

# Journée Technique Radiographie Industrielle

## Exemple d'utilisation justifiée dans le Génie Civil

**P. Roënelle**

**CETE – Département Laboratoire  
de Lyon**

**2/07/2013**



Crédit photo : Arnaud Bouissou/MEDDE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

# Sommaire

- Domaine d'application en génie civil
- Matériau et épaisseur radiographiée
- But des investigations
- Emetteurs – projecteurs – activités
- Mise en œuvre
- Résultats obtenus
- Les contraintes
- Les solutions alternatives
- Technique « Impact Echo »
- Conclusion

# La gammagraphie dans le génie civil

## Domaine d'application 1/2

- Toutes structures de génie civil : ponts, bâtiments, châteaux d'eau, réservoirs, quais .....



# La gammagraphie dans le génie civil

## Domaine d'application 2/2



# La gammagraphie dans le génie civil

## Matériau et épaisseur radiographiée

- Béton – béton armé – béton précontraint – pierre – métal ....
- Quelques millimètres (métaux) à plusieurs dizaines de centimètres



# La gammagraphie dans le génie civil

## But des investigations

De manière générique : accéder à certaines caractéristiques de l'intérieur de la structure, non visibles depuis l'extérieur.

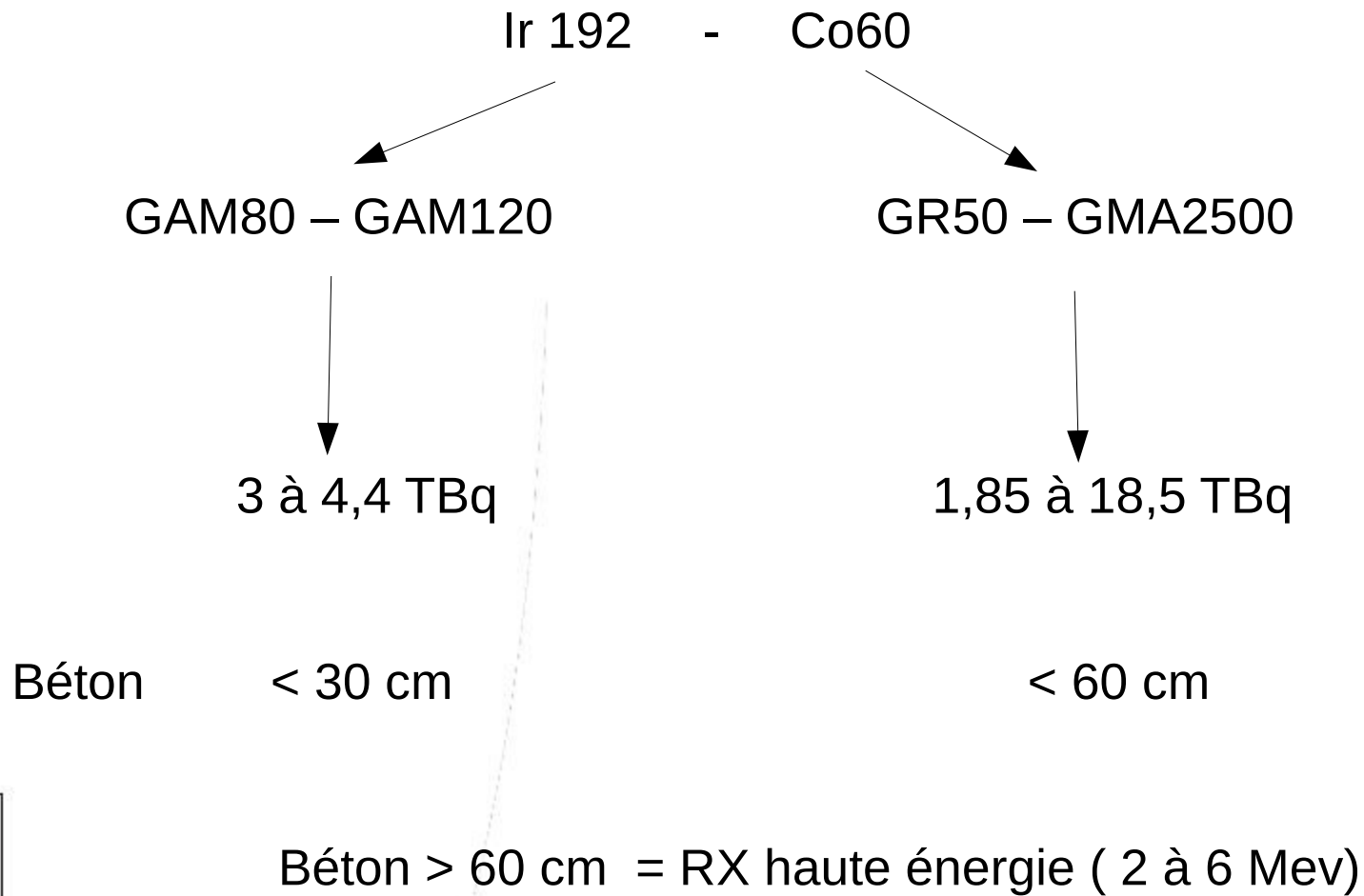
- Défauts internes de cordons de soudure (sujet non traité par la suite)
- Positionnement d'objets dans une structure
  - Câbles, armatures de béton armé, coupleurs, inserts ....
- Recherche des anomalies dans les systèmes de précontrainte
  - Nature et état des conduits
  - Nature et aspect des câbles tendus
  - Présence et niveau du coulis dans le conduit (par rapport au câble)
  - Position relative des pièces de coupleurs
- Recherche des défauts internes du matériau
  - Fissures, ségrégations, trous ...



