

# Méthode de dimensionnement par ultrasons des défauts de soudage

François BERTHELOT

# Introduction

DETECTION D'UNE INDICATION



PERTINENCE DE L'INDICATION : EXPERIENCE DE L'OPERATEUR



DIMENSIONNEMENT DE L'INDICATION



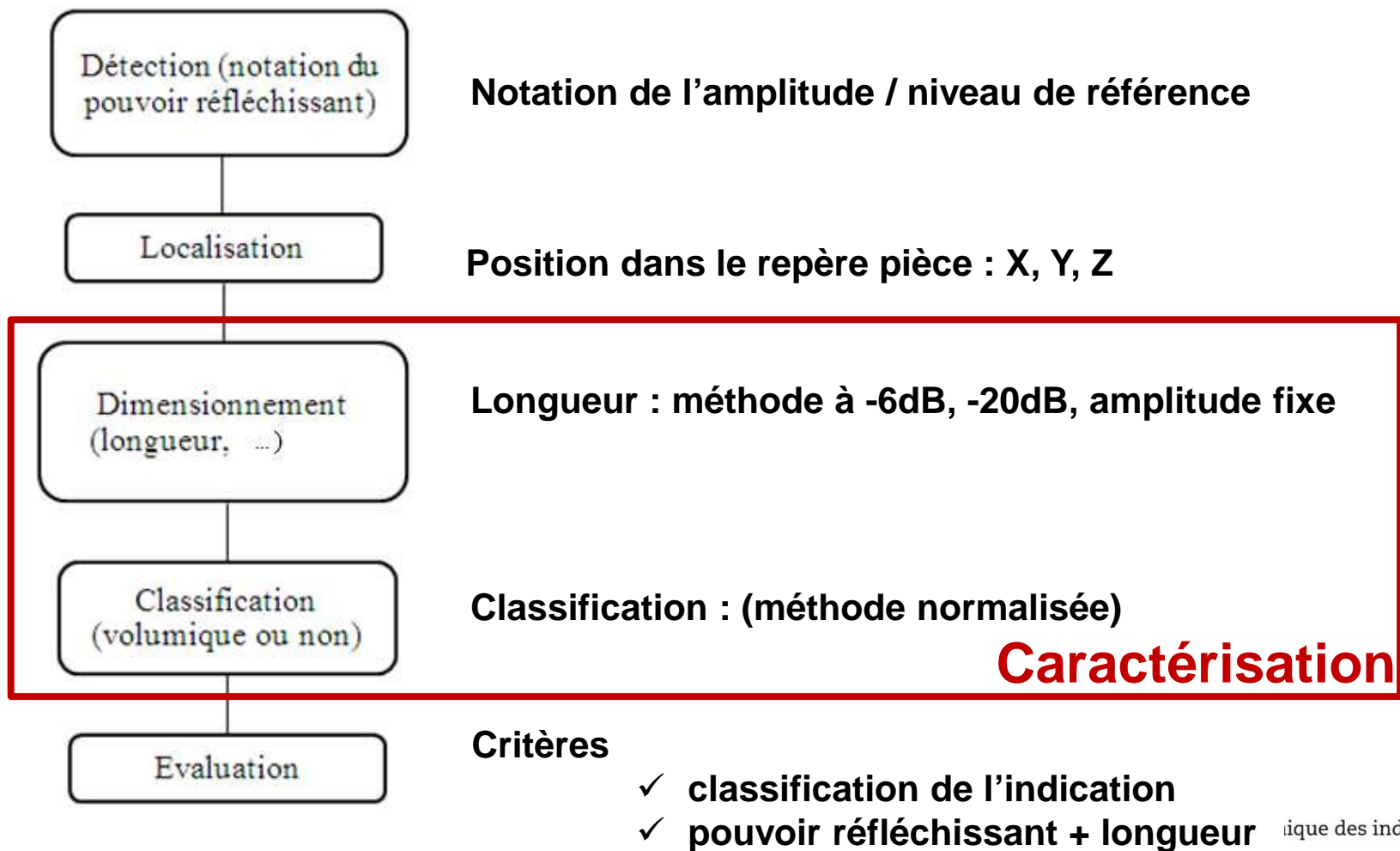
CLASSIFICATION DE L'INDICATION



EVALUATION : CRITERES

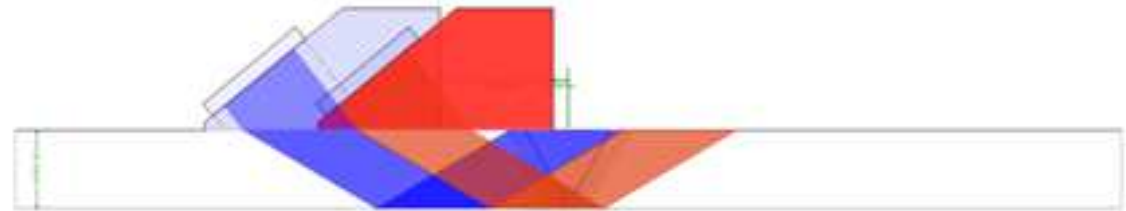
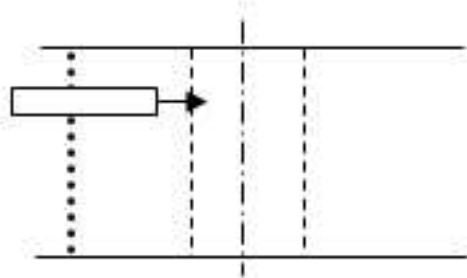
# Introduction

