



HAL
open science

Recommandations de Conception issues du Contrôle Non Destructif (RCC-MRx)

G. Corneloup, C. Gueudré, M.A. Ploix, J.M. Augem, J. Sibilo, T. Lebarbé, F.
Baqué

► **To cite this version:**

G. Corneloup, C. Gueudré, M.A. Ploix, J.M. Augem, J. Sibilo, et al.. Recommandations de Conception issues du Contrôle Non Destructif (RCC-MRx). Journées COFREND, May 2014, Bordeaux, France. hal-01300002

HAL Id: hal-01300002

<https://hal.science/hal-01300002>

Submitted on 9 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION

ISSUES DU CONTROLE NON DESTRUCTIF (RCC-MRX)

AUTEUR CORNELOUP Gilles – LMA-LCND
LMA Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique,
UPR CNRS 7051, Marseille,

COAUTEURS GUEUDRE Cécile - LMA-LCND
PLOIX Marie-Aude - LMA-LCND
AUGEM Jean-Michel - EDF DIN
SIBILO Julien - AREVA
LEBARBE Thierry - CEA DEN
BAQUE François - CEA DEN

CONFERENCIER CORNELOUP Gilles - LMA-LCND

RESUME

Une réflexion a été initiée en 2008 par les concepteurs de centrales nucléaires RNR refroidies au sodium, avec l'aide de spécialistes du LCND (Université Aix-Marseille). L'objectif était d'insuffler une culture CND, un réflexe pour les besoins d'inspectabilité/réparabilité. Le constat qui a motivé cette réflexion était que toutes les règles relatives aux CND présentes dans le code RCC-MR (édition 2007) étaient spécifiquement dévolues aux contrôles de fabrication. Un Groupe de Travail Thématique (GTT) a produit fin 2012 une révision de l'Annexe A20 «Dispositions constructives associées aux visites de surveillance en exploitation» du code RCC-MRx, résultant de la fusion des codes RCC-MR et RCC-MX dédié aux réacteurs expérimentaux. Cette révision est volontairement peu prescriptive car le GTT a montré que, vis-à-vis de la complexité des problèmes posés, le dialogue entre concepteur, fabricant et contrôleur semble être le meilleur moyen pour trouver un compromis entre conception, fabrication et besoin d'inspection en service. Le GTT a considéré indispensable d'accompagner cette Annexe d'un document qui fournisse les fondements des recommandations (criteria), et qui permette de comprendre et justifier les solutions apportées avec les moyens techniques de contrôles actuels. Certaines mises en perspective sont également indiquées. La présente communication montre le principe de la révision retenue, et présente quelques exemples extraits des criteria.

INTRODUCTION

Le travail présenté ici est le fruit d'une réflexion préliminaire initiée conjointement par les acteurs des contrôles non destructifs et les concepteurs de centrales électronucléaires à neutrons rapides, à savoir CEA, EDF, AREVA et le LCND, regroupés en un Groupe de Travail Thématique (GTT). Le constat a été fait que toutes les règles et recommandations



relatives aux CND présentes dans les RCC-MR sont dévolues aux contrôles de la qualité de fabrication et pas du tout à l'inspection en service.

Or aujourd'hui, l'inspectabilité et la réparabilité des systèmes constitutifs des concepts réacteurs nucléaires de 4ème génération apparaissent comme des aspects essentiels qui permettront de répondre à la fois à la garantie du respect des exigences de sûreté et à la préservation de l'investissement de ce type de chaudière.

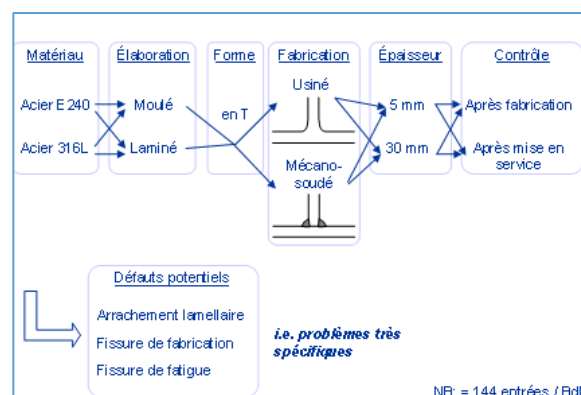
Il est donc apparu nécessaire de rédiger un document qui guide le concepteur pour faire des choix, prendre des décisions, qui tiennent compte de l'ensemble des CND qui seront réalisés au cours de la vie des composants. Ce document pourrait servir de point de départ à un futur volume Inspectabilité et Réparabilité d'un code existant (RSEM pour les centrales REP), comportant une partie spécifique, ou un code dédié aux RNR.

