

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



[www.cea.fr](http://www.cea.fr)

## OUTILS DE SIMULATION POUR LE CONTRÔLE ULTRASONS ROBOTISÉ

Sébastien BEY, Arnaud VANHOYE, Stéphane LE BERRE, Séverine  
PAILLARD

CEA List



digiteo

list

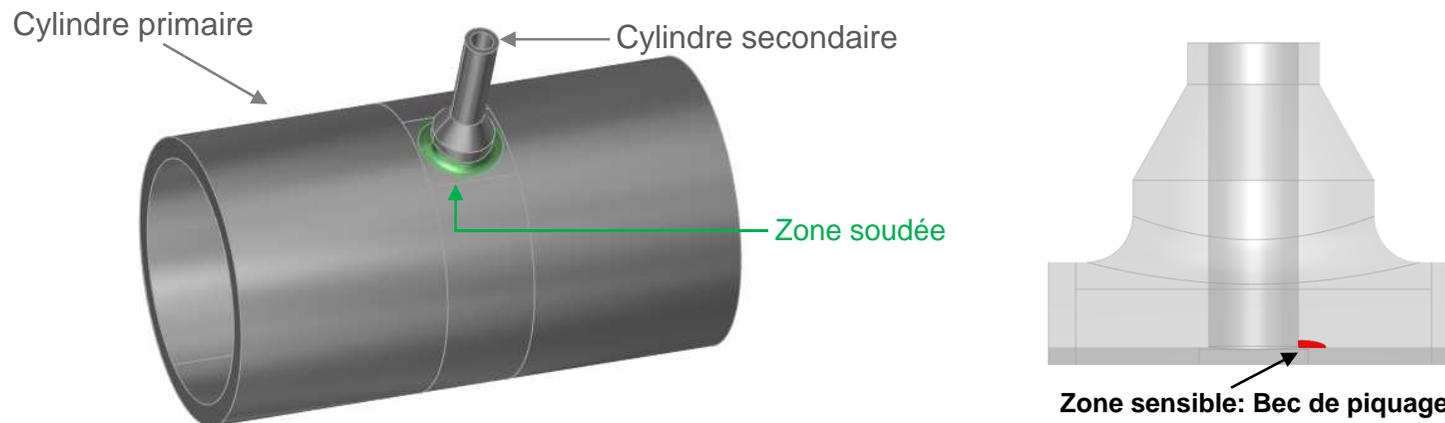
## Développement d'outils d'optimisation de contrôle robotisé

- Besoins de l'inspection robotisée de géométries complexes
  - Couverture de zone : *étude du positionnement du capteur en fonction des contraintes d'accessibilité*
  - Sensibilité : *étude de l'homogénéité de la réponse du défaut*
  - Optimisation des paramètres de contrôle : *édition de trajectoires et des lois de retards adaptées*
  - Outils d'analyse des acquisitions : *reconstruction des signaux dans la géométrie 3D*

→ Outils basés sur la simulation CIVA



- Cas du **piquage** dans le secteur nucléaire



→ Aujourd'hui, CIVA propose des outils **d'optimisation** basés sur la géométrie du piquage

## I. Introduction

- Objectifs et caractéristiques de l'inspection
- Méthode développée

## II. Outils de simulation pour l'optimisation des paramètres de contrôle

- Aide au positionnement : cartes d'accessibilité
- cartes de sensibilité
- Export des paramètres de contrôle

## III. Outils logiciels pour l'analyse

- Description de la chaîne d'acquisition
- Validation expérimentale

## IV. Conclusion

## I. Introduction

- Objectifs et caractéristiques de l'inspection
- Méthode développée

## II. Outils de simulation pour l'optimisation des paramètres de contrôle

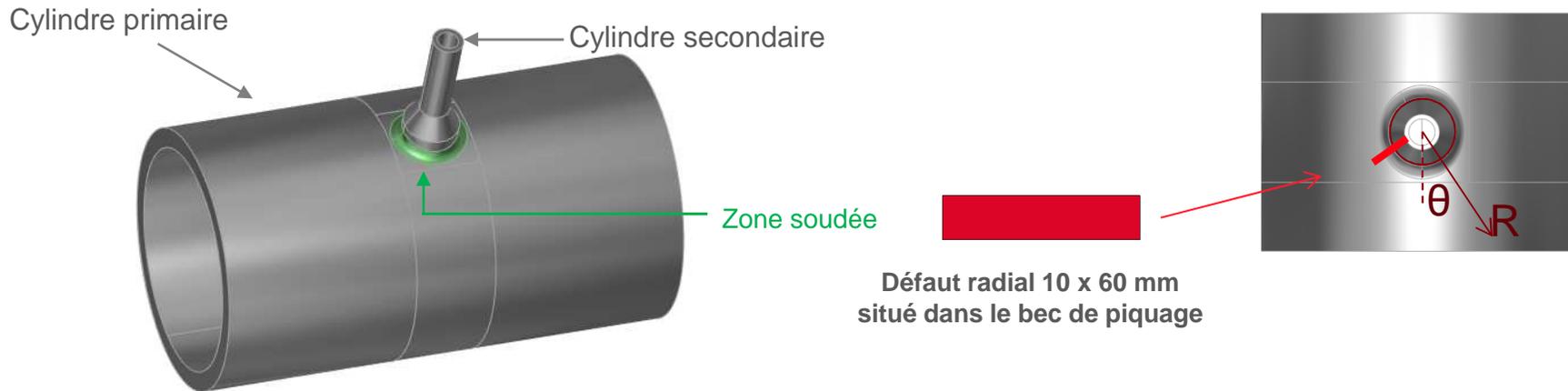
- Aide au positionnement : cartes d'accessibilité
- cartes de sensibilité
- Export des paramètres de contrôle

