

# **OPTIMISATION PAR SIMULATION DU FILTRAGE APPLIQUE PAR LES ELECTRONIQUES SUR LA MESURE D'EPAISSEUR DE TUBES PAR ULTRASONS**

## *SIMULATION OF THE DIGITAL FILTERING TO OPTIMIZE PIPE ULTRASOUND WALL THICKNESS MEASUREMENT*

N. Nourrit, F. Lesage, B. Bisiaux,  
Vallourec & Mannesmann France – Centre de Recherche Vallourec (CEV)  
60, route de Leval, BP 20149, 59620 Aulnoye-Aymeries  
E-mail : nicolas.nourrit@vallourec.fr

### **RESUME**

Sur les installations de mesure d'épaisseur par ultrasons du groupe VALLOUREC, des algorithmes de filtrage sont appliqués par l'électronique sur les données brutes. Si l'objectif de ces traitements est bien connu, exclure les perturbations de type parasite de la mesure tout en prenant en compte les irrégularités de l'épaisseur, leur influence sur la mesure finale n'est connue que partiellement et les paramètres pilotant les algorithmes sont renseignés empiriquement par les opérateurs.

Afin d'aider ces derniers dans leur tâche, un logiciel de simulation a été développé : il vise à reproduire toutes les configurations d'inspection et de filtrage possibles de façon informatique et ainsi à déterminer le paramétrage optimal du filtrage pour un banc donné.

Avant passage du tube étalon et pour un réglage donné, l'opérateur peut désormais visualiser en deux dimensions un aperçu de sa cartographie d'épaisseur où transparaissent les points de mesure qui seront supprimés par les algorithmes de filtrage ainsi qu'une estimation des courbes définitives de mesures qui seront délivrées par son installation.

### **ABSTRACT**

*In the ultrasonic wall thickness testing equipment of the Vallourec Group, filtering algorithms are applied on the raw data by the electronics. While the purpose of this processing is well known, that is to eliminate such problems as interference while taking into account wall thickness irregularities, our knowledge of their influence on the final measurement is incomplete, and the settings controlling these algorithms are made empirically by the operators.*

*In order to assist them in making these settings, a simulation software program has been developed: it aims to reproduce electronically all the possible inspection and filtering configurations and therefore determine the optimal filter settings for a given test bench.*

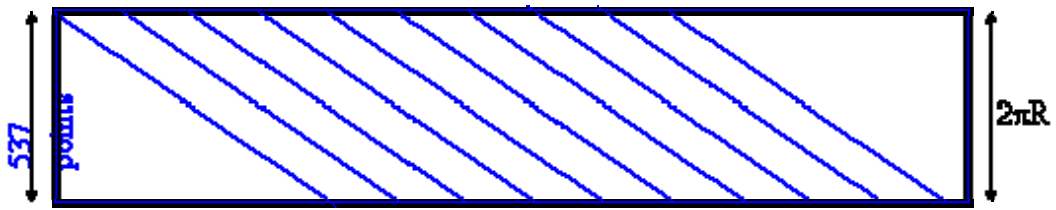
*Before testing the reference tube, and for a given setting, the operator can now have a 2D view of its wall thickness distribution, showing the points of measurement that will be deleted by the filter algorithms, as well as an estimation of the final measurement curves that will be issued by the test equipment.*

### **DEFINITION DU FILTRAGE DES DONNEES D'EPAISSEUR**

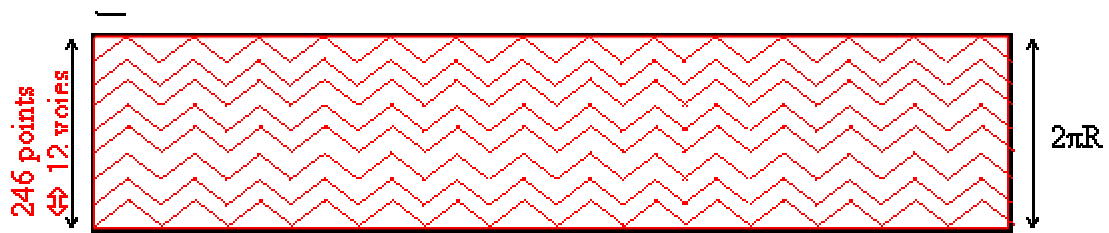
#### **Configurations de balayage**

Quel que soit l'installation de mesure d'épaisseur par ultrasons du groupe Vallourec, le tube est balayé par un ou plusieurs faisceaux ultrasonores dont la source est unique ou multiple (cas des capteurs Phased Array).