# La gammagraphie dans le génie civil

## Emetteurs – projecteurs - activité

- 2 radionucléides :



# La gammagraphie dans le génie civil

## La mise en œuvre 1/3

### Les projecteurs

GAM = 20 kg



le GR = 200 kg



le GMA = 350 kg



### Les collimateurs

pour Ir 192 = 1 kg



pour Co 60 = 27 kg





# La gammagraphie dans le génie civil

## La mise en œuvre 2/3

Les moyens d'accès

Nacelles élévatrices



Passerelles négatives



# La gammagraphie dans le génie civil

## La mise en œuvre 3/3

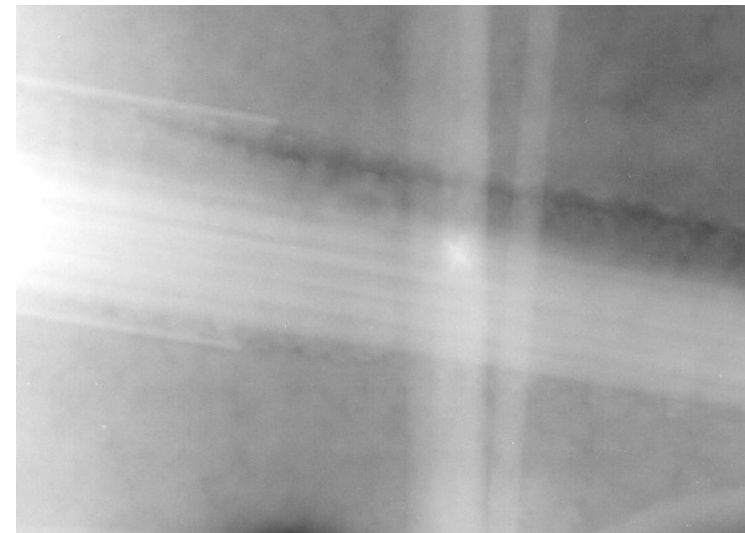
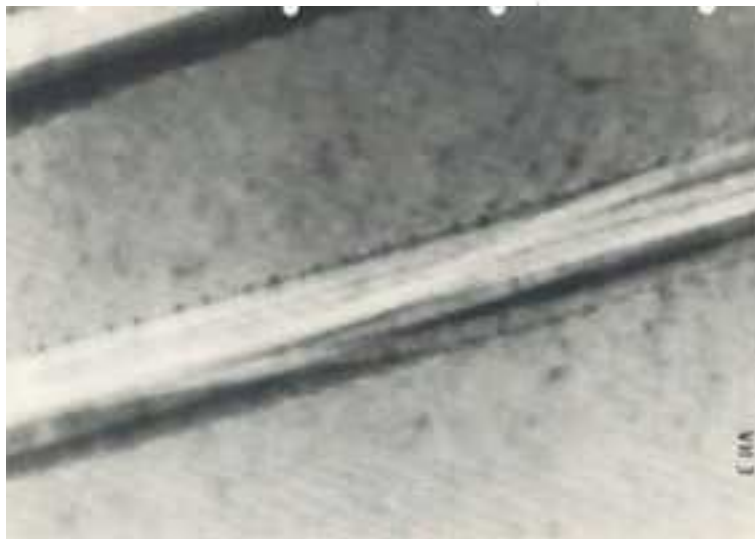
Le système d'exploitation

Du traitement chimique des films argentiques au numérique !