## III. Outils logiciels pour l'analyse

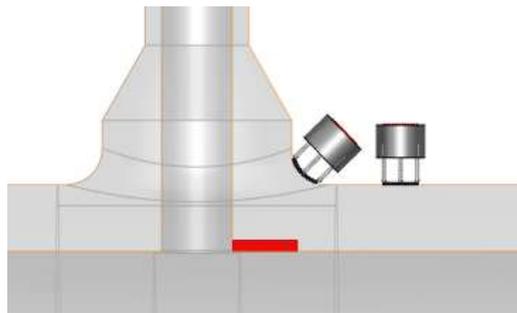
- Description de la chaîne d'acquisition
- Validation expérimentale

## IV. Conclusion

## Objectifs et caractéristiques de l'inspection



→ Inspection facilitée par l'utilisation d'un transducteur avec un caractère flexible



Le capteur peut se conformer à la géométrie locale  
→ avantage par rapport aux capteurs conventionnels



Multiéléments Matriciel Flexible

### Caractéristiques du transducteur flexible

Fréquence centrale	2MHz
Nombre d'éléments	7 x 12
Ouverture	28mm x 34mm
Pitch	4mm x 2,8mm



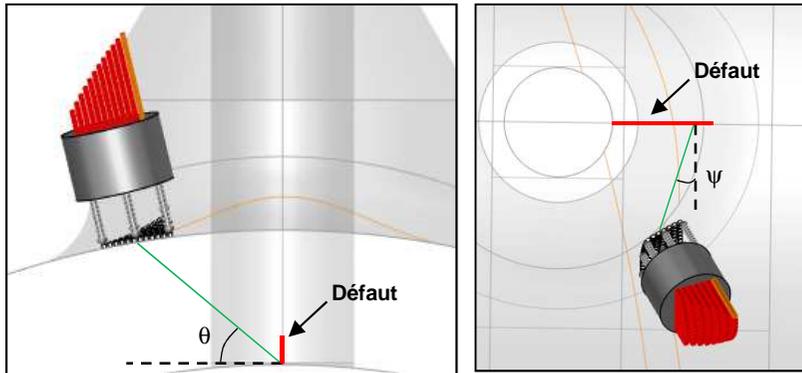
Déformation R=30mm

→ Nécessite des paramètres de contrôle adaptées

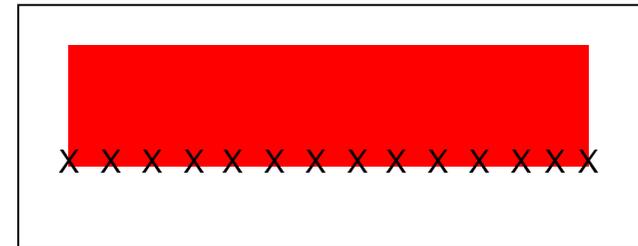
## Méthode d'inspection optimisée par la simulation CIVA