Pour ce travail, essentiellement deux démarches différentes ont été envisagées qui ont conduit à deux propositions relatées dans cette communication. La première a consisté à rechercher les conditions de mise en œuvre d'une base de données « exhaustive » permettant de proposer au concepteur des règles quantitatives de recommandation pour les contrôles. Devant l'énorme difficulté de gérer toutes ces entrées-sorties, il est apparu plus simple de relater des règles qualitatives de recommandation, suite à la lecture du RCC-MR, et à son analyse de type « expert CND », en se servant du retour d'expériences du LCND.

PROPOSITION DE REGLES QUANTITATIVES DE RECOMMANDATION

Pour donner au concepteur un outil qui lui permette de concevoir en tenant compte des connaissances de l'expert en CND, l'idée générale est tout d'abord de construire une base de données comprenant:

- l'ensemble des cas de pièces, matériaux, fabrications, formes, dimensions, etc..
- l'ensemble des types de défauts potentiels, de fabrication, en service,
- les caractéristiques recherchées: détection, localisation, identification, dimension,
- les différentes méthodes de CND, et leurs besoins spécifiques.



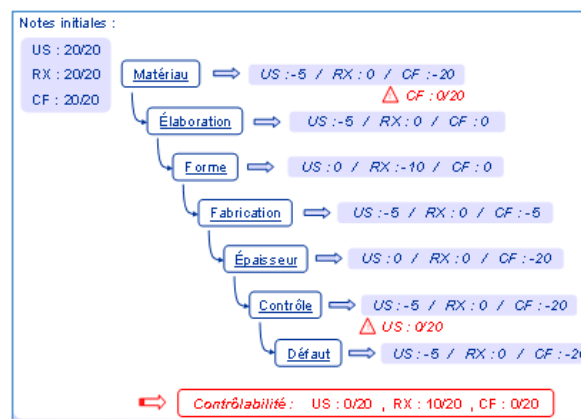
La base de données

Ensuite, l'idée serait que l'outil donne un verdict de contrôlabilité qui permette de savoir si la construction est contrôlable ou pas, ou difficilement, et donc si elle est à modifier ou pas.

D'emblée on constate la difficulté de l'entreprise, notamment au niveau de l'IHM: comment présenter un tel outil à l'utilisateur ? et sur quelle base se fera le verdict de contrôlabilité ?

Une 1^{ère} méthode a été envisagée, qui consiste à introduire, dans le parcours de la base de données, tous les facteurs d'influence qui peuvent modifier une note de départ de contrôlabilité initialement définie comme parfaite (20/20), pour chaque méthode de CND.

A la fin du parcours, soit la note est restée élevée (la contrôlabilité est correcte, il reste du potentiel pour une ou plusieurs méthodes de CND), et on ne modifie pas la pièce, soit la note est faible ou nulle, ou inférieure à une valeur seuil, et on doit modifier quelques paramètres de conception.



Verdict de contrôlabilité

Cette proposition de règles quantitatives a été abandonnée, car elle a montré une façon de procéder assez subjective, trop orientée CND, et pas assez vers la conception.

Une solution pourrait être l'introduction de critères d'acceptation définis par le RCC-MR (taille de défaut). On pourrait alors donner un potentiel (un verdict) de contrôlabilité en termes de pouvoir de détection dans une situation donnée. C'est-à-dire qu'on pourrait donner une taille de défaut détectable pour que le concepteur, dans le cas où cette taille ne convient pas, puisse adopter de nouvelles dimensions, ou éventuellement changer toute la conception.

Ce travail est envisageable, mais extrêmement conséquent. C'est pourquoi le potentiel des règles "qualitatives" a été vérifié.

PROPOSITION DE REGLES QUALITATIVES DE RECOMMANDATION

Une lecture exhaustive du RCC-MR, selon des critères d'expert CND, a permis, après analyse, d'identifier chaque cas-type pouvant générer un conflit entre la conception et la réalisation optimale du CND.

L'analyse a ensuite été suivie d'explications en des termes compréhensibles pour un non expert CND, et des recommandations éventuelles de modification de conception ont été rédigées pour améliorer la contrôlabilité.

Exemple 1 de texte issu de RCC-MR : référence RB 3291.1 et 3334.2

"...les contraintes admissibles du joint soudé sont égales aux contraintes admissibles dans la soudure multipliées par un coefficient de joint. Celui-ci est d'autant plus grand ($= 1$) que le joint est totalement contrôlé ND (volume et surface)"....