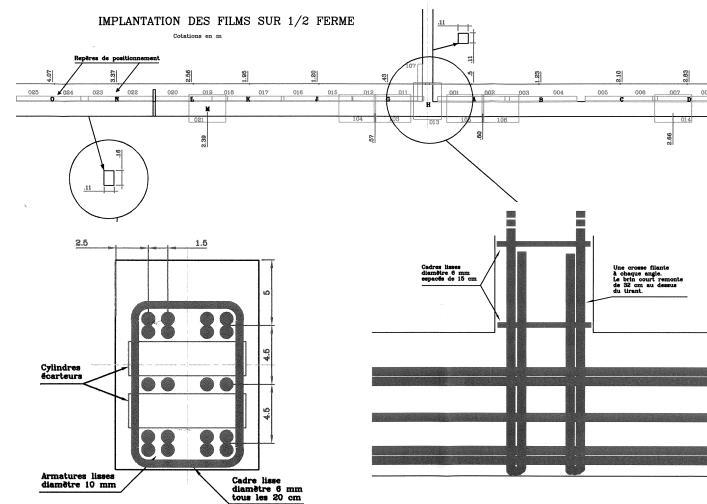
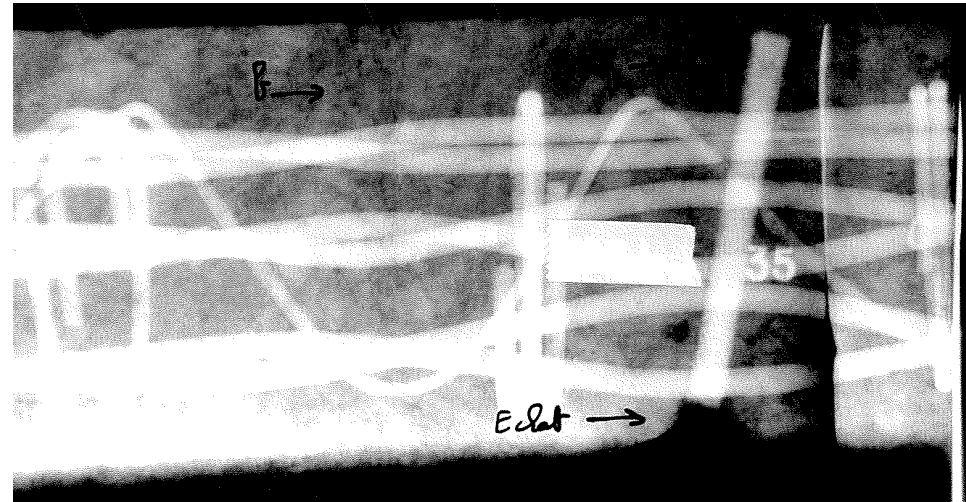
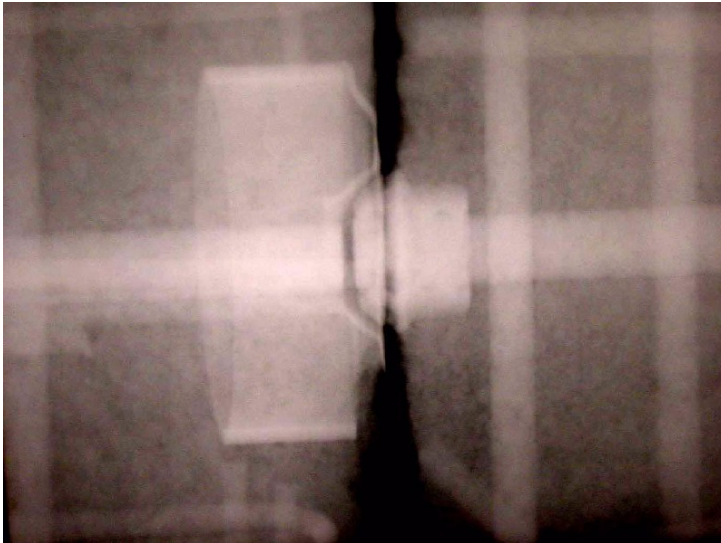
# La gammagraphie dans le génie civil

## Les résultats obtenus 1/2



# La gammagraphie dans le génie civil

## Les résultats obtenus 2/2



# La gammagraphie dans le génie civil

## Les solutions alternatives 1/2

Gammagraphie = contraintes multiples

- Réglementaires (administratives et formation)
- Environnementales (radioprotection)
- De transport
- Financières ...

d'où la nécessité de rechercher des solutions techniques alternatives pour l'utilisateur

# La gammagraphie dans le génie civil

## Les solutions alternatives 2/2

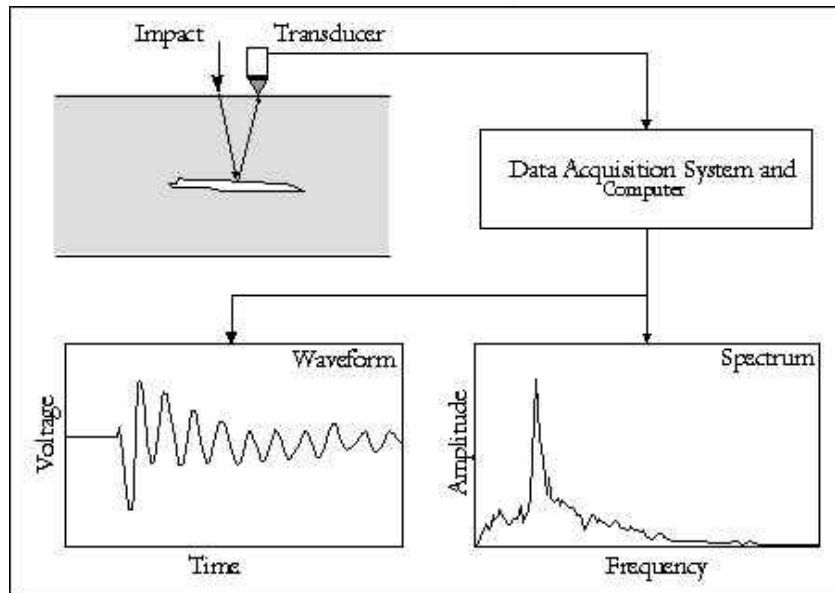
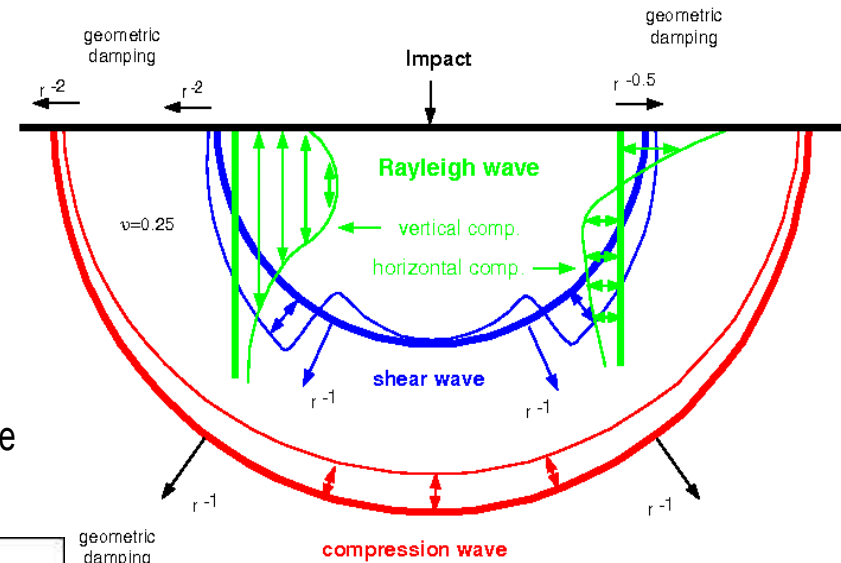
- Le sélénium : un radionucléide peu pénétrant dans le béton
- Les rayons X (accélérateurs) : pénétration jusqu'à 120 cm de béton mais matériel volumineux très peu portable
- Les ondes radar : détection des interfaces entre matériaux d'impédances acoustiques différentes
- Les courants induits (pachomètres et profomètres) : détection des armatures métalliques à faible profondeur
- La RIMT : technique ne s'appliquant qu'à les milieux isolés (câbles coaxiaux)
- Les ultra sons (Impact écho) : technique la plus intéressante à ce jour

# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 1/13

### Principe

- Impact mécanique d'une bille
  - 1 à 100 kHz
  - Etude des ondes P
  - Récepteur piézo-électrique
  - Enregistrement Tension = f(temps)
  - Transformée en Tension = f(fréquence)

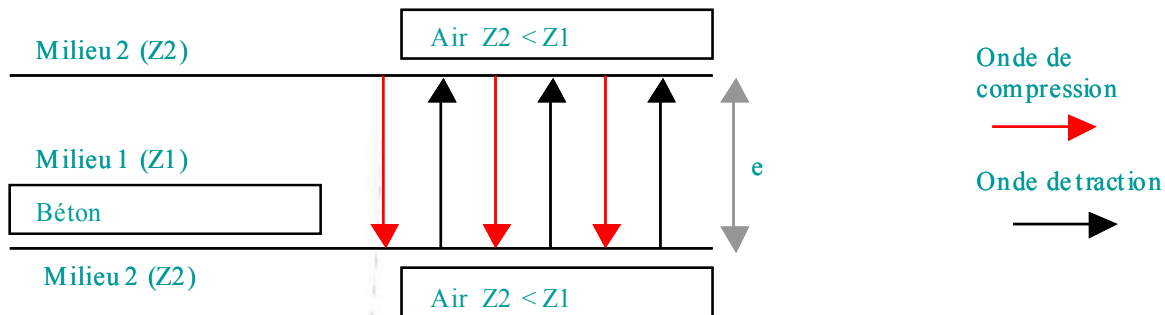


# La gammagraphie dans le génie civil

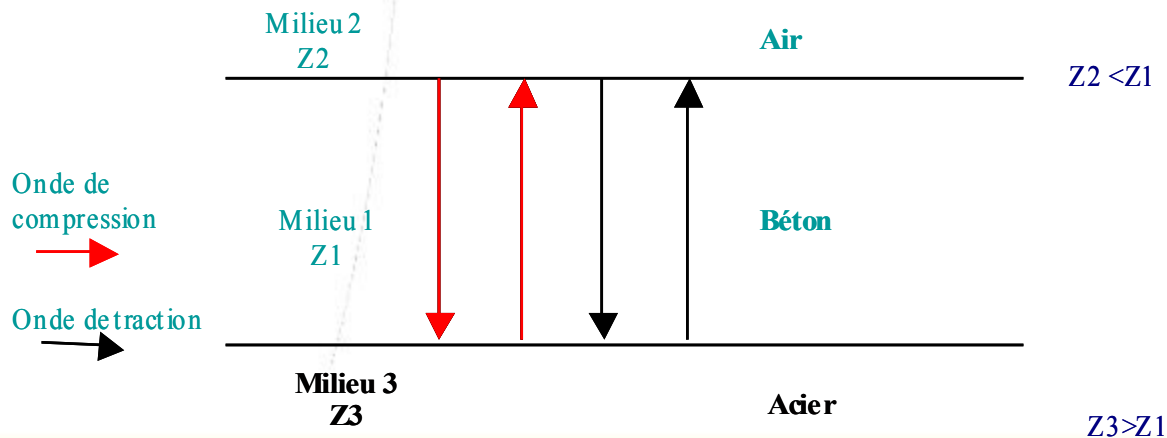
## Technique impact écho 2/13

### ∅ Réflexion des ondes

➤ Béton dans l'air  $f = 1/T = C_p/2e$