## Méthodologie de contrôle ultrasonore conventionnel

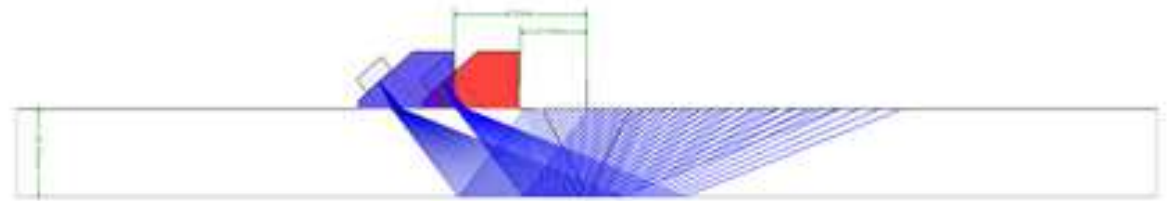
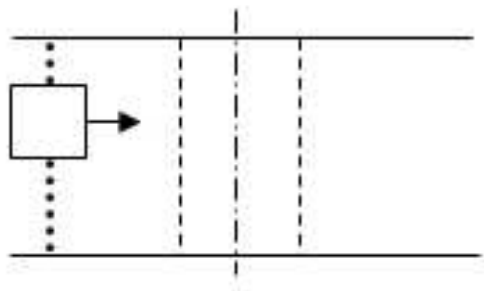


# EN ISO 13588 : Contrôle de soudure par la technologie multiéléments

- Balayage E à position fixe de la sonde par rapport à l'axe de la soudure avec déplacement de la sonde parallèlement à la soudure



- Balayage S à position fixe de la sonde par rapport à l'axe de la soudure avec déplacement de la sonde parallèlement à la soudure



# EN ISO 13588 : Contrôle de soudure par la technologie multiéléments

Mode	Niveaux de contrôle			Exemples de croquis
	A	B	C	
	Blocs de référence (voir Annexe A)			
	Bloc A	Bloc B	Bloc C	
	Configuration de contrôle			
Angles fixes à position fixe du traducteur par rapport à la soudure (balayage linéaire) <sup>a</sup>	Deux côtés	Inadéquat, comme technique seule	Deux côtés	
Angles fixes avec balayage ligne à ligne <sup>a</sup>	Un côté	Un côté	Un côté	
Balayage E à position fixe du traducteur par rapport à la soudure (balayage linéaire) <sup>a</sup>	Un côté	Deux côtés avec deux angles <sup>c</sup>	Deux côtés	
Balayage S à position fixe du traducteur par rapport à la soudure (balayage linéaire) <sup>a</sup>	Un côté	Deux côtés ou deux positions de traducteur	Deux côtés ou deux positions de traducteur	
Balayage S ligne à ligne	Non recommandé		Un côté	
TOFD généré en multi-élément <sup>a</sup>	Non recommandé, contrôle du TOFD conformément à l'ISO 10863		Une configuration	
Balayage en oblique <sup>b</sup>	Si requis par une spécification			

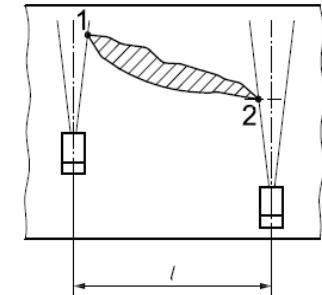
## ● Niveaux d'examen :

- 7 types de balayages
- 3 niveaux d'examen (A, B et C) : niveaux de qualité croissants
- 1 niveau supplémentaire (niveau D) : applications spéciales
- tableau spécifiant les conditions minimales requises

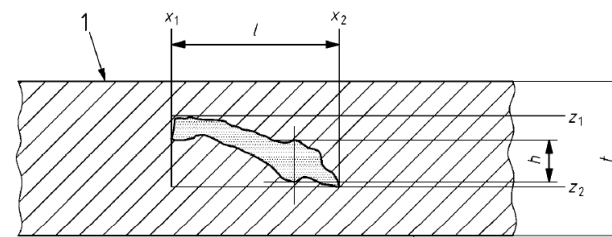
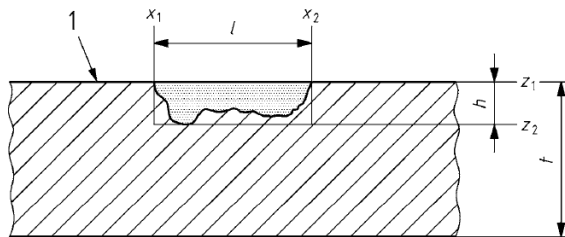
*Extrait de la norme EN ISO 13588 :  
Tableau 2 sur les niveaux d'examen*

