

**REGLES TECHNIQUES RELATIVES
A LA CONSTRUCTION DES CPP ET CSP**

Champ d'application

Le circuit primaire principal (CPP) d'une chaudière nucléaire à eau est l'appareil générateur que constitue l'ensemble des équipements sous pression qui contiennent le fluide recevant directement l'énergie dégagée dans le combustible nucléaire et qui ne peuvent être isolés de façon sûre de celui d'entre eux où se trouve ce combustible.

Le circuit secondaire principal (CSP) d'une chaudière nucléaire à eau sous pression est chacun des appareils constitués par l'enceinte secondaire d'un des générateurs de vapeur de la chaudière et les tuyauteries qui ne peuvent en être isolées de façon sûre.

Dans le cas des lignes principales, compte tenu des impératifs liés aux études de comportement mécanique, si les organes d'isolement limitant les appareils, définis ci-après, ne sont pas des points fixes, les limites du circuit sont repoussées au point fixe ou à la butée qui les suit.

Les présentes exigences techniques s'appliquent :

1. Au circuit primaire principal (CPP), à l'exception des canalisations du CPP dont la dimension nominale est inférieure ou égale à DN 50, dans les limites ainsi précisées :
 - Deux organes d'isolement en partant de la cuve sont requis, présentant par eux-mêmes une fiabilité élevée et :
 - soit de type clapet ;
 - soit systématiquement fermés lors du fonctionnement normal en pression de l'appareil ;
 - soit agissant automatiquement en cas de rupture de la tuyauterie au-delà de l'organe d'isolement, et se fermant assez rapidement pour n'être traversés que par peu de fluide avant leur fermeture complète. Dans le cas d'organes qui ne sont ouverts qu'à pression modérée, la non-automaticité de la fermeture pourra être tolérée dans la mesure où il existe des justifications étayées, d'une part sur la rapidité avec laquelle la fermeture est obtenue en cas de besoin, d'autre part sur les inconvénients que présenterait une automatisation.
 - Dans le cas des soupapes, la soupape de protection constitue la limite de l'appareil.
 - Sont considérés comme faisant partie de l'appareil, quand ils en constituent la limite, les organes d'isolement, les organes de protection et les joints soudés.
2. Aux circuits secondaires principaux (CSP), à l'exception des canalisations des CSP autres que les lignes d'alimentation de secours dont la dimension nominale est inférieure ou égale à DN 100, et de la partie extérieure au bâtiment réacteur des lignes d'alimentation de secours des CSP dans le cas où leur dimension nominale est inférieure ou égale à DN 100, dans les limites ainsi précisées :
 - Deux organes d'isolement sont requis en partant du générateur de vapeur pour ce qui concerne l'alimentation en eau. Par exception au principe de double isolement, un seul organe d'isolement est requis pour les lignes principales de vapeur.
 - Les soupapes et organes de décharge constituent la limite de l'appareil.
 - Sont considérés comme faisant partie de l'appareil, quand ils en constituent la limite, les organes d'isolement, les organes de protection (soupapes et organes de décharge) et les joints soudés.

3. Aux pièces assimilées à l'enceinte sous pression des CPP et CSP, qui comprennent :
- la boulonnerie d'assemblage ;
 - les pièces mécaniques jouant un rôle important dans la sûreté de l'isolement et l'efficacité de la protection des appareils ;
 - les composants situés à l'aval d'un organe de protection ou de décharge, qui conduisent à un organe d'isolement, jusqu'à cet organe inclus.

Pour certaines pièces de moindre importance fonctionnelle, auxquelles les présentes règles ne sont pas applicables, le contrôle a posteriori de la conformité des principales caractéristiques doit inclure une vérification de la nuance et des dimensions.

Généralités

1. Les appareils sont construits conformément à des spécifications définies au préalable, de nature à garantir un niveau de sécurité élevé et la conformité aux présentes exigences techniques. Ces spécifications s'appuient notamment sur des codes industriels qui doivent refléter l'état de l'art et de la technique, et être complétés en tant que de besoin.