Exemple 1 de recommandation issue des règles de CND

Pour l'exemple 1 de texte précédent, la recommandation essentielle est la suivante :

"Un volume soudé peut être contrôlé entièrement si certaines conditions d'accès sont respectées. Et l'accessibilité nécessaire est différente selon la méthode CND choisie."

Et les explications accessibles à un non expert CND sont du type:

- en CND par ultrasons, il faut que le volume soit totalement insonifié. On choisit le type de traducteur (droit, d'angle) en fonction du type de défaut recherché, notamment son orientation.

- si on utilise un traducteur droit au contact, il faut que la soudure soit arasée, et qu'il puisse se déplacer au-dessus de la soudure. Si c'est un traducteur d'angle, le faisceau doit pouvoir scruter le volume entier en se déplaçant de part et d'autre de la soudure.

- si le matériau est globalement homogène et isotrope, on utilise l'acoustique géométrique pour établir le diagnostic. Si ce n'est pas le cas, on peut assister à des déviations voire des divisions de faisceau.

- attention aux contraintes résiduelles (acoustoélasticité) qui peuvent modifier les interprétations.

- en CND par radiographie X ou γ , la projection du volume total doit pouvoir être réalisé. La source doit pouvoir être installée à la distance nécessaire par rapport à la soudure.

Exemple 2 de texte issu de RCC-MR : référence RB 3334

"...règles concernant le dessin des assemblages soudés. Les joints soudés autorisés sont de 4 types (a, b, c, d) et il n'y a qu'un nombre restreint de dessins autorisés...."

Exemple 2 de recommandation issue des règles de CND

Pour l'exemple 2 de texte précédent, les 2 recommandations essentielles sont les suivantes:

"Selon la forme du joint soudé, il peut y avoir des différences dans le choix de la meilleure méthode de CND."

et

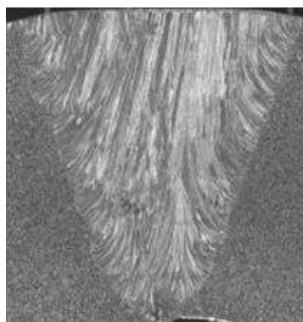
"Dans le cas de soudures multipasses, on peut réaliser un meilleur choix des paramètres du contrôle US en simulant celui-ci à partir d'une modélisation de la solidification de la soudure."

Et les explications accessibles à un non expert CND sont du type:

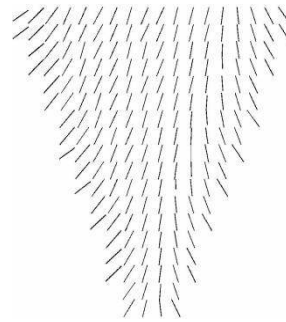
- l'étude des différentes formes de joints soudés permet de mieux choisir une méthode de CND. Pour une soudure à plat, bout à bout, on peut envisager la radiographie, qui nécessite un accès des 2 côtés de la pièce. Si c'est une soudure en Té, c'est plus difficile, et le problème de l'orientation du défaut non volumique devient important (il doit être parallèle au faisceau pour être vu)

- on peut éventuellement procéder en sens inverse, à savoir choisir la forme de joint soudé pour privilégier une méthode de CND

- dans le cas de soudures multipasses, on peut s'attendre à des déviations du faisceau ultrasonore, ce qui fausse le diagnostic. Une solution peut consister à modéliser la soudure (sa microstructure) afin de prévoir la déviation des ultrasons. Le code MINA, développé par le LCND pour EDF, permet, à partir de la connaissance du cahier de soudage, de modéliser la solidification de la soudure.



*Micrographie (destructive),
de soudure multipasses*



*et sa modélisation (non destructive)
par le logiciel EDF-LCND MINA*

- on peut aussi envisager de se servir de la connaissance de ces lois de solidification pour décider, en amont, au moment de la fabrication, de réaliser des soudures plus facilement contrôlables, et/ou traversables. Ce qui revient donc à imposer un ordre de soudage par exemple, au lieu de le laisser libre et de le faire simplement noter par le soudeur.

DEMANDE DE MODIFICATION DE L'ANNEXE A20 DU RCC-MRX 2010

Le Groupe de Travail Thématique (GTT) a produit fin 2012 une révision de l'Annexe A20 du RCC-MRx intitulée «Dispositions constructives associées aux visites de surveillance en exploitation». Le GTT a considéré indispensable d'accompagner cette Annexe d'un

document qui fournisse les fondements des recommandations (criteria), et qui permette de comprendre et justifier les solutions apportées avec les moyens techniques de contrôles actuels. Certaines mises en perspective sont également indiquées.