# Méthodes d'évaluation proposées

- Méthode d'évaluation 1 (basée sur la longueur et le pouvoir réfléchissant) :
  - Méthode identique à celle utilisée par les ultrasons conventionnels
  - Dimensionnement nécessaire en longueur

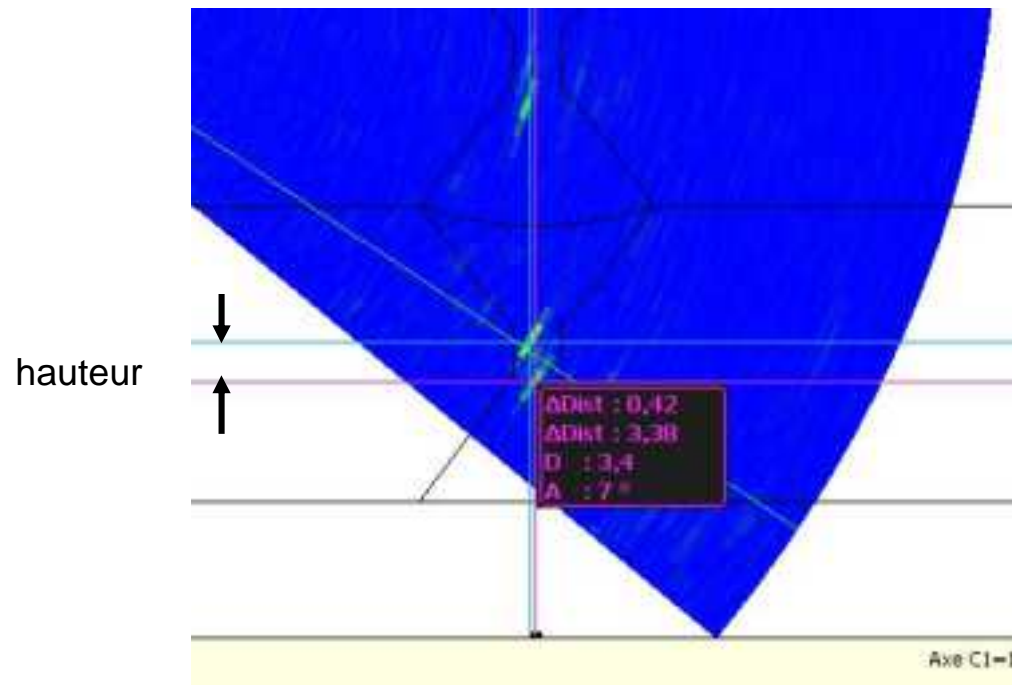


- Méthode d'évaluation 2 (basée sur la longueur et la hauteur) :
  - Méthode identique à celle utilisée par les ultrasons TOFD
  - Dimensionnement nécessaire en longueur **et en hauteur**
  - Pose la question de la méthode de détermination de la hauteur d'une indication en particulier dans le cas du balayage angulaire



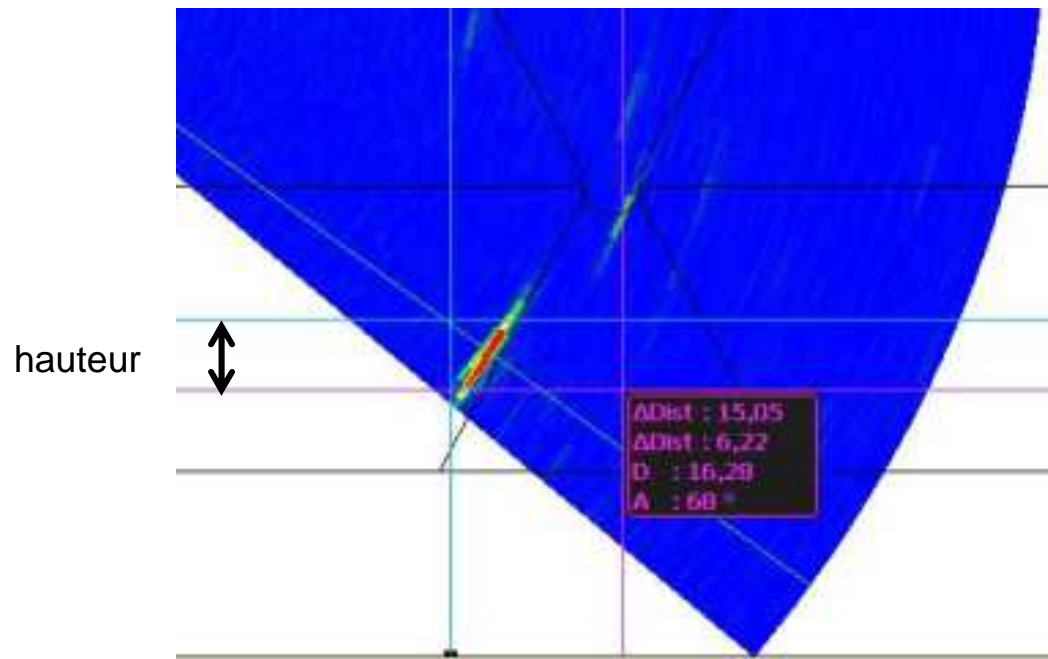
# Solutions proposées pour la mesure de la hauteur