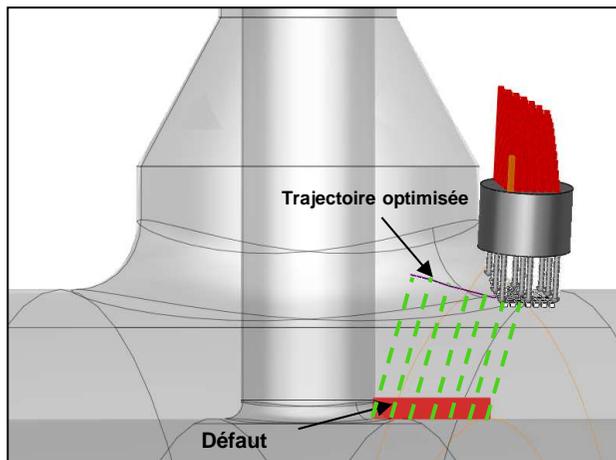
- Choix de l'angle d'attaque



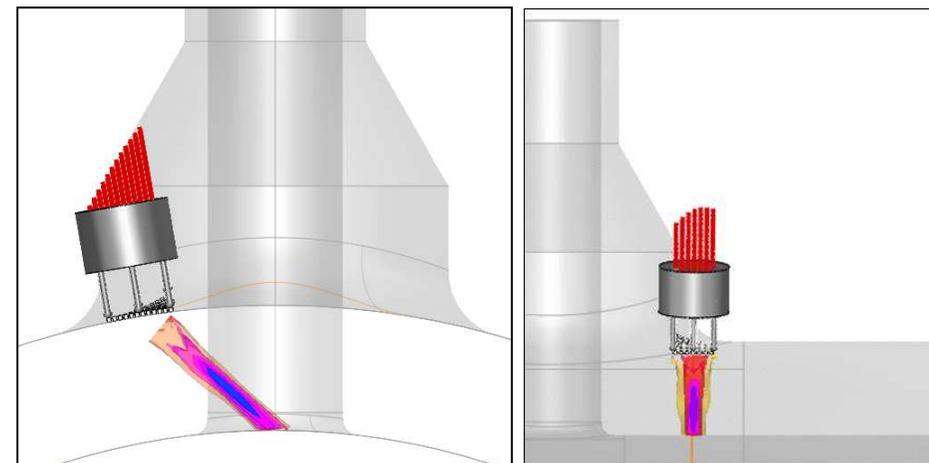
- Discrétisation du bas du défaut



- Détermination des positions sur la surface



- Calcul des lois de retards adaptées

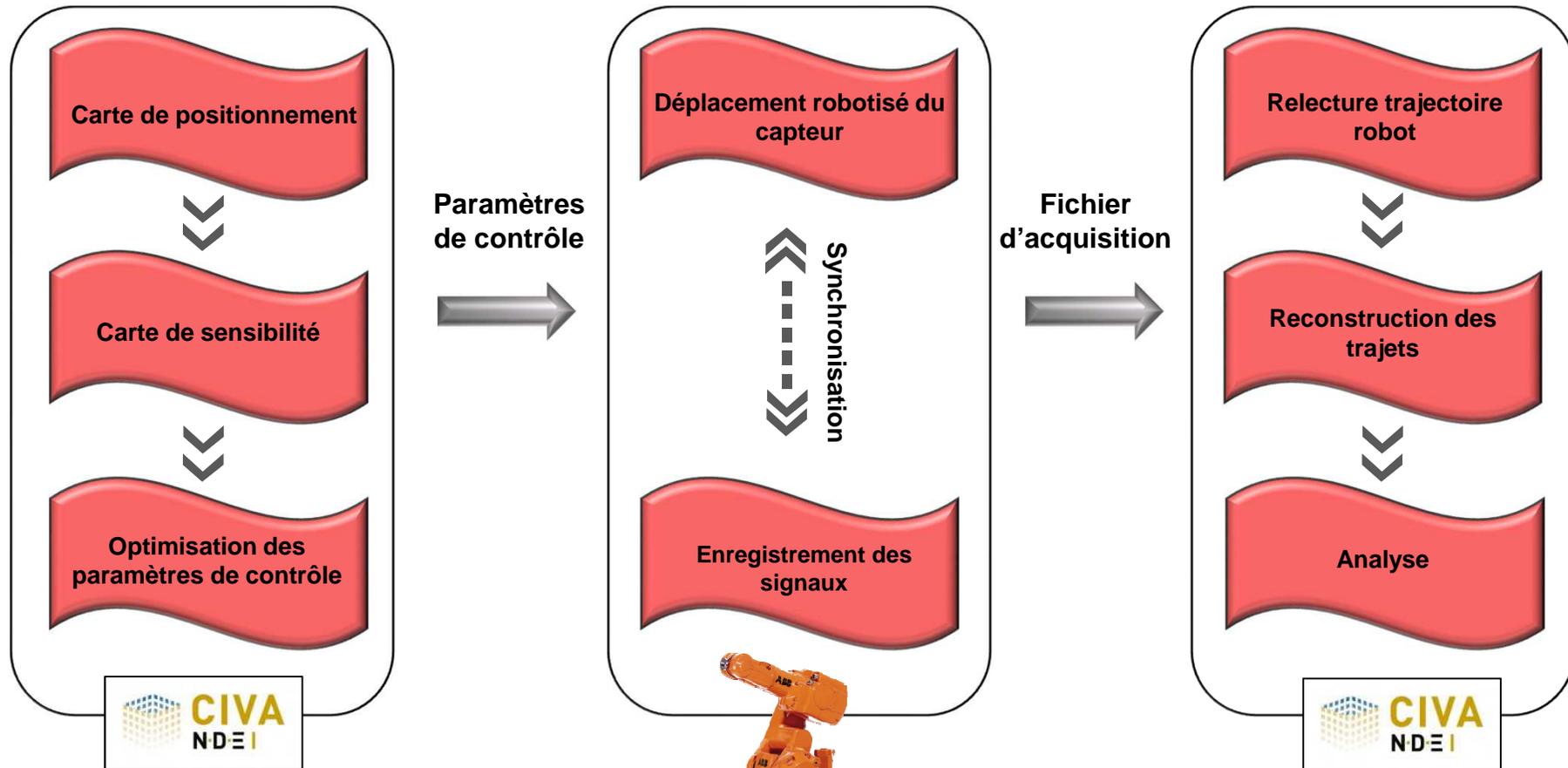


## Principe de la méthode d'inspection Robotisée développée

■ Édition des paramètres de contrôle

■ Acquisition

■ Analyse



## I. Introduction

- Objectifs et caractéristiques de l'inspection
- Méthode développée

## II. Outils de simulation pour l'optimisation des paramètres de contrôle

- Aide au positionnement : cartes d'accessibilité
- cartes de sensibilité
- Export des paramètres de contrôle

## III. Outils logiciels pour l'analyse

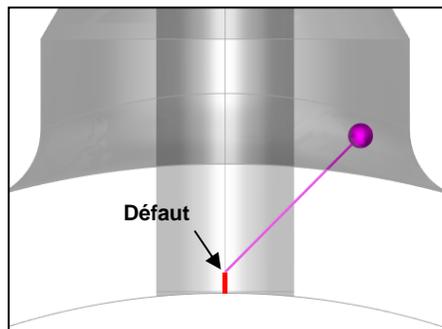
- Description de la chaîne d'acquisition
- Validation expérimentale