Ce balayage est généralement hélicoïdal mais peut emprunter d'autres trajectoires.



*Développée d'un tube : cas d'un balayage hélicoïdal*



*Développée d'un tube : cas d'un balayage linéaire type GEIT ROWA*

Les figures ci-dessus représentent des exemples de trajectoires de capteurs inspectant la surface d'un tube. Sur chaque droite associée à la trajectoire d'un capteur réel ou virtuel peuvent être représentés les points de mesure d'épaisseur du tube. L'espacement de ces points ou pointé, ainsi que la configuration des trajectoires détermine la résolution du contrôle. Une droite sera confondue avec le flux de données qui lui est associé et sera désormais appelée voie. Elle correspondra généralement à un canal de l'électronique utilisée pour le traitement des données.

## Application du filtrage

Lors de l'acquisition des données, il arrive que certaines valeurs, dues à la présence de parasites soient aberrantes. Il est donc nécessaire de reconnaître ce type de valeurs afin de ne pas les prendre en compte lors de la sanction du contrôle. A cet effet, les installations industrielles de mesure d'épaisseur sont dotées d'algorithmes de filtrages implémentés dans les électroniques qui ont pour but de supprimer ou d'atténuer ces valeurs.

Chaque voie étant équivalente à une série de donnée est traitée indépendamment des autres, ainsi les données sont filtrées suivant les trajectoires de contrôles. Il sera donc judicieux d'adapter les paramètres de filtrage en fonction du type de balayage retenu pour une installation donnée.

Les explications suivantes sont valables pour des électroniques de type Lecoeur ou GEIT.

### Antiparasitage.

Pour chaque voie, les signaux consécutifs sont comparés et des valeurs sont écartées dès qu'une trop grande variation d'épaisseur est mesurée pour un pointé donné. En d'autres termes, l'utilisateur définit une pente d'épaisseur maximale admissible du fait de son process qui lui permettra d'ignorer les valeurs aberrantes éventuellement dues à des parasites.

### Rattrapage de la mesure.

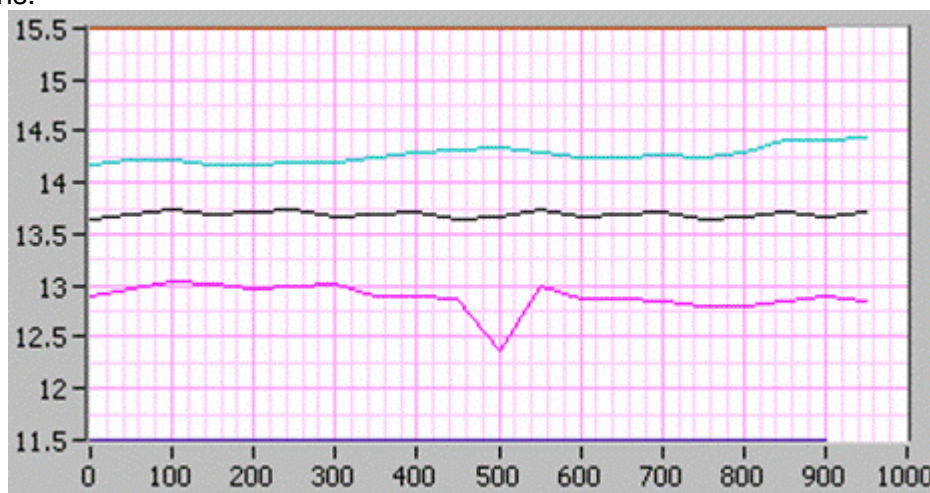
Dans le cas où la valeur jugée aberrante est suivie de valeurs du même ordre, l'irrégularité de la mesure n'est plus due à un parasite mais bien à un défaut local dont les flancs ont une pente supérieure à la limite fixée normalement par le process. La pluralité de ces mesures est alors prise en compte et les valeurs irrégulières sont intégrées dans le contrôle. Un compteur permet de déterminer le nombre minimal de valeurs irrégulières à ignorer avant de reconnaître l'anomalie comme un défaut et d'en tenir compte.

### Lissage.

Afin d'homogénéiser la mesure, des filtres de type moyennes glissantes ou moyennes de saut sont appliqués. Leur largeur de fenêtre est réglable.