- Méthode 1 : utilisation d'une ou deux indications provenant de la diffraction
  - Méthodologie identique au TOFD
  - Recherche d'échos de diffraction et mesure entre les 2 échos



# Solutions proposées pour la mesure de la hauteur

- Méthode 2 : utilisation de la méthode à -6 dB dans la direction « z »
  - Nécessite que le faisceau ait une dimension plus faible que le défaut
  - Réalisable compte tenu des critères les plus sévères? : **Hauteur non acceptable > 3 mm**
  - Implique la connaissance du faisceau

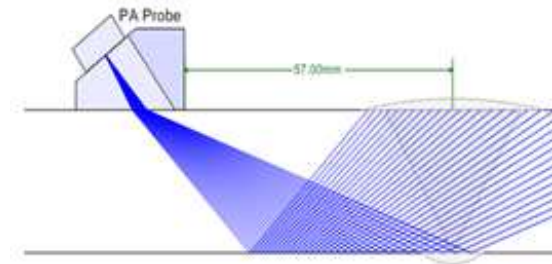




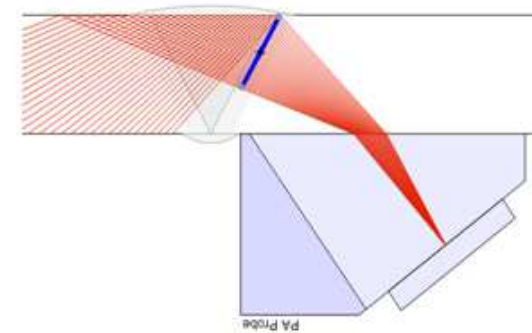
# Campagne de simulations

## ■ Caractérisation des champs ultrasonores

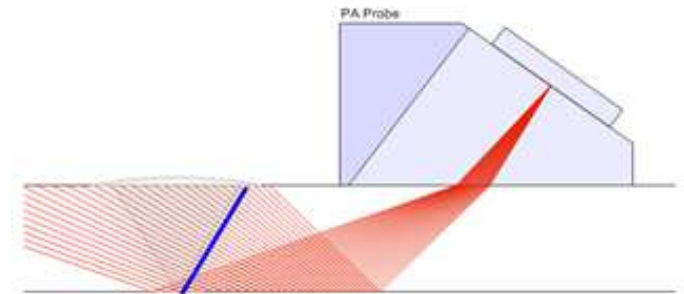
➔ 5L16 sans focalisation (séquence de 16 éléments)



➔ 5L32 avec focalisation au demi-bond (séquence de 32 éléments)



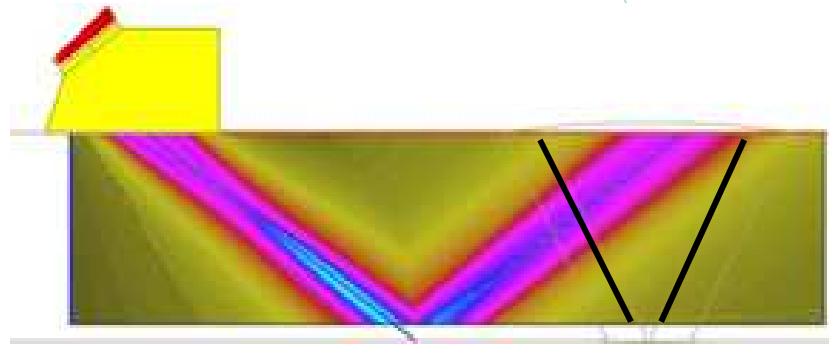
➔ 5L32 avec focalisation au bond (séquence de 32 éléments)