## IV. Conclusion

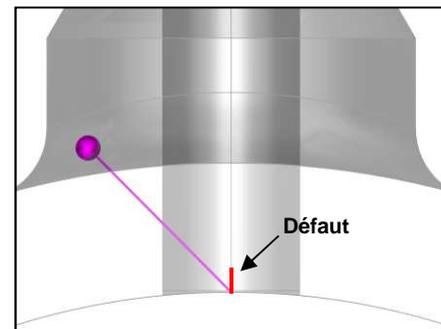
## Outil d'aide au positionnement : paramétrage

- Évaluation des angles d'attaque en fonction des contraintes d'accès

→ Définition de la gamme d'angles d'attaque à étudier

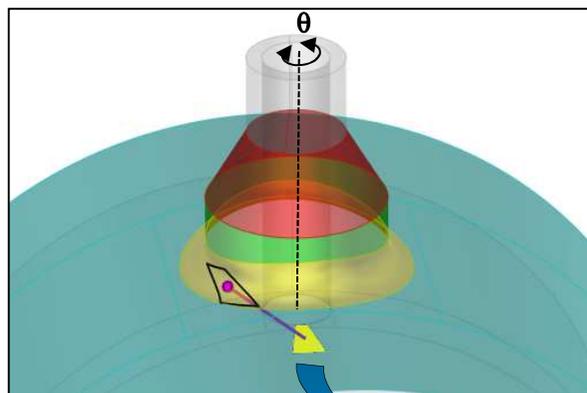


Haut d'entaille Face1



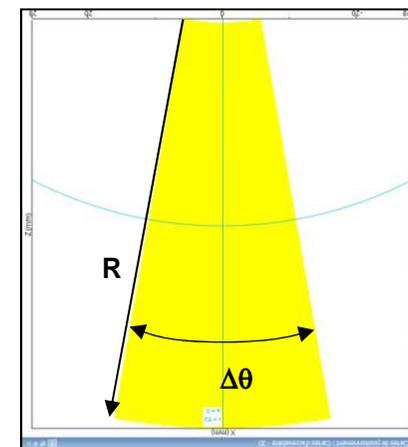
Bas d'entaille Face 2

→ Division du piquage en plusieurs zones et définition de la zone d'intérêt



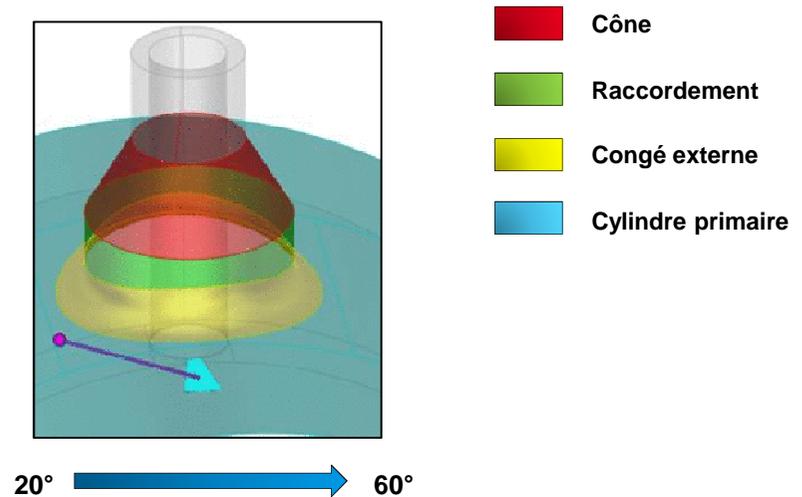
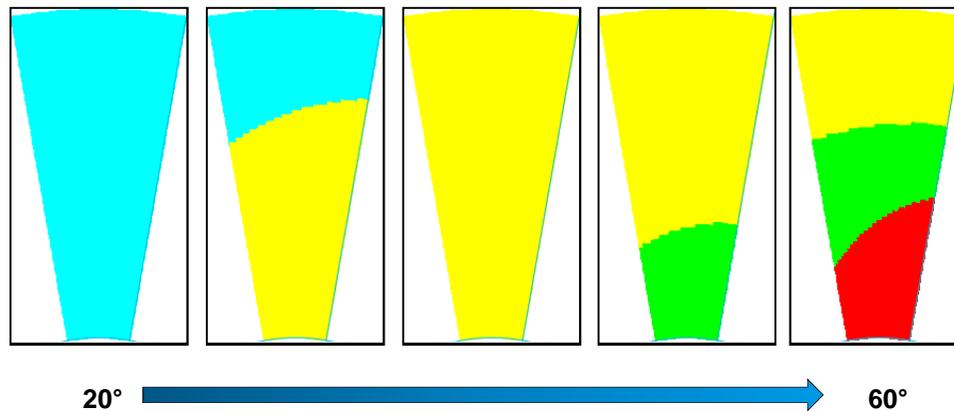
- Cône
- Raccordement
- Congé externe
- Cylindre primaire

Zone d'intérêt étudiée



## Outil d'aide au positionnement : analyse

### ■ Cartes d'accessibilité



Cartographie 2D de la zone d'intérêt en fond de pièce où se trouve le défaut

- L'étude des **cartes d'accessibilité** permet de déterminer la **gamme d'angles d'attaque favorable** en fonction des **contraintes d'accès**.
- L'étape suivante consiste à étudier la **sensibilité** des angles d'attaque retenus

## cartes de sensibilité

### ■ Objectif :

→ Déterminer la sensibilité de la réponse du défaut étudié en fonction de l'angle d'attaque

