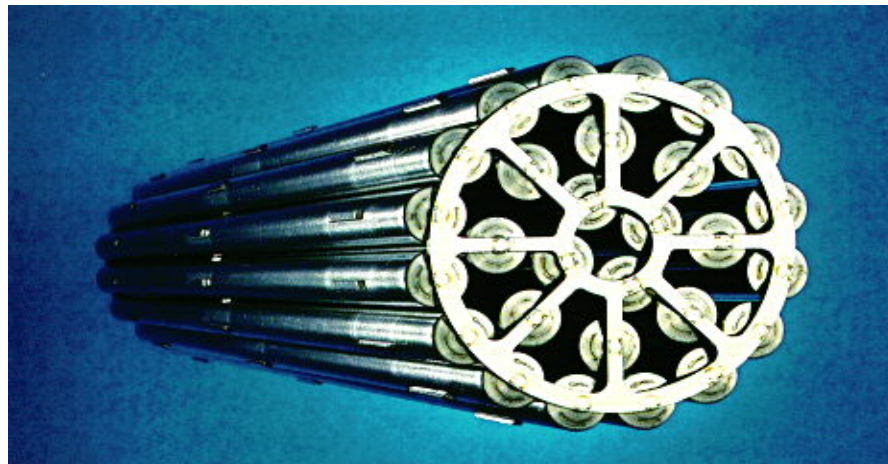


Combustible



Performance

- Production d'énergie maximisée (grappe et canal)
- Production d'énergie maximisée (combustion)
- Taux de défaillance minimal
- Comportement du combustible lors des perturbations (pas d'augmentation du taux de défaillance)

Unités de combustion

- Jours équivalents à pleine puissance (JEPP)
 - JEPP
- Énergie extraite par unité de masse
 - MWh/kgU
- Exposition totale aux neutrons
 - n/kB

100 MWh/kgU \approx 1n.kB \approx 115 JEPP

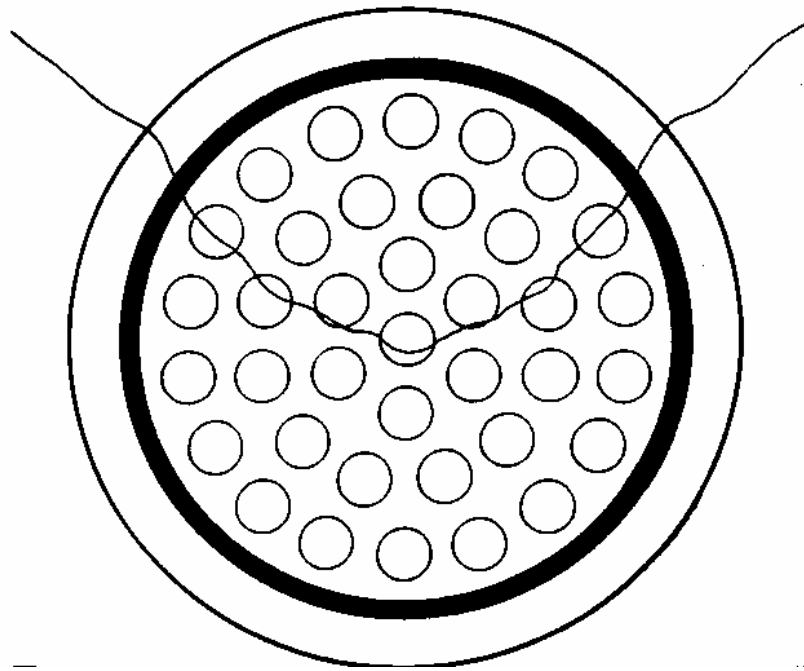
Mécanismes de défaillance

- Défauts de fabrication
- Usure de contact et érosion
- Fissuration par hydruration aux joints de soudure des bouchons d'extrémité, fissuration de la gaine par corrosion sous contrainte
- Manutention inadéquate
- Surpuissance
- Exposition aux rampes de puissance
- Perte de refroidissement

Réduction des défaillances au minimum

- Inspection du nouveau combustible
- Tenue des locaux adéquate
- Maintien des paramètres de chimie
- Manutention adéquate
- Chargement de combustible adéquate
- Réduction au minimum des changements de puissance rapides
- Débit et température surveillés durant le chargement de combustible
- Température surveillée en tout temps

Forme du flux



Forme du flux de référence

- Forme du flux de référence
 - Forme du flux moyenne ou forme du flux du modèle de chargement de combustible
 - Moyenne des variations quotidiennes
- Les écarts par rapport à la référence portent le nom de variations dues au chargement de combustible

Facteur de la puissance de pointe dans le canal

- FPPC
 - Rapport de la puissance réelle à la forme du flux de référence, pour chaque canal
 - Le plus élevé est le FPPC
 - Peut avoir un facteur de mesure des incertitudes
- Un FPPC élevé peut donner lieu à des problèmes de fonctionnement