Exemple de texte initial non modifié

"Généralités pour la Conception :

Les études de conception doivent prendre en compte les impératifs liés aux examens volumiques (radiographique et ultrason notamment) prévus pour les inspections en service. En particulier le choix de la position des soudures de tuyauteries doit permettre une accessibilité suffisante pour les soudures (soudure en dehors des trémies...). L'accessibilité (plate-forme, caillebotis, échafaudage, moyens de manutention,...) et éventuellement les appareillages spéciaux nécessaires aux examens (positionnement particulier de source gammagraphique par exemple) devront être pris en compte dans les études de conception."

Exemple de demande de modification

Au texte précédent a été ajouté :

"Dans la mesure du possible, le concepteur privilégiera le dessin des assemblages soudés qui favorise l'inspection en service. On rappelle que le choix de la technique d'examen est dicté par la contrôlabilité du défaut recherché. La spécification d'équipement pourra proposer la réalisation d'une pièce témoin à des fins de besoin d'inspection en service."

CRITERIA

Le GTT a considéré indispensable d'accompagner l'Annexe 20 d'un document qui fournisse les fondements des règles et recommandations, que l'on appelle criteria. Ces criteria permettent de comprendre et justifier les solutions apportées avec les moyens techniques de contrôles actuels. Certaines mises en perspective sont également indiquées. A noter que tous les paragraphes de l'Annexe A20 n'ont pas semblé devoir faire l'objet de justifications ; ceux qui sont concernés sont mentionnés à chaque paragraphe.

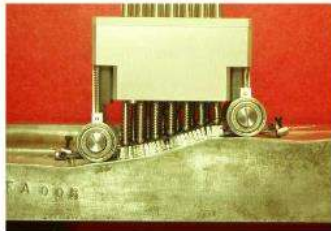
Exemple de justification

Concernant la demande de modification de l'Annexe A20 sur les problèmes liés à "l'influence de l'accessibilité", les justifications suivantes ont été apportées:

"En contrôle de soudures par ultrasons, par exemple, on rappelle qu'il faut que le volume de matière contrôlé soit totalement insonifié. On choisit ensuite le type de traducteur (droit, d'angle) en fonction du type de défaut recherché, notamment son orientation.

Si on utilise un traducteur droit au contact, il faut que la soudure soit arasée, et qu'il puisse se déplacer au-dessus de la soudure. Si un traducteur d'angle est utilisé, le faisceau doit pouvoir scruter le volume entier en se déplaçant de part et d'autre de la soudure.

Si la soudure n'est pas arasée, la technologie des capteurs conformables est à envisager.



*Capteur conforme
(ultrasons) (CEA LIST 2009)*



*Capteur conforme
(courants de Foucault) (CEA LIST 2009)*

En radiographie X ou γ , la projection du volume total doit pouvoir être réalisée. La source doit pouvoir être installée à la distance nécessaire par rapport à la soudure.

Cet accès est aussi différent selon que l'on considère la phase de fabrication, où les éléments sont séparés, ou la période de fonctionnement, avec les ensembles montés, la présence de fluide (sodium par exemple), le niveau de la température, le nombre d'écrans...".

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La version révisée de l'Annexe A20 est volontairement peu prescriptive car le GTT a montré que, vis-à-vis de la complexité des problèmes posés, le dialogue entre concepteur, fabricant et contrôleur semble être le seul moyen pour trouver le meilleur compromis entre conception et besoin d'inspection en service. Les critères permettent d'aider à comprendre les propositions de l'Annexe.

La rédaction des critères a aussi montré qu'il n'existe actuellement pas de document parfaitement adapté à l'ensemble des explications nécessaires, même si certaines normes semblent proches des réponses attendues. Ainsi, par exemple, certaines normes définissent bien des types de discontinuités mais ne précisent en rien leur mode d'obtention.

La complexité potentielle des contrôles à venir impose à terme que soient introduites (et définies, et validées) des notions de type "contrôlabilité des matériaux contrôlés", voire même "contrôlabilité des défauts recherchés". La contrôlabilité du matériau (vis-à-vis d'une méthode de CND) pourrait être demandée dès l'approvisionnement des matières, auprès du sidérurgiste. Il s'agirait de préciser la qualité du matériau pour qu'il soit contrôlable, c'est-à-dire que ses propriétés vis-à-vis des différentes méthodes de CND potentielles (mécaniques, physiques, etc...) permettent leur mise en œuvre, et la reproductibilité des mesures.

Le groupe de travail proposera prochainement des actions dans cette direction.