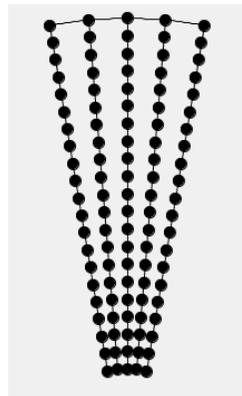
### ■ Calcul l'interaction faisceau/défaut

1. Définition du capteur



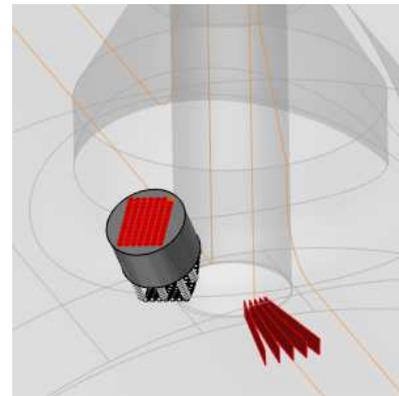
Transducteur matriciel flexible  
(7x12 éléments ; 2MHz)

2. Maillage de la zone d'intérêt



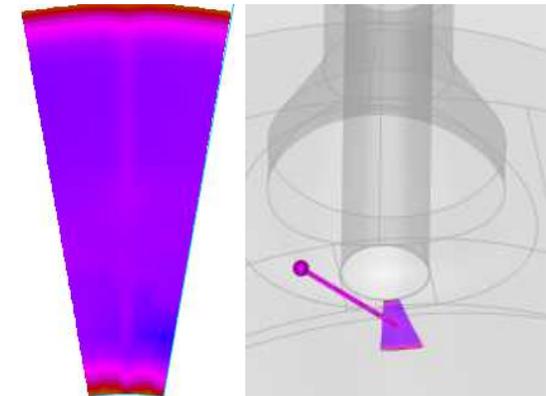
Division régulière de  
la zone d'intérêt

3. Calculs de la réponse du défaut



Calcul de la réponse du défaut en  
chacun des points du maillage

4. Cartes de sensibilité

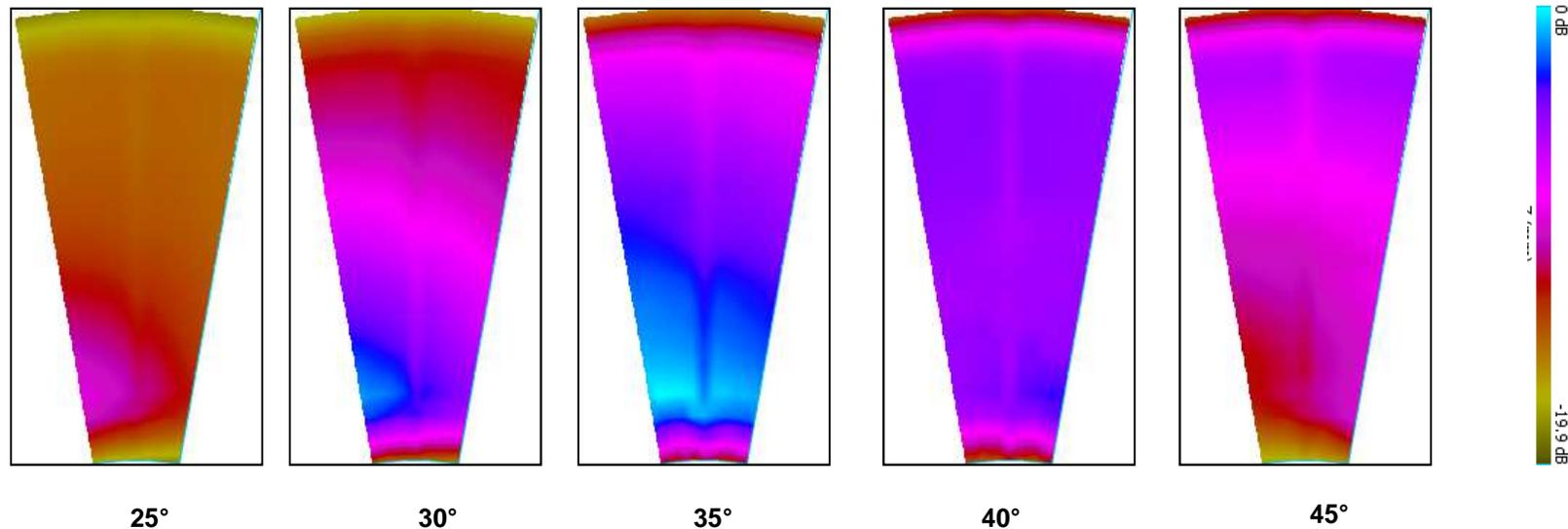


Obtention des cartes de sensibilité  
pour chaque angles d'attaque

→ L'étape suivante consiste à comparer la **sensibilité** des angles d'attaque retenus