La construction comprend le choix des matériaux, le dimensionnement mécanique, la fabrication, la vérification de la conception, les contrôles et épreuves et la connaissance du matériel.

2. Les appareils sont construits de manière à minimiser les risques de perte d'intégrité en service, en tenant compte des altérations des matériaux dont on doit envisager l'éventualité en exploitation. A cette fin, il convient notamment, de façon proportionnée à l'importance pour la sûreté des matériels et aux sollicitations qu'ils subissent, de :
 - limiter le nombre de raccordements de canalisations de faible diamètre ;
 - limiter le nombre de soudures, et en particulier les soudures longitudinales et les soudures dans les zones notablement soumises à l'irradiation ;
 - privilégier les soudures à pleine pénétration ;
 - éloigner le plus possible les joints soudés des discontinuités de forme importantes, en particulier ceux qui assemblent des matériaux dont les coefficients de dilatation sont différents ;
 - limiter la concentration de contraintes et leur triaxialité, notamment au voisinage de points singuliers ;
 - limiter les zones présentant des singularités géométriques ;
 - renforcer de manière suffisamment robuste les liaisons entre tuyauteries et récipients ;
 - maîtriser les contraintes résiduelles de fabrication, en particulier en surface, en fonction des risques de fissuration progressive et de corrosion sous contrainte ;
 - limiter, compte tenu des choix résultants de la conception fonctionnelle, notamment par le tracé et la conception mécanique des tuyauteries, les zones dans lesquelles se produisent des sollicitations complexes (fluctuations thermiques...) ;
 - ne pas créer par un tracé inadapté des zones où pourraient s'accumuler des résidus de corrosion ou, éventuellement, des produits risquant de provoquer des corrosions ;
 - étudier l'appareil pour réduire autant que possible les phénomènes de vibration ;
 - s'assurer que les supportages permettent de garantir le respect des hypothèses prises dans les dossiers de conception et présentent par eux-mêmes une fiabilité élevée et des marges de conception suffisantes ;
 - choisir un tracé permettant, en cas de rupture d'une tuyauterie, d'éviter ou du moins de retarder la vidange complète de l'appareil.

3. Les fournisseurs et sous-traitants intervenant dans les opérations sur lesquelles portent les présentes exigences techniques font l'objet d'une surveillance proportionnée à l'influence des opérations sur la qualité finale des appareils. Elle s'appuie sur des audits, des évaluations techniques et des actions d'inspection de terrain.
4. Dès la conception des appareils, toutes les mesures nécessaires sont prises pour faciliter l'accessibilité, l'inspectabilité, la réparabilité, voire le remplacement des différentes parties de ceux-ci. Des cas particuliers peuvent présenter des limitations ou une impossibilité à la remplaçabilité, s'ils résultent d'un choix dûment effectué en amont.

Les mesures nécessaires sont prises pour que l'accessibilité et l'inspectabilité puissent être maintenues compte tenu de l'irradiation des matériaux, en permettant en particulier la mise en œuvre d'examens à distance et l'utilisation d'outils de maintenance adaptés.

Choix des matériaux

1. Seuls peuvent être employés dans la construction des appareils, des matériaux aptes à l'utilisation dans les appareils à pression, suffisamment ductiles et tenaces, pour lesquels on dispose d'une expérience importante sur leur bon comportement d'une part en fabrication, d'autre part en service, dans des conditions de sévérité équivalentes.

Les matériaux sont choisis de manière à être suffisamment homogènes, convenant aux procédés de mise en forme utilisés et en particulier présentant le cas échéant une bonne aptitude au soudage, compatibles entre eux quand des matériaux différents sont assemblés, ne conduisant pas par eux-mêmes à des limitations excessives de la contrôlabilité en fabrication ou de l'inspectabilité en service, ayant des propriétés stables et notamment peu sensibles au vieillissement thermique, peu sensibles à la corrosion et dont les produits de corrosion éventuels, quand ils sont susceptibles d'être activés sous l'effet de l'irradiation, ne peuvent conduire à une radioactivité excessive pour les interventions.

