g	SAT				
3a	SAT	3b	SAT														
4a	SAT	4b	SAT	4c	SAT												
5a	NRV	5b	NRV	5c	FAR	5d	FAR	5e	SAT	5f	SAT	5g	SAT	5h	FAR	5i	SAT
6	FAR																
7	SAT																
8	AI																
9	NRV																
10	FAR																
11a	AI	11b	SAT	11c	SAT												



Peer Review : Le Cycle complet



J0 - 6 mois : Pré-visite

J0 – 1 mois : Informations de la Centrale

J0 : Peer Review et Rapport provisoire

J0 + 1 mois : « Challenge Meeting » / Centre Régional WANO

J0 + 2 mois : Rapport Final et présentation au CNO de la Compagnie

La Centrale doit mettre en place des Plans d'action

J0 + 2 ans : Revue de Suivi « Follow-Up »

Le Doute est au cœur de la Culture de Sûreté Nucléaire ...

- Attitude interrogative
- Communiquer ses doutes
- En matière de décision, poser la question !
- Les Managers doivent justifier leurs décisions
- Le Management doit encourager les questionnements ...
- ... tout en évitant que cela paralyse l'action !
- Des doutes répétés : Formation ? Documentation ? Traitement des écarts ?



Devise WANO : Trust and Verify !



Conclusions

- Les outils déployés par WANO permettent une réelle amélioration continue de la Sûreté des centrales nucléaires mondiales, grâce à une approche pragmatique et une méthodologie transculturelle
- La Culture de Sûreté Nucléaire est affaire de bon sens; « *Le bon sens est la chose du monde la mieux partagée* » (René Descartes)
- Serge Haroche : La lumière révélée
 - *Le doute est à l'origine du progrès scientifique*
 - *Mais faut-il douter de **tout** ?*