## cartes de sensibilité : analyse

- Comparaison des cartes de sensibilité

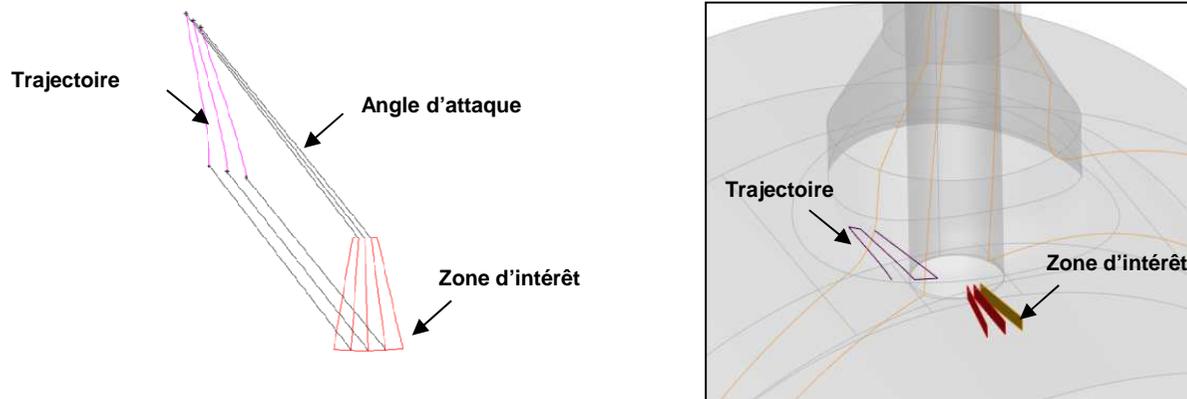


- La comparaison des **cartes de sensibilité** permet de sélectionner un angle d'attaque
  - l'angle de 35° donne le maximum d'amplitude
  - L'angle de 40° offre la meilleure homogénéité
- Cet outil de simulation permet d'obtenir **l'angle d'attaque optimal** qui sera la donnée d'entrée pour l'optimisation et le calcul des **paramètres de contrôle** : trajectoire et lois de retards

## Export des paramètres de contrôle

→ Les paramètres de contrôles sont composés de la **trajectoire** et des **lois de retards associées**

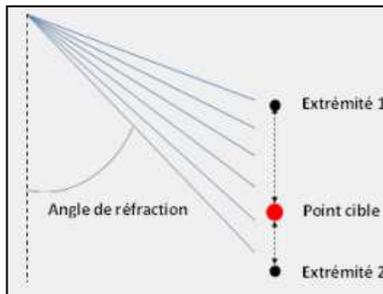
### ■ Export de la trajectoire



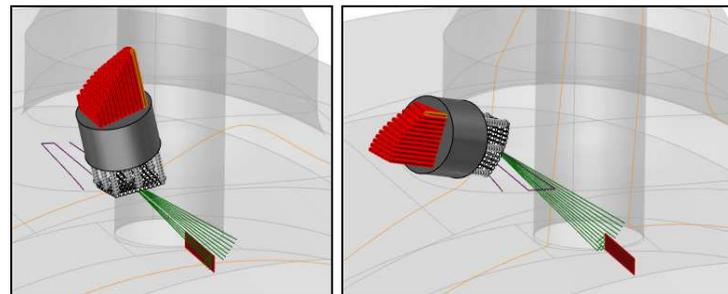
Export vers le robot



### ■ Export des lois de retards



Possibilité de générer un S-scan en chacun des points de la trajectoire



Rassemblement de toutes les lois de retards dans un même jeu de données

Export vers le système d'acquisition



→ CIVA propose un outils **d'optimisation** et de **minimisation** du nombre de lois de retards (non détaillé ici)

## I. Introduction

- Objectifs et caractéristiques de l'inspection
- Méthode développée

## II. Outils de simulation pour l'optimisation des paramètres de contrôle

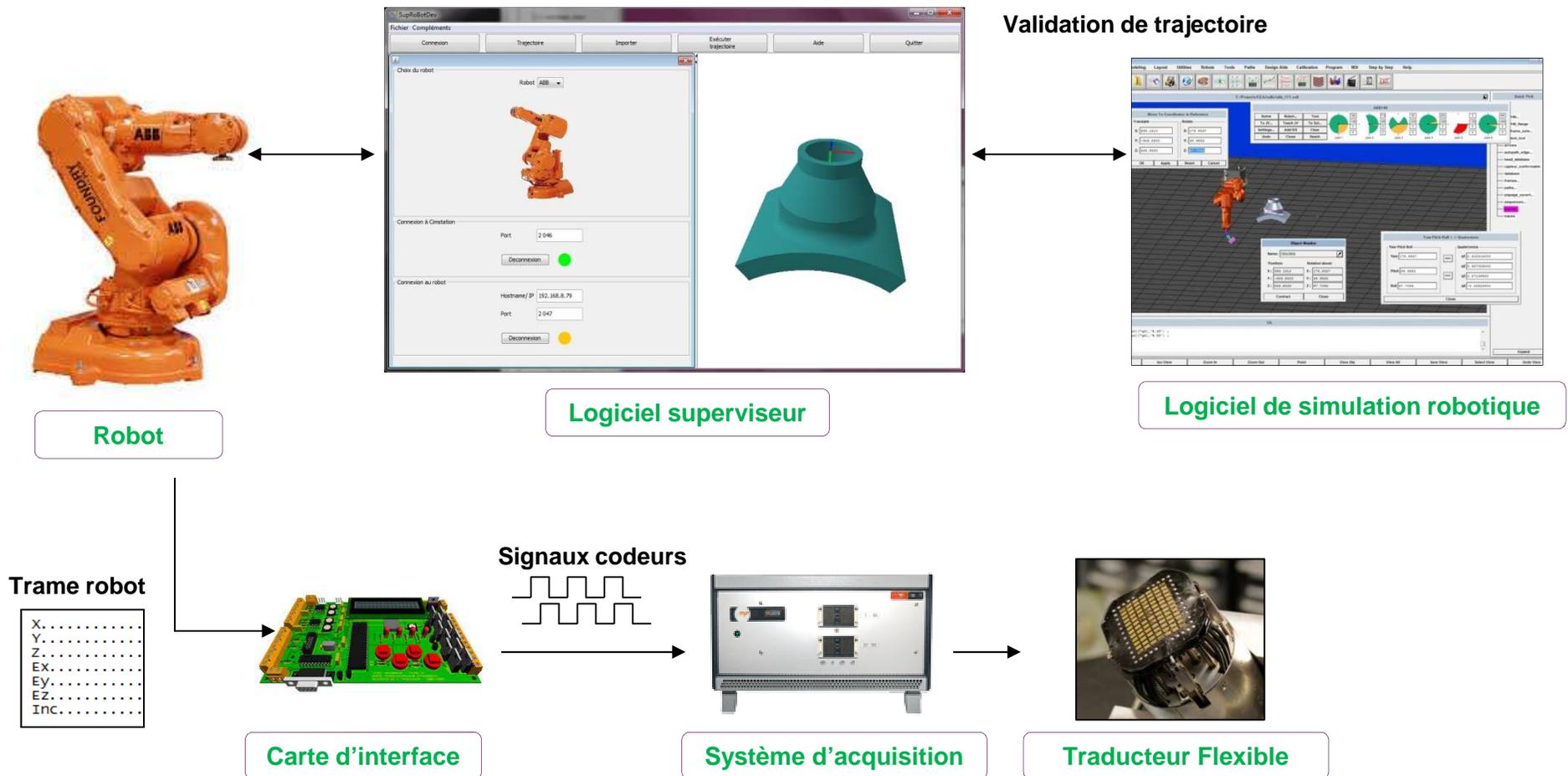
- Aide au positionnement : cartes d'accessibilité
- cartes de sensibilité
- Export des paramètres de contrôle