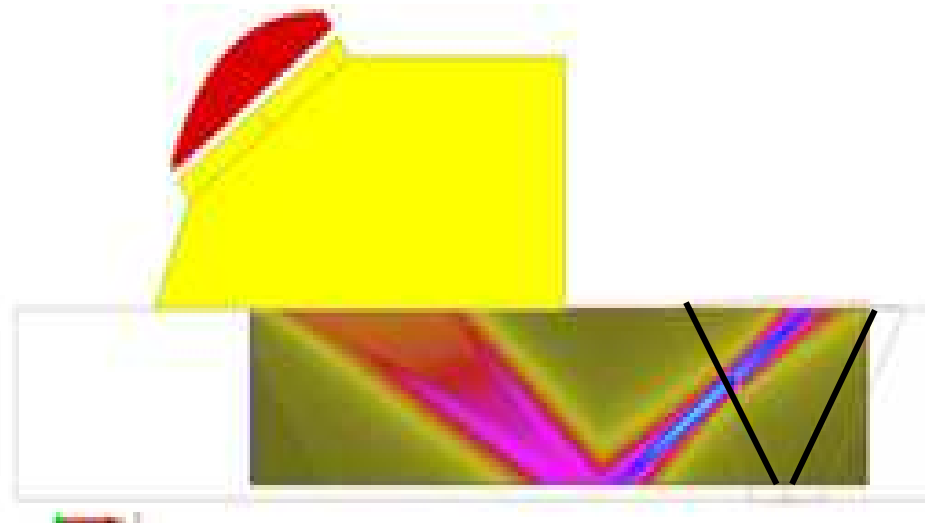
## ■ Influence de la focalisation

Comparaison entre le faisceau à  $55^\circ$

- ➔ D'une sonde 5L16 sans focalisation (séquence de 16 éléments)
- ➔ D'une sonde 5L32 (séquence de 32 éléments)



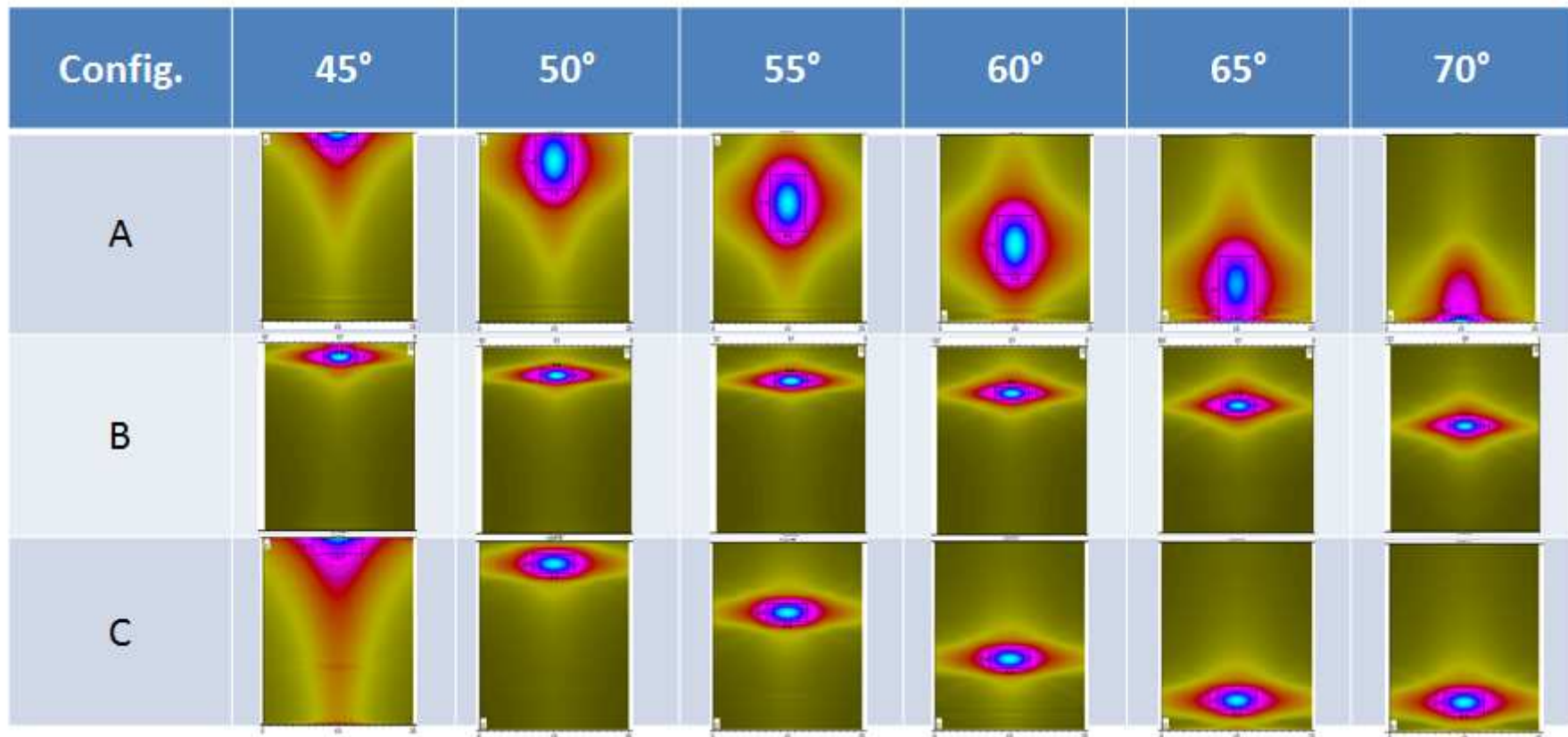
5L16 sans focalisation



5L32 avec focalisation

# Campagne de simulations

- Caractérisation des taches focale (dans le plan transverse)