### Sectorisation.

Afin de synthétiser la mesure du tube en une seule voie, les informations filtrées sont regroupées à raison de trois valeurs par 100mm d'avance longitudinale : valeurs minimum, moyenne et maximum d'épaisseur. Note : cette valeur de 100mm varie selon les installations.



*Courbes de mesure d'épaisseur d'un tube. En ordonnée l'épaisseur (mm), en abscisse la longueur (mm).*

## PRINCIPE DU SIMULATEUR

### Objectif

Les trois courbes représentées dans le paragraphe précédent ont été obtenus pour des paramètres de filtrage donnés. Ces paramètres sont au nombre de trois à cinq selon les installations et le type de contrôle demandé. Leur définition est généralement empirique si bien que leur effet est mal maîtrisé et peu prédictible.

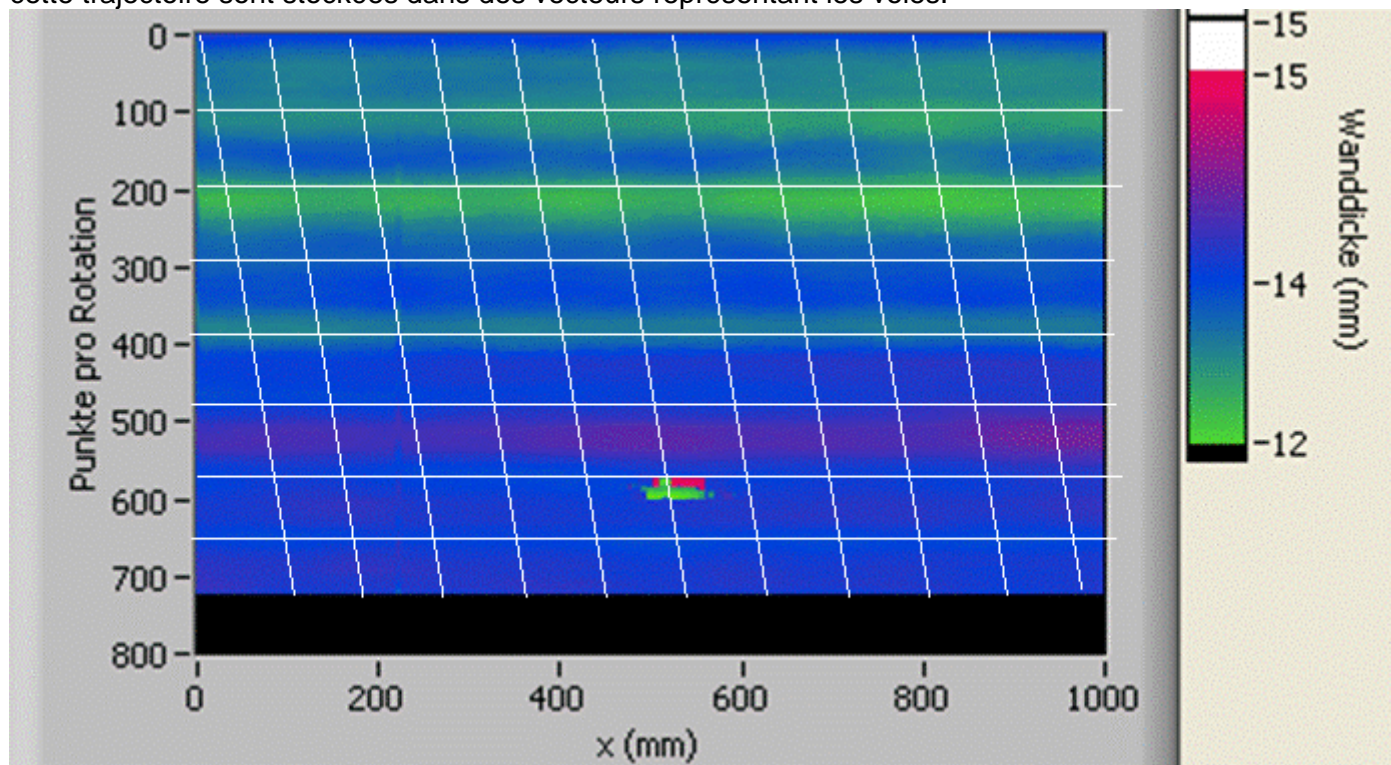
Simuler le balayage d'un tube et les filtrages appliqués sur ses mesures a plusieurs avantages :

- Etre capable de définir des réglages optimaux en minimisant le nombre d'essais à réaliser en usine.
- Permettre au groupe VALLOUREC de maîtriser toute la chaîne d'acquisition de données afin de connaître les possibilités et limites de ses installations.