## III. Outils logiciels pour l'analyse

- Description de la chaîne d'acquisition
- Validation expérimentale

## IV. Conclusion

## Description de la chaine d'acquisition



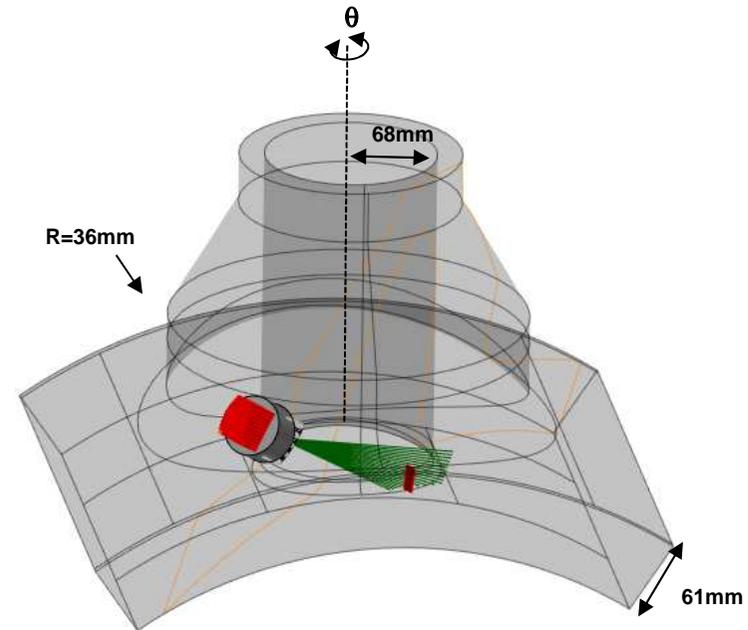
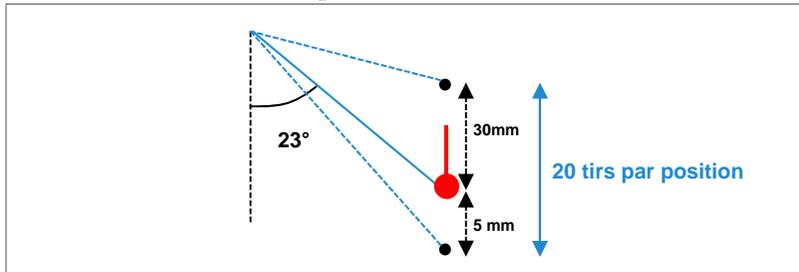
## Validation expérimentale

### Description du cas d'étude

#### Caractéristiques du défaut

Position	$\theta=150^\circ$ ; bec de piquage
Dimension	20mm x 20mm

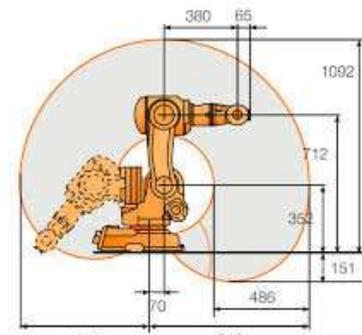
#### Caractéristiques des lois de retards



### Moyen expérimentaux



list



Caractéristiques du robot

Nombre d'axes	6
Répétabilité	$\pm 0.03\text{mm}$
Rayon d'action	810mm
Capacité de charge maximale	6kg