# Campagne de simulations

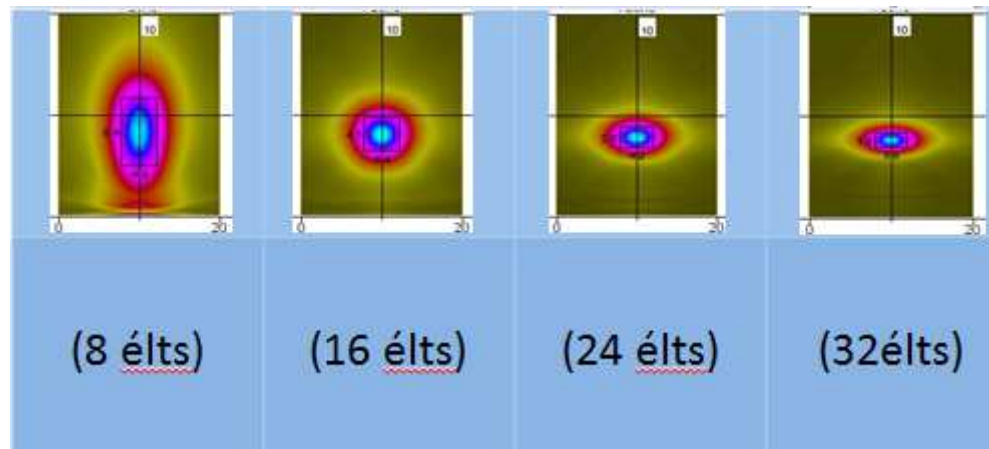
- Caractérisation de la hauteur des taches focales suivant l'axe z

Config.	45°	50°	55°	60°	65°	70°
A	2,1	7,6	7,9	8,5	27,6	14,1
B	2	1,7	1,8	1,9	2	2
C	2	2,7	2,6	2,6	2,8	2,9

Hauteur des taches focales suivant l'axe z (mm)

# Campagne de simulations

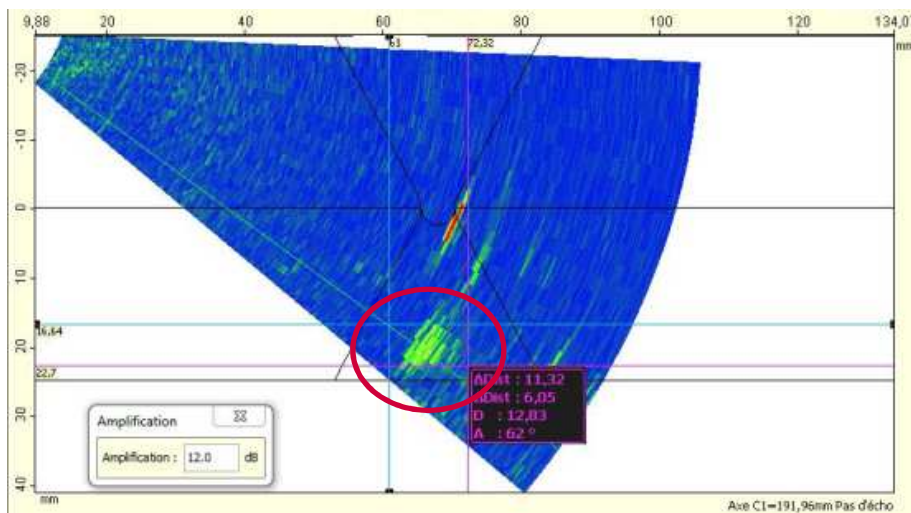
- Effet du nombre d'élément dans la séquence sur la dimension de la tache focale