➤ Béton et acier  $f = C_p/4e$

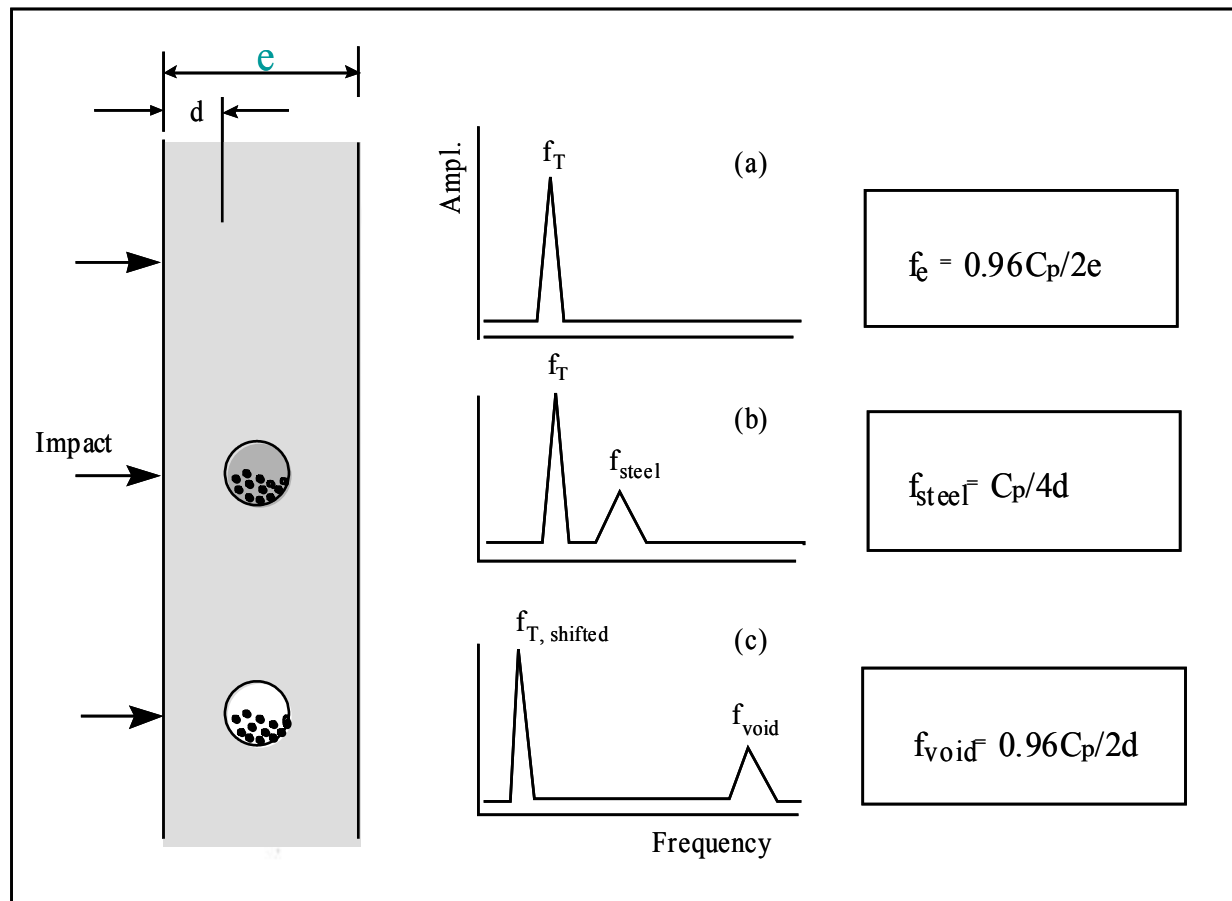




# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 3/13

- Cas d'une plaque
- Fréquence caractéristique d'épaisseur :  $f_e$
  - Fréquence caractéristique d'un vide :  $f_{\text{void}}$
  - Fréquence caractéristique d'un acier :  $f_{\text{steel}}$



# La gammagraphie dans le génie civil

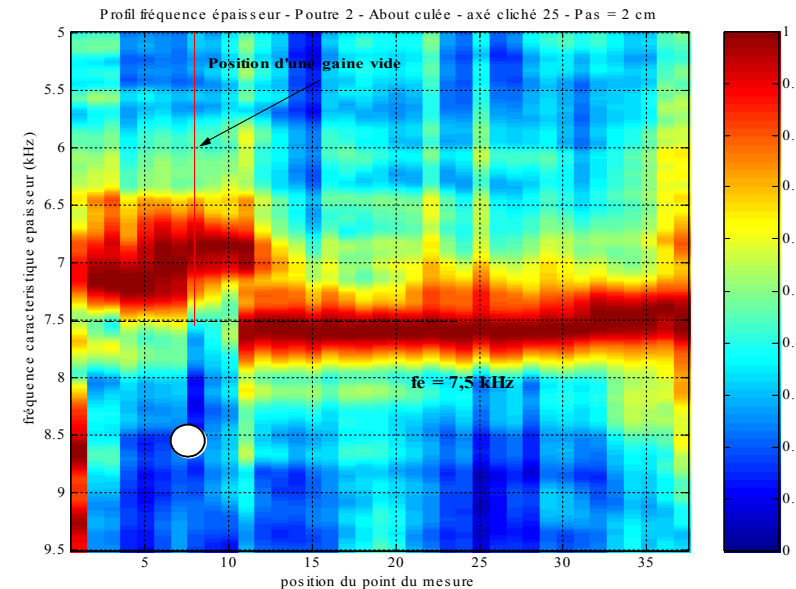
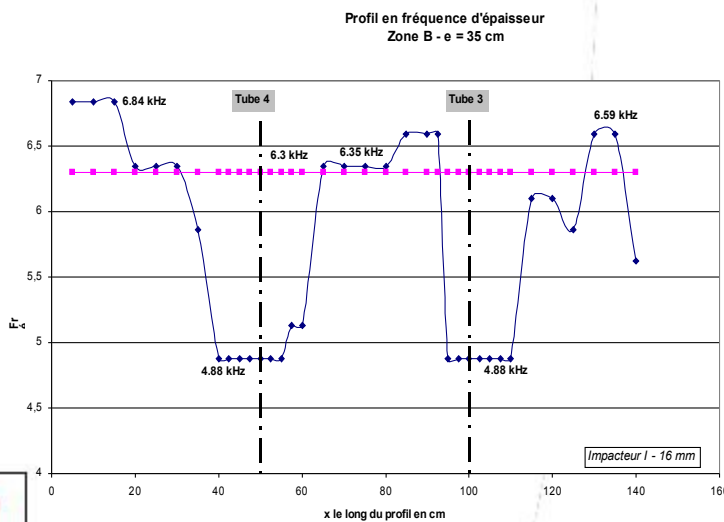
## Technique impact écho 4/13