Ils sont choisis de manière à assurer la prévention du risque de rupture brutale pendant toute la durée de l'exploitation et à assurer en particulier que le fonctionnement nominal soit suffisamment en-dehors du domaine fragile.

Sauf justification particulière, les matériaux choisis doivent présenter des caractéristiques en valeur individuelle, en qualification et en recette, conformes aux règles des points 2 à 4 ci-après.

2. Les matériaux de boulonnerie doivent présenter un allongement à rupture à température ambiante supérieur à 12 %, une énergie de flexion par choc sur éprouvette ISO V à 0°C supérieure à 40 J et, si l'allongement à rupture à température ambiante est inférieur à 14 %, une striction supérieure à 0,45. Pour les matériaux à structure austénitique, le critère de 40 J à 0°C peut être remplacé par un critère de 50 J à température ambiante.
3. Les matériaux à structure ferritique autres que ceux de boulonnerie doivent présenter, y compris dans les soudures (recette et coupons témoins), un allongement à rupture à température ambiante supérieur ou égal à 20 %, une énergie de flexion par choc sur éprouvette ISO V à 0°C supérieure ou égale à 40 J et une résistance à la traction à température ambiante limitée à 800 MPa. La limite de 40 J est portée à 60 J pour les matériaux dont la résistance à la traction à température ambiante est supérieure ou égale à 600 MPa.
4. Les matériaux à structure austénitique ou austénoferritique autres que ceux de boulonnerie doivent présenter, en dehors des soudures, un allongement à rupture à température ambiante supérieur à 35 %, une énergie de flexion par choc sur éprouvette ISO V à température ambiante supérieure ou égale à 100 J et une résistance à la traction à température ambiante limitée à 800 MPa. La vérification de l'énergie de flexion par choc n'est pas nécessaire si l'allongement à rupture est supérieur ou égal à 45 %. Pour le métal déposé, le critère de 35 % est abaissé à 25 %, et le critère de 100 J est remplacé par un critère justifié en fonction des capacités du procédé, telles qu'elles sont établies notamment par sa qualification, critère qui n'est pas inférieur à 60 J en recette et 50 J sur les coupons témoins.

Dimensionnement mécanique

1. La pression de conception des circuits et la pression et les températures de calcul de leurs composants, ainsi que les critères auxquels doivent satisfaire ces composants dans les différentes conditions de fonctionnement auxquels ils sont susceptibles d'être soumis, sont spécifiés en vue de maintenir leur intégrité et, quand cela est requis, de contribuer à assurer leur fonctionnalité et l'opérabilité des composants actifs adjacents.

Les règles retenues pour le dimensionnement mécanique des composants prennent en compte d'éventuelles conditions pénalisantes ou conventionnelles conduisant à introduire d'autres paramètres de dimensionnement que les pression et températures de calcul, comme par exemple la tenue aux séismes.

Les valeurs garanties des caractéristiques des composants doivent être suffisantes pour permettre de démontrer leur résistance.

Les supportages nécessaires sont spécifiés en prenant en compte ces éléments.

2. Les actions auxquelles doivent résister les composants des appareils sont définies en cohérence avec les conditions de fonctionnement prises en compte dans le dimensionnement de sûreté de l'installation. Les conservatismes pris en compte dans la définition de ces actions doivent assurer leur caractère enveloppe du point de vue mécanique. Compte tenu de ces actions et des principes de conduite, les sollicitations constitutives des chargements subis par les différents composants des appareils sont spécifiées.
3. Les appareils sont équipés d'accessoires de sécurité adaptés pour lesquels sont établies :
 - la capacité de l'ensemble des accessoires de sécurité reconnus de haute fiabilité à limiter la pression atteinte lors des situations de deuxième catégorie à 100 % de la pression de conception, et à éviter, compte tenu des postulats de défaillance des matériels découlant des règles de sûreté, la perte d'intégrité par surpression de l'appareil lors des situations de quatrième catégorie.
 - la capacité des seuls accessoires de sécurité agissant par limitation directe de la pression à limiter la pression dans les situations de troisième catégorie à 110 % de la pression de conception.
 - la capacité de ces mêmes accessoires, l'un d'entre eux s'il y en a moins de quatre et deux d'entre eux s'il y en a quatre ou plus étant considérés comme indisponibles, à limiter la pression dans les situations de troisième catégorie à 120 % de la pression de conception.