### Simulation du balayage

Afin d'être validés ultérieurement en usine, des données issus d'un tube de référence ont été acquises. L'épaisseur du tube a été cartographiée avec une haute résolution afin de disposer d'une matrice de point équivalente à un tube virtuel.

Cette matrice est ensuite « balayée » par une trajectoire virtuelle et les points figurant sur cette trajectoire sont stockés dans des vecteurs représentant les voies.

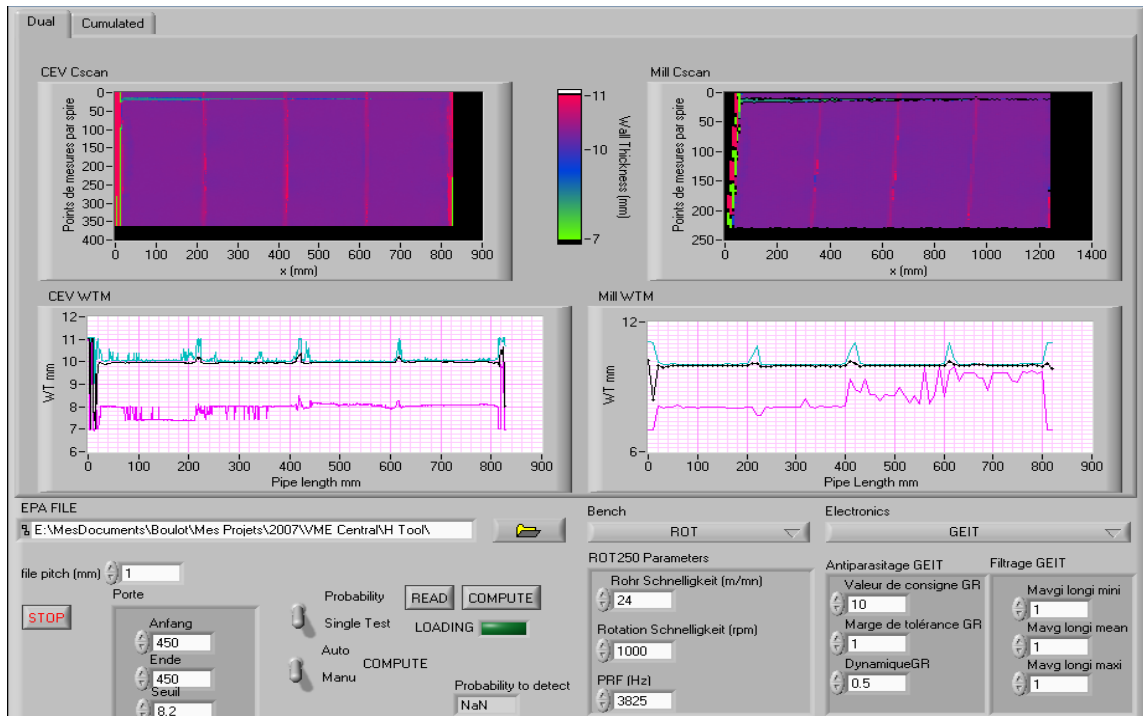


*En blanc la grille de balayage du tube par une installation de contrôle*

### Simulation du filtrage

Les mêmes algorithmes que ceux mis en œuvre par l'électronique sont appliqués sur chacune des voies.

Il est important que l'interface du simulateur comporte les mêmes paramètres d'entrée que l'interface de réglage de l'installation de contrôle.



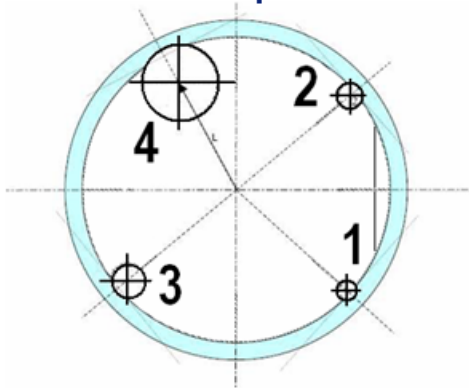
Exemple d'interface pour une installation de type GEIT ROT. A gauche les paramètres de lecture du tube virtuel, à droite les courbes et les réglages pour la mesure simulée.