Surchauffe du combustible

- 2 facteurs
 - Chaleur produite dans le combustible (niveau de puissance)
 - Refroidissement
- Refroidissement inadéquat pouvant mener à un assèchement
 - Avec une forme de flux normale, l'assèchement se produit dans les grappes près de la sortie mais pas dans les grappes à puissance la plus élevée

Vérification du refroidissement

- Mesure du débit sur le FINCH (dans certaines centrales)
- Mesures de la température (dans les canaux sans ébullition)
- Mesures de la pression dans le CC
- Mesures thermique à partir du FINCH

Surpuissance des grappes

- La surpuissance peut causer une fusion dans l'axe du combustible, même si le refroidissement est adéquat
 - La fusion de l'axe du combustible peut entraîner une défaillance de la gaine
- Des limites sont précisées dans le permis concernant la puissance de grappe et la puissance de canal
- Procédures obligatoires
 - Ne peuvent actuellement permettre de mesurer la température de l'axe du combustible dans les grappes
 - En raison de la dépression du flux, des éléments différents produisent des puissances différentes

Protection contre l'assèchement et la fusion

- NOP – surpuissance neutronique
- ROP – surpuissance régionale
- Protéger le combustible contre l'assèchement et la fusion
- Seuils de déclenchement entre 115 % et 120 % de la pleine puissance
- 3 réseaux de détecteurs par système d'arrêt d'urgence
- 1 détecteur par réseau doit se déclencher pour chaque scénario analysé

Détermination de la valeur seuil

- Débuter avec la forme du flux de référence
- Analyser l'événement
 - Perte de régulation, drainage de zone
 - Arrêt lorsque la première grappe subit une fusion ou un assèchement
- Mesurer les niveaux du flux aux détecteurs
- Examiner les lectures des détecteurs et déterminer la valeur seuil pour le flux de référence

Variations de la puissance dues au chargement de combustible

- Déterminer la puissance thermique réelle
- La multiplier par le FPPC
- Utiliser les détecteurs NOP pour lire le produit
- Un FPPC élevé peut réduire la marge de déclenchement à un niveau auquel la puissance devra être réduite
 - Marge de déclenchement – différence entre la lecture du détecteur et la valeur seuil du déclenchement

Forme du flux anormale

- Forme éloignée de la forme de référence
 - Barre coincée dans le coeur
- Commutateur manuel réduit la valeur seuil NOP
- Le CRFR permet une réduction automatique de la puissance agissant sur les formes du flux anormales

Limites précisées dans le permis

- Aucune mesure directe
- Indications
 - Puissance brute inférieure à la limite
 - Flux plat (chaque zone est près de sa puissance idéale)
 - Les dispositifs de contrôle de la réactivité sont en position normale
 - Barres de compensation insérées, crayons absorbants retirés, zones non limitatives
- Calculées suite à une perturbation

Surveillance de la puissance de grappe

- Canaux sans ébullition – la puissance est fonction du débit et de ΔT
- Canaux avec ébullition
 - FINCH tient compte de l'augmentation du débit volumétrique
 - S'assurer que le flux est plat et que la puissance totale se situe à l'intérieur des limites admissibles
 - La puissance est réduite occasionnellement pour vérifier les changements de température en fonction de la puissance
 - s'assurer qu'il n'y a aucun blocage de l'écoulement

Détection et détermination de l'emplacement du combustible défectueux

- Détection – détecter la présence de combustible défectueux
- Emplacement – déterminer dans quel canal il se trouve
- Enlèvement
 - Le risque pour le public est plus élevé (produits de fission dans le CC)
 - La dose est plus élevée dans la centrale
 - La détection des autres fuites est plus difficile
 - Des débris pourraient endommager d'autres grappes

Détection

- Détecteur de produits de fission gazeux (PFG)
- Échantillonnage CC continu
- Surveillance habituellement : iode 131, krypton 88, xénon 133, xénon 135
- Leur longue période radioactive permet l'accumulation en vue de détecter de petites fuites

Détermination de l'emplacement

- Balayage gamma des dispositifs d'alimentation de sortie
- Détection des neutrons retardés
- Isotopes à courte période radioactive
 - Peuvent être détectés aux dispositifs d'alimentation de sortie
 - Se désintègrent avant de se répandre dans l'ensemble du système

Balayage gamma

- Dépôt de produits de fission
- Les détecteurs s'accrochent aux dispositifs d'alimentation de sortie
- Les détecteurs gamma peuvent être installés loin des dispositifs d'alimentation
- Les détecteurs sont étalonnés afin de détecter
 - les rayons gamma spécifiques émis par les produits de fission qui se sont déposés
 - ou les champs gamma bruts plus élevés provenant des dispositifs d'alimentation

Neutrons retardés

- Les périodes sont plus longues que celles des photoneutrons
- Les lignes d'échantillonnage en provenance de chaque dispositif d'alimentation de sortie sont raccordées à un détecteur de neutrons
- Les dispositifs d'alimentation font l'objet d'un échantillonnage un par un
- Les neutrons indiquent qu'un canal contient du combustible défectueux