Fabrication

1. Les opérations de fabrication devant faire l'objet d'une qualification sont définies. En particulier, les opérations de revêtement, de soudage et de fonderie sont soumises à qualification.

Des critères maximaux sont spécifiés pour limiter les réparations par soudage des défauts de fonderie après le dernier traitement thermique de qualité.

Les procédés utilisés pour la fabrication des pièces forgées doivent assurer un corroyage suffisant et une propreté inclusionnaire adéquate.

2. Les soudeurs et opérateurs de soudage réalisant des assemblages permanents ou des revêtements sur les matériels doivent être qualifiés.

Les modes opératoires de soudage et de revêtement par soudage doivent être qualifiés.

Les raccords emmanchés - soudés de tuyauteries sont interdits.

Les conditions des modes opératoires de revêtement par soudage doivent viser à éviter les décollements et l'apparition de fissuration sous le revêtement.

3. Sont également définies les parties de composants, appelées pièces, soumises à une qualification technique de pièce. Les éléments à prendre en compte à cet effet sont notamment une masse importante du lingot initial conduisant à un risque d'hétérogénéité, une masse importante de la pièce finale, la complexité des opérations de transformation, des particularités conduisant à limiter la représentativité des contrôles et essais, ou des sollicitations sévères.
4. Une qualification technique de pièce a pour objet de vérifier qu'une pièce réalisée conformément à un programme technique de fabrication donné, aura les caractéristiques requises compte tenu des opérations de fabrication ultérieures.

La qualification doit permettre notamment :

- d'identifier d'éventuelles hétérogénéités de propriétés ;
- de vérifier que les conditions d'élaboration décrites dans le programme technique de fabrication permettent de respecter dans toute la pièce les caractéristiques mécaniques garanties, à moins de s'assurer que les caractéristiques observées sont prises en compte dans les analyses de conception et dans les critères de recette ;
- de justifier la représentativité des essais de recette.

Les dossiers rassemblant les principaux résultats des qualifications techniques de pièce, les enseignements à en tirer et notamment les paramètres essentiels de la qualification, et les conditions et limites de leur validité, sont tenus à jour.

Vérification de la conception

1. Les situations de fonctionnement des appareils sont réparties en trois catégories. Cette classification répond aux définitions suivantes :
 - situations de deuxième catégorie : situations dans lesquelles peut se trouver l'appareil au cours du fonctionnement normal, c'est à dire tant en marche continue que pendant les régimes transitoires et les incidents courants de fonctionnement.
 - situations de troisième catégorie : situations exceptionnelles dans lesquelles peut se trouver l'appareil dans des circonstances accidentelles très peu fréquentes mais dont l'éventualité doit être envisagée.
 - situations de quatrième catégorie : situations qui apparaîtraient dans des circonstances accidentelles hautement improbables dont les conséquences sur la sécurité de l'appareil sont cependant étudiées.
2. Le comportement des composants dans les situations ainsi définies est analysé. Sans préjudice des démonstrations de fonctionnalité et d'opérabilité requises, l'analyse doit montrer que les formes et dimensions choisies assurent le maintien de l'intégrité du composant en exploitation, compte tenu des matériaux employés, des procédés de fabrication et du contrôle de la fabrication.