## VALIDATION

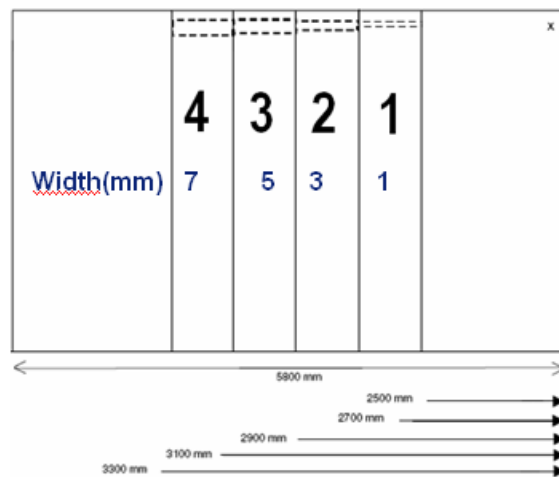
### Description des essais

Les essais ont porté sur un tube de référence avec quatre sous épaisseurs usinées selon le plan suivant.

#### Side View: WR Depth Profiles



#### Top View : WR Usable Depth



Descriptif du tube étalon servant pour la validation

La cartographie du tube au CEV (Centre de Recherche VALLOUREC) a permis de déterminer que la sous épaisseur 1, large de 1mm ne sera visible au maximum qu'une fois et sera donc assimilable à un parasite. Si l'installation est capable de détecter cette sous épaisseur (irréalisable d'un point de vue process), alors le contrôle est sur sensible et tous les parasites interféreront avec la mesure.

L'objectif est donc de trouver les paramètres optimaux permettant de détecter les sous épaisseurs 4,3 et 2 sans détecter la sous épaisseur 1.

L'objectif de la campagne est de mener cette optimisation de façon empirique et de comparer les valeurs avec les prédictions du modèle. La valeur initiale des paramètres est définie par le simulateur.

## Résultats.

D'un point de vue qualitatif, le modèle suit fidèlement l'expérience, la variation d'un paramètre a le même effet positif ou négatif sur la détection d'un défaut.

D'un point de vue quantitatif, des améliorations doivent être apportées.

Pour un réglage donné, le modèle délivre une probabilité de détection de la sous épaisseur. La sanction de l'essais est par contre binaire. On considère que la prédiction du modèle est exploitable lorsqu'une détection par essais est associée à une probabilité de 100% ou qu'une non détection est associée à une probabilité strictement inférieure à 100%.

Sous épaisseur	4	3	2
% prédictions exploitables	70%	45%	50%

En définitive plusieurs configurations de réglages ont été définies pour la ROT afin d'optimiser la détection de chacune de ces sous épaisseurs, qui a été garantie par dix passages consécutifs.

Wall reduction circumferential									
Optimized Section	min val	gleitende Mittelwertbild für Minwert	FG-Toleranzbreite	FG-Dynamik	FG - Störuntersetzung	4	3	2	1
						Trial result			
MH Settings	9	1	1	0,5	4	1	0	0	0
MH Settings with slight improvement	<8,75	1	1	0,5	1	1	1	1	0
4	<8,75	3	0,6	0,3	1 x 10	0	0	0	0
	<9	2	0,5	0,25	1 x 10	0	0	0	0
3	<8,75	1	0,8	0,4	1 x 10	1 x 10	0	0	0
	<9	2	0,8	0,4	1 x 10	1 x 10	0	0	0
2	<8,75	1	0,9	0,45	1 x 10	1 x 10	1 x 10	0	0
1	<8,75	1	1,3	0,65	1 x 10	1 x 10	1 x 10	1 x 10	1 x 10
	<9	2	1,3	0,65	1 x 10	1 x 10	1 x 10	1 x 10	1 x 10

*Configurations optimales pour le contrôle de chaque sous épaisseur.*

## Conclusion

L'outil de simulation permet de mieux comprendre l'influence des paramètres de filtrage sur la qualité de la mesure d'épaisseur et sur la détection de sous épaisseurs locales. Il est utilisé pour former les opérateurs en usine à l'utilisation des paramètres de filtrage sur les bancs industriels.

Des améliorations sont encore nécessaires avant de l'utiliser à des fins quantitatives. Néanmoins, les estimations qu'il a fournies ont permis de démarrer la campagne d'optimisation sur un réglage proche de l'optimum.