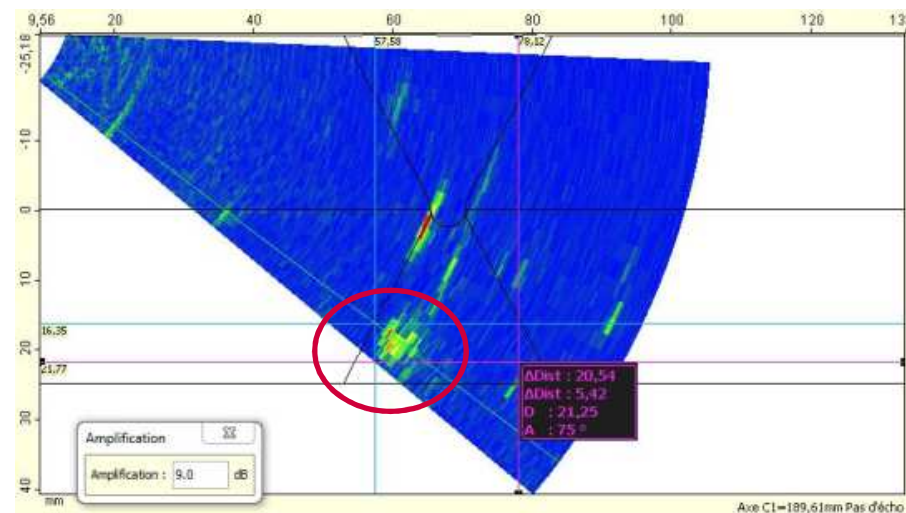
8,4 mm	4,1 mm	2,6 mm	1,8 mm
(8 élts)	(16 élts)	(24 élts)	(32 élts)

# Campagne d'essais

- Mesure de la hauteur des indications
- Comparaison avec la mesure obtenue en TOFD
- Exemple 1 : nid de porosités