Rechargement de combustible

- Taux de combustion élevé
- Maintenir la distribution de puissance symétrique
- Canaux à gain élevé si la réactivité globale est faible
- Aucun problème anormal dans les canaux
- Enlever le combustible défectueux
- Éviter de charger du combustible près des canaux récemment rechargés
- On ne doit effectuer aucun rechargement de combustible si les dispositifs de contrôle de la réactivité ne sont pas en position normale
- Charger le combustible dans des zones faibles en combustible

État de chargement de combustible préférentiel

- CRFR en contrôle, réacteur critique
- Indication de blocage du débit
- Le zirconium est moins friable lorsqu'il est chaud
- On doit obtenir une permission de la direction si le réacteur n'est pas à l'état préférentiel

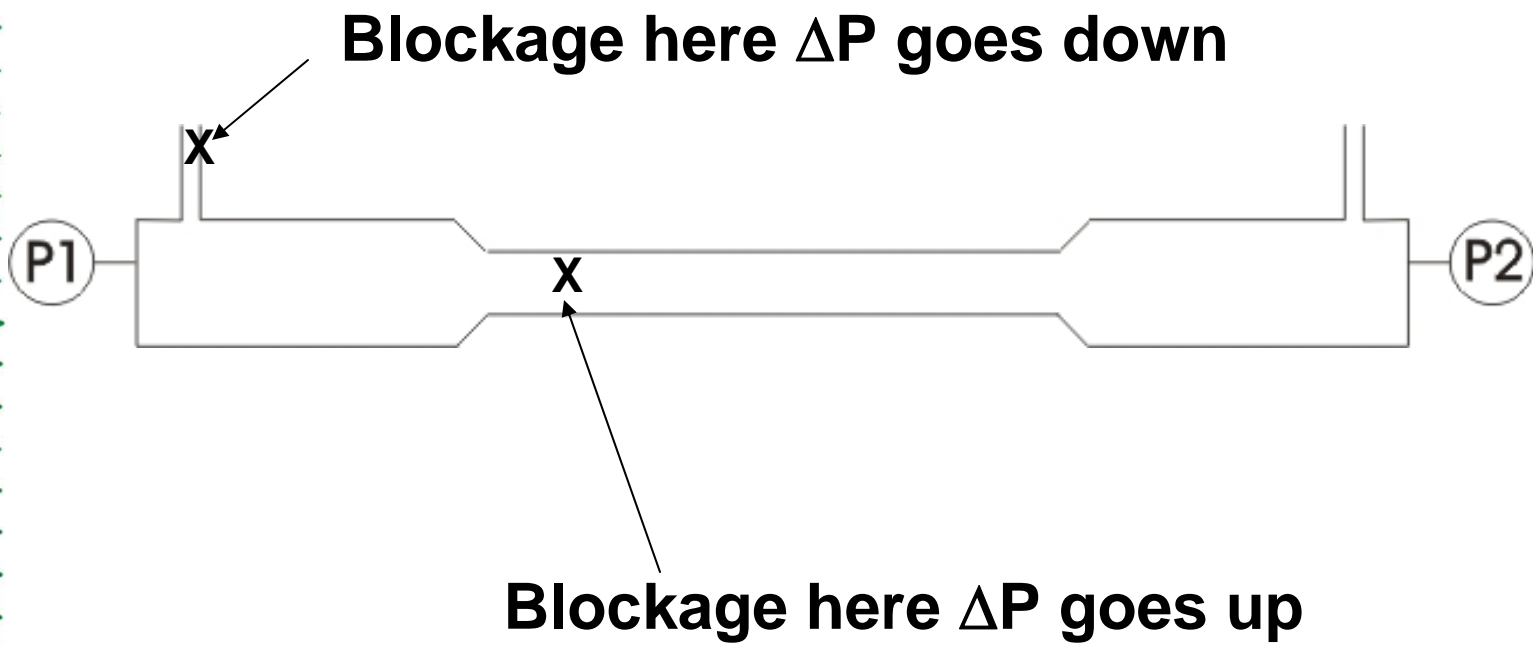
Dangers

- La machine de chargement de combustible ouvre l'enveloppe de pression
- Insertion possible de matériaux étrangers
- Distorsions locales du flux

Blocage des canaux

- Le FINCH surveille le débit
- La température de sortie augmente dans le cas des canaux sans ébullition
- ΔP entre les canaux (mesurée avec la machine de chargement du combustible)

Blocages



TCI

- Blindage contre les rayons gamma
- Refroidissement
- Épuration
- Paramètres surveillés
 - Conductivité
 - Turbidité
 - Température
 - Niveau
 - Épuration de l'écoulement

TCI (suite)

- L'eau qui quitte la travée rejoint les déchets liquides radioactifs
- La ventilation possède un système de filtration
- La zone comprend des détecteurs gamma