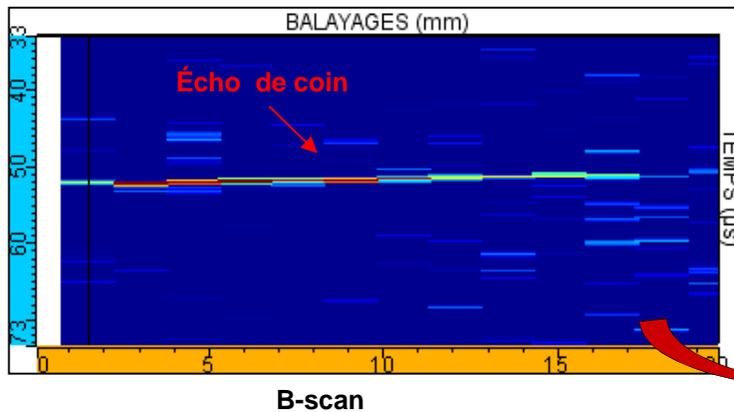
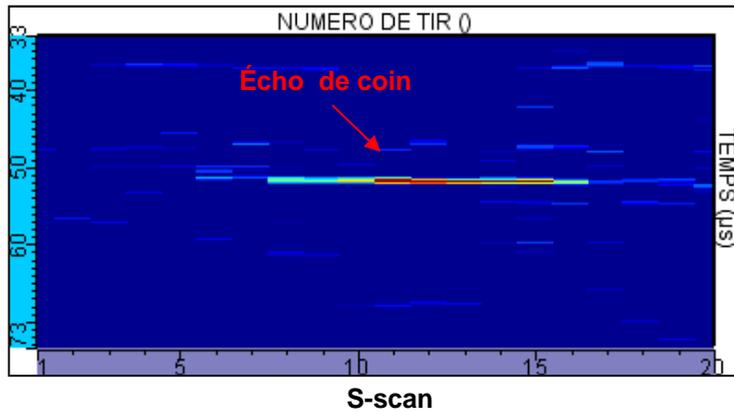


Caractéristiques du système d'acquisition

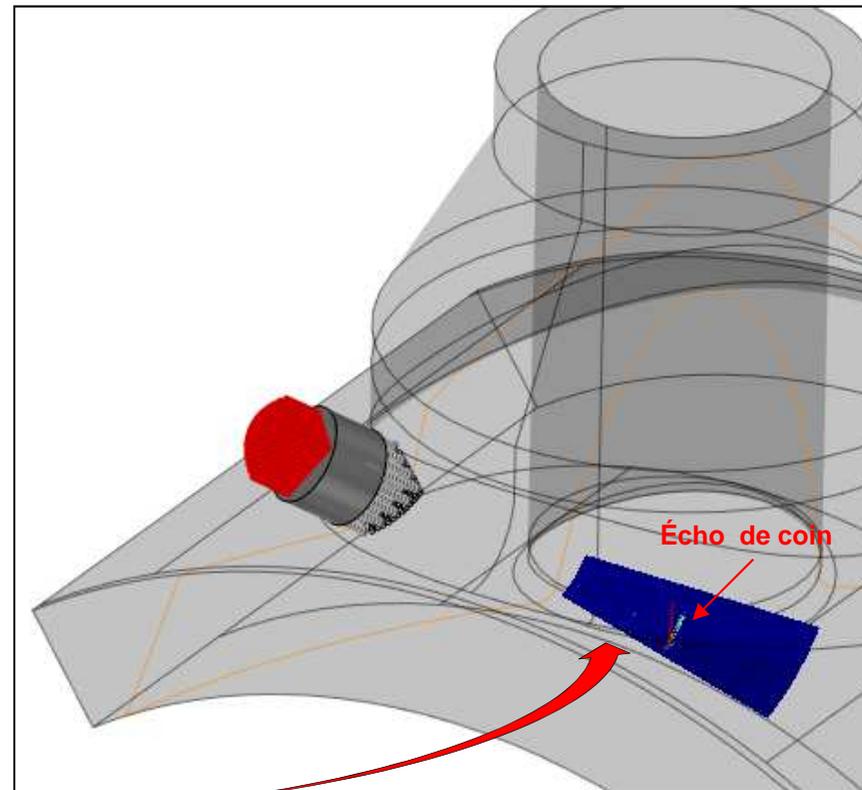
Nombre de voies	128//
-----------------	-------

## Validation expérimentale

### ■ Images brutes



### ■ Images reconstruites



→ La validation expérimentale montre la détection du défaut artificiel → **validation** des outils CIVA

→ Les **outils d'analyse CIVA** permettent la **reconstruction** des signaux dans la **CAO 3D** du piquage

## Conclusion

- L'étude présente les outils basés sur la **simulation CIVA** pour l'optimisation d'inspection de **composant complexe** à l'aide d'un **traducteur flexible**
  
- Premier outil : détermination des angles d'attaque
  - Prise en compte des contraintes d'accès
  - Calcul de cartes d'accessibilité
  - Sélection d'une **gamme d'angles d'attaque**
  
- Second outil : évaluation des angles d'attaque
  - Calcul et comparaison de cartes de sensibilité
  - Sélection de **l'angle d'attaque optimal**
  
- Export des paramètres de contrôle
  - Trajectoires
  - Lois de retards
  
- Validation expérimentale : détection d'un défaut situé dans le bec de piquage
  - Validation de la détection
  - Les **outils d'analyse CIVA** permettent la **reconstruction** des signaux dans la **CAO3D** du piquage

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



[www.cea.fr](http://www.cea.fr)

**MERCI DE VOTRE  
ATTENTION**



INSTITUT  
CARNOT  
CEA LIST

digiteo

**list**