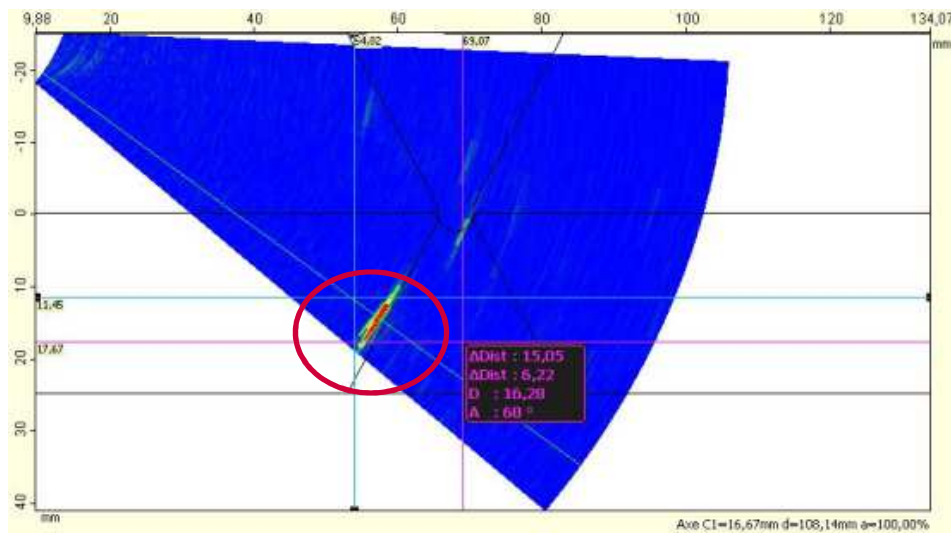
Côté A



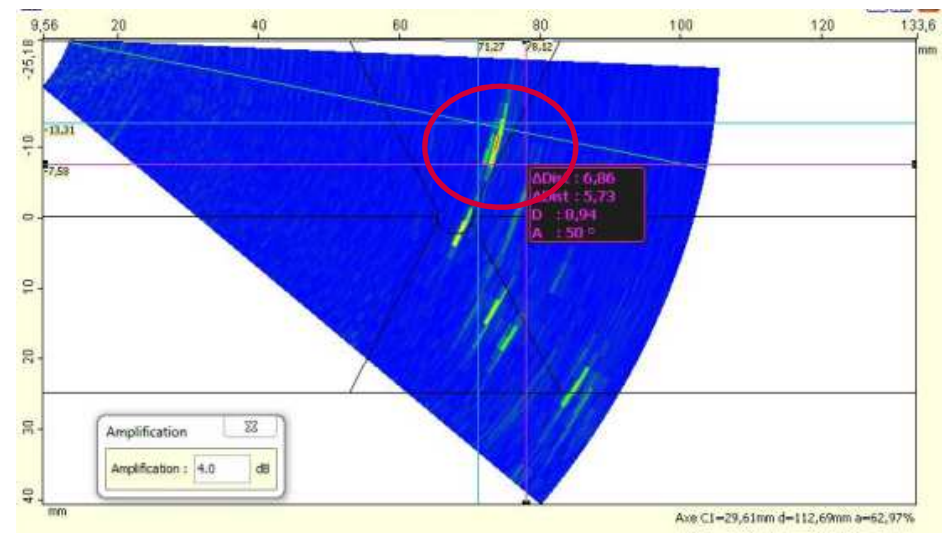
Côté B

# Campagne d'essais

## ■ Exemple 2 : manque de fusion



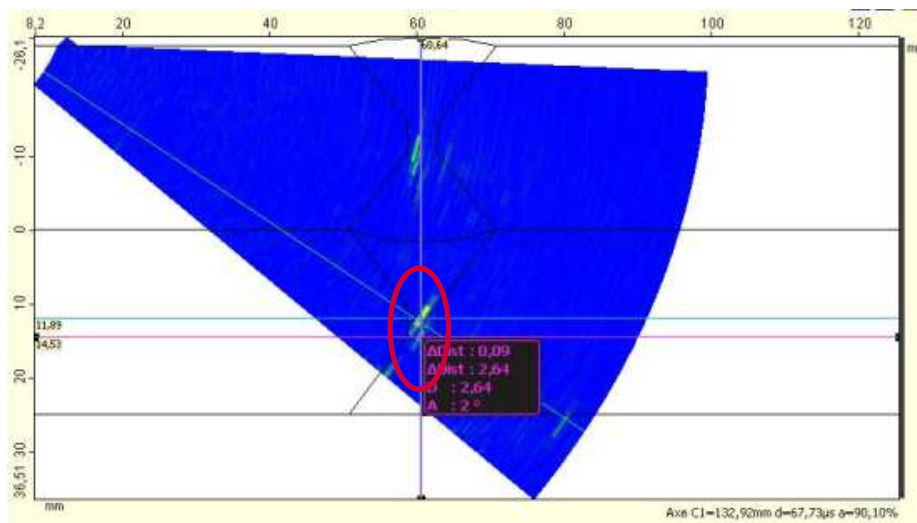
Côté A



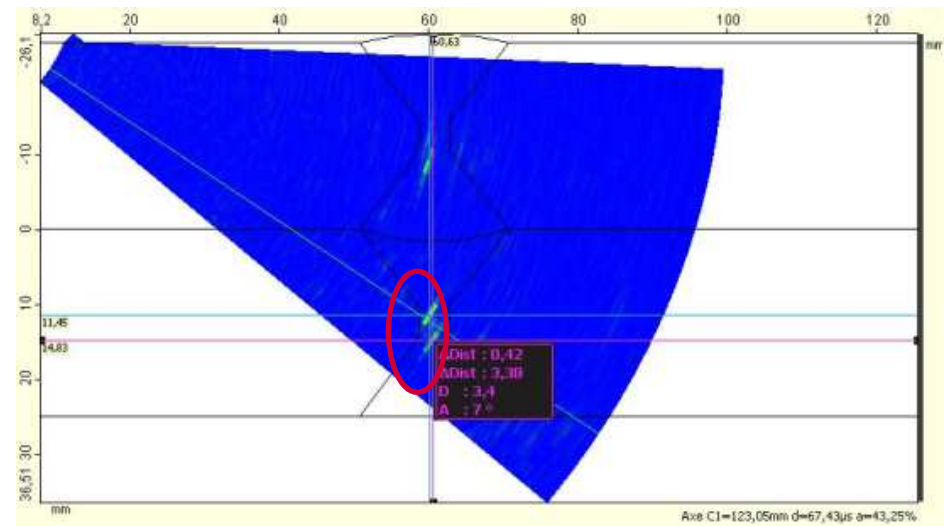
Côté B

# Campagne d'essais

## ■ Exemple 3 : manque d'interpénétration



Côté A



Côté B



# Campagne d'essais

- Capacité de la méthode à mesurer des hauteurs < 3 mm
- Valeurs mesurées très proches des valeurs mesurées en TOFD (Écart max ~ 1 mm)

defect	H UTPA side A	H UTPA side B	H TOFD
1	4,7 mm	5,1 mm	4,8 mm
2	3,4 mm	4,2 mm	3,9 mm
3	5,3 mm	6 mm	5,3 mm
1	6,2 mm	5,7 mm	6 mm
2	6 mm	5,4 mm	5,5 mm
1	4,5 mm	4,3 mm	4,1 mm
2	2,6 mm	3,3 mm	2,9 mm
3	4,3 mm	3,9 mm	4,1 mm
1	4,7 mm	4,2 mm	4,8 mm
2	7 mm	5,4 mm	5,8 mm
3	4,3 mm	3,6 mm	4 mm
1	5,7 mm	5,4 mm	6 mm
2	4,1 mm	4,1 mm	5 mm

# Conclusion

---

- Méthode capable de dimensionner une indication interne  $< 3$  mm (critère le plus sévère) jusqu'à des épaisseurs de 30 mm
- Nécessité d'utiliser la focalisation sur une séquence d'élément la plus grande possible
- Avantage : réaliser la détection et le dimensionnement sur les mêmes données
- Nécessité de maîtriser la dimension du champs ultrasonore
  - ➔ Recours aux outils de simulation (CIVA « bas coût »)
  - ➔ Adapter la sonde et les lois de retard utilisée à l'épaisseur

Merci de votre attention