### ∅ Méthodes d'analyse pour la recherche d'un vide

- Recherche de la fréquence caractéristique d'un vide :  $f_{\text{void}}$
- Mesure du décalage de  $F_e$  au droit d'un vide en établissant un profil de mesures :  $F_{e'} < F_e$

### ➤ Modes de présentation des profils

- Courbe fréquence/position
- BSCAN fréquentiel



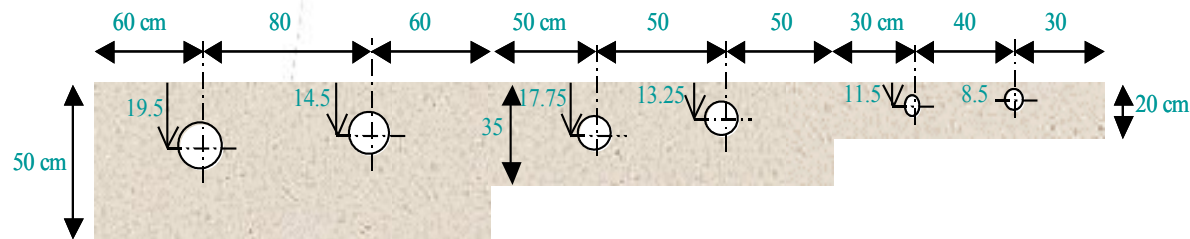
# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 5/13

### Premières expérimentations

- Travail du LCPC sur la dalle de Nantes contenant des tubes en PVC et des gradins d'épaisseur,
- Résultats encourageants  
.....mais

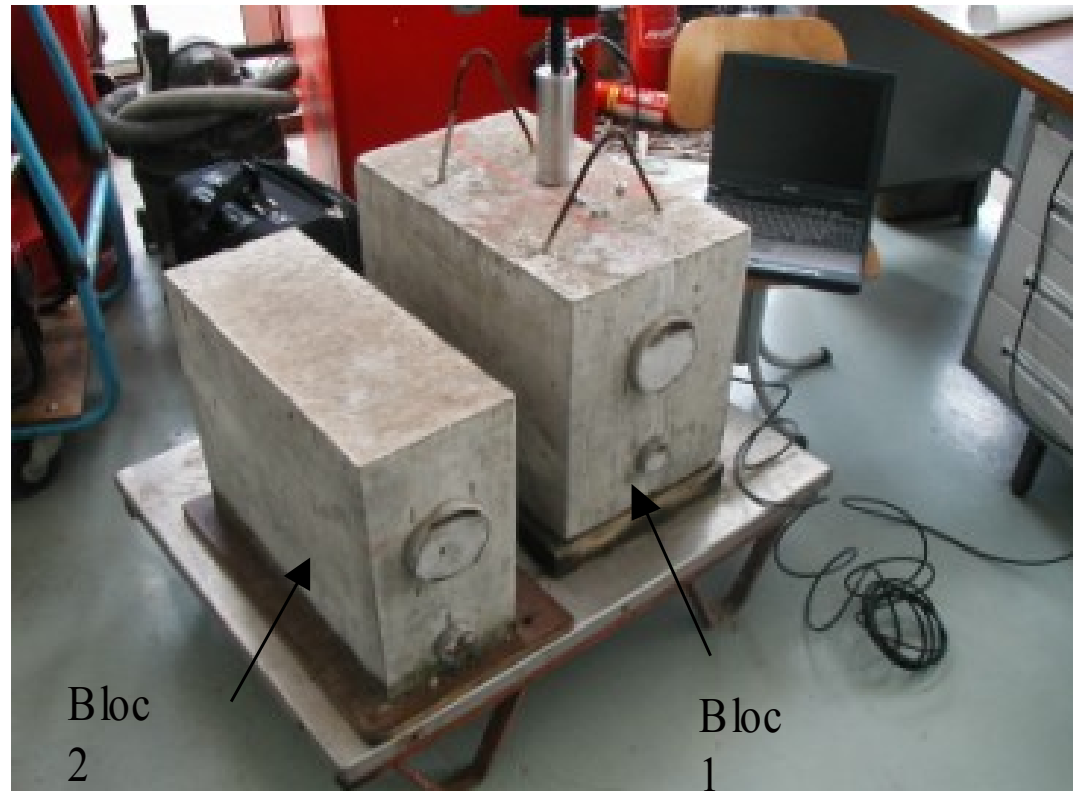
Besoin de tester la méthode sur des gaines réelles contenant des niveaux de coulis variables et des câbles



# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 6/13

### Expérimentation sur les blocs du LRPC de Lyon



# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 7/13

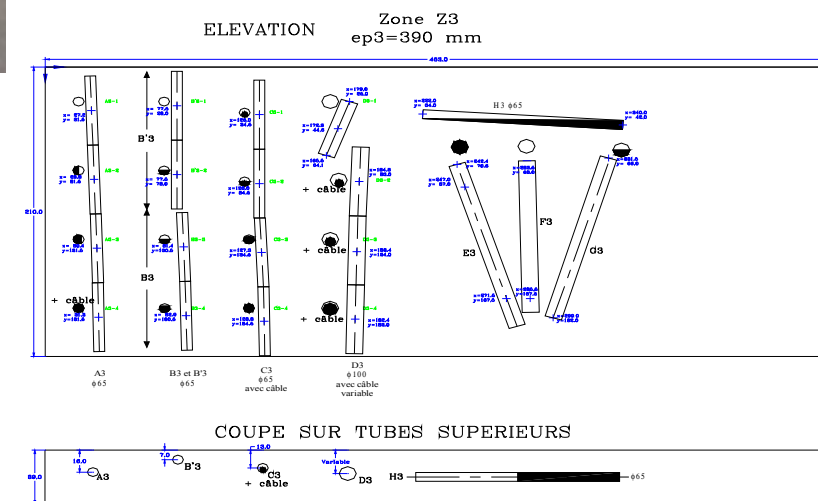
### ∅ Conception d'un mur d'essai au LRPC de Lyon



# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 8/13

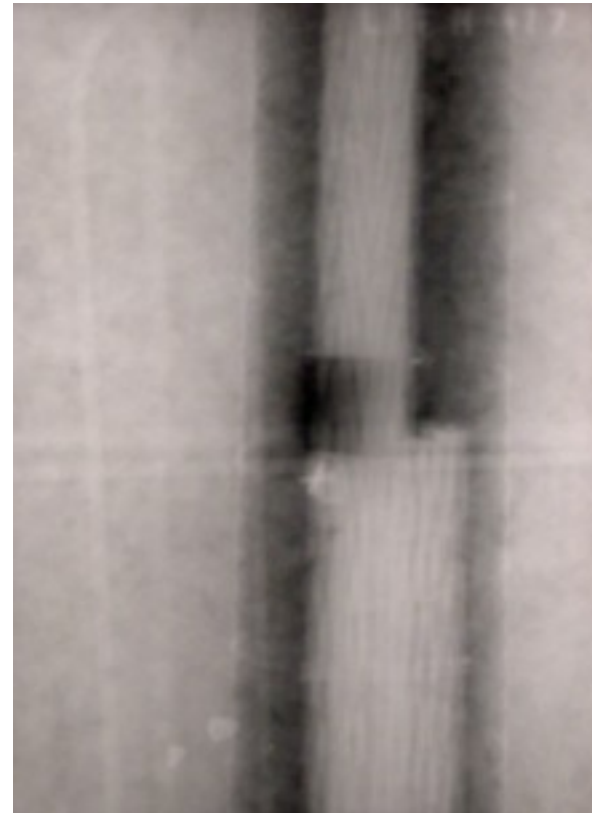
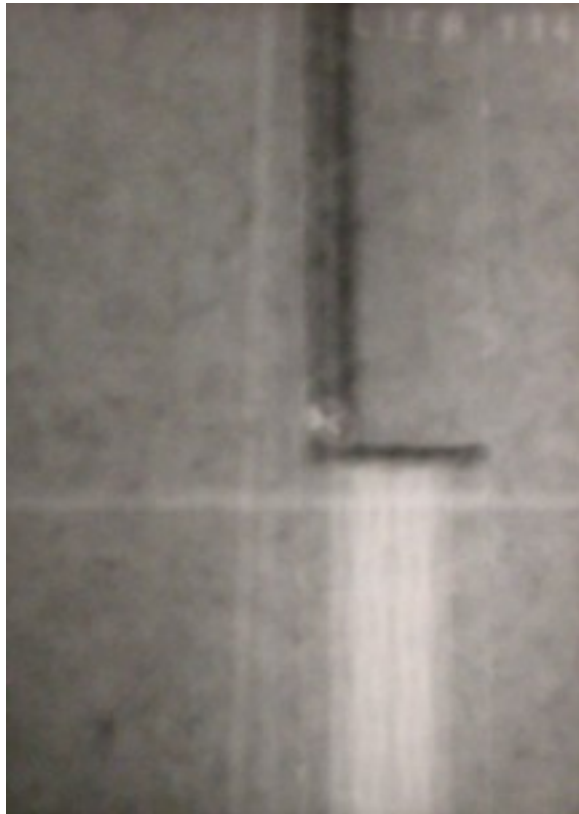
### Contrôles et validation du mur



# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 9/13

### Exemples de radiogrammes obtenus



# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 10/13

### ∅ Expérimentations sur le mur d'essai du LRPC de Lyon

- Le programme d'expérimentations prévoit de tester toutes les gaines du mur suivant les caractéristiques :
  - Recherche du pic  $f_{\text{void}}$  caractéristique d'un vide
  - Mesure du décalage de la fréquence caractéristique de l'épaisseur  $f_e$  en  $f_e'$
  - Détection des câbles ou des gaines rigides épaisses par la recherche du pic  $f_{\text{steel}}$
- La reprise de l'ensemble des mesures permettra de déterminer les limites d'utilisation de la méthode Impact Echo en ce qui concerne
  - La position de la gaine dans l'épaisseur d'une paroi
  - La distance minimale par rapport à un bord latéral de la structure auscultée
  - Le pouvoir discriminant entre deux gaines proches l'une de l'autre
  - La taille du vide minimal décelable
  - L'influence de l'interface vide/coulis par rapport au sens d'auscultation
  - L'influence de la présence d'un câble dans la gaine



# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 11/13

Puis

Conception et réalisation d'un banc automatisé avec un interféromètre laser, permettant un grand nombre de mesures en s'affranchissant du contact du capteur avec la paroi et du paramètre « opérateur » (LCPC).



En parallèle, réalisation d'une thèse sur le traitement du signal visant une amélioration des informations obtenues (LAMI).

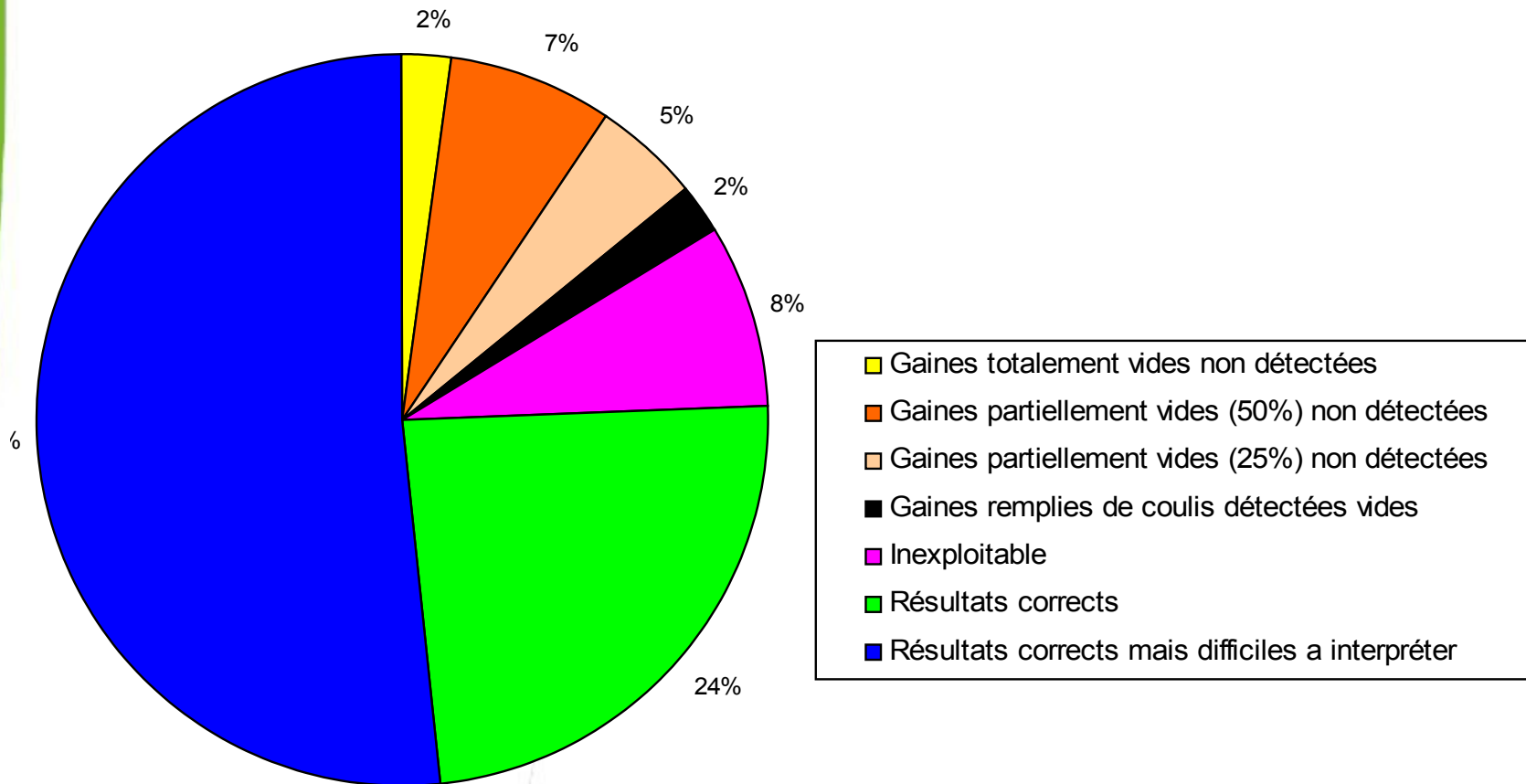
Enfin,

Expérimentation sur un ouvrage réel, en service.

# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 12/13

Résultats obtenus sur le mur du CETE de Lyon



# La gammagraphie dans le génie civil

## Technique impact écho 13/13

En conclusion pour la technique Impact Echo

Détection des manques de coulis non fiable

Importance du manque de coulis non appréciable

Aucune information sur l