Pour l'exécution de cette analyse, il est en particulier montré :

- que le composant présente des marges suffisantes vis-à-vis des dommages de déformation excessive et d'instabilité plastique. Pour cela, la résistance vis-à-vis de ces dommages est estimée quand le composant est placé dans des situations obtenues en multipliant les chargements pertinents vis-à-vis de ces dommages par les coefficients suivants :

	<u>2^{ème} cat.</u>	<u>3^{ème} cat.</u>	<u>4^{ème} cat.</u>
déformation excessive	1,5	1,2	
instabilité plastique	2,5	2	1,2

- que le composant présente une résistance suffisante à la fissuration progressive, sous les sollicitations réalistes de deuxième catégorie, pour toute la durée de vie de l'appareil. L'évaluation tient compte, le cas échéant, de la résistance aux sollicitations locales attendues.
- que le composant, compte tenu de ses supportages et de son environnement, n'est pas sensible à la déformation progressive et présente des marges suffisantes au regard du dommage d'instabilité élastique et élastoplastique.
- que le composant présente une bonne résistance à la rupture brutale. A cet effet, la résistance à la rupture sera montrée sous les chargements pertinents vis-à-vis de ce dommage, résultant des situations de deuxième, troisième et quatrième catégories, en postulant la présence de défauts conventionnels.
- que les organes mécaniques qui assemblent les parties résistantes à la pression assurent en toutes situations le maintien de l'étanchéité spécifiée. La pression de calcul ne devra pas engendrer des contraintes moyennes de traction fictives supérieures au tiers de la limite d'élasticité R_e/t .

Contrôles et épreuves

1. Il est procédé à des contrôles techniques permettant de s'assurer de l'adéquation des procédés utilisés, et de garantir conjointement avec le choix des procédés, l'absence de défaut susceptible de remettre en cause les démonstrations apportées concernant la résistance de l'appareil.

En particulier les contrôles non destructifs requis sont spécifiés.

Les critères d'acceptation des contrôles sont spécifiés. Sauf justification particulière montrant de façon probante l'absence de risque, un défaut non conforme à ces critères doit être éliminé.

Les contrôleurs intervenant sur les matériels soumis aux présentes règles doivent être certifiés.

2. Sauf justification particulière :
 - les soudures résistantes à la pression font l'objet d'un contrôle volumique à 100 % ;
 - les pièces moulées font l'objet d'un contrôle volumique à 100 % ;
 - un examen de chacune des surfaces finales des composants est réalisé par un moyen approprié.
3. Avant son assemblage aux autres composants de l'appareil, chaque composant subit une épreuve hydraulique au taux de 1,43 fois la pression de calcul. L'épreuve doit être supportée sans fuite ni déformation visible, toutes les parties du composant étant accessibles et visibles. Cette disposition n'est pas applicable aux tuyauteries de dimension nominale inférieure à DN 150.
4. Après montage, l'appareil assemblé est soumis à une épreuve hydraulique au minimum à 1,3 fois la pression de conception. L'épreuve doit être supportée sans déféctuosité grave et sans fuites autres que celles qui peuvent normalement apparaître dans la robinetterie au niveau des organes de manœuvre.

Connaissance du matériel

1. Il est élaboré un document récapitulatif relatif :
 - d'une part, à la maintenance des circuits et aux précautions d'utilisation éventuelles,
 - d'autre part, à l'instrumentation qu'il apparaît utile de mettre en place, en particulier sur les appareils ou composants de conception nouvelle, afin de s'assurer de l'adéquation des sollicitations retenues pour la conception mécanique.

Des zones redevables de précautions particulières peuvent être identifiées compte tenu des caractéristiques de la conception et notamment la résistance des composants à la fatigue, à la corrosion, à la rupture brutale, ainsi que des matériaux utilisés et de leur comportement en service, de la fabrication, des écarts relevés lors de celle-ci et des contrôles.

Le document récapitulatif ci-dessus traite en particulier des zones précitées.

2. Compte tenu des caractéristiques des matériaux utilisés, les dispositions nécessaires sont prises pour que les prévisions d'évolutions notables des propriétés du matériau et de la résistance de l'appareil puissent être efficacement vérifiées, en particulier en ce qui concerne l'effet de l'irradiation sur la cuve du réacteur et le vieillissement thermique.

Un document récapitulatif est élaboré, relatif au suivi du vieillissement compte tenu de l'évolution prévisible des propriétés des matériaux. L'ensemble des échantillons de matériau qui sont nécessaires à ce suivi sont conservés.

3. Les valeurs des propriétés des matériaux relevées en recette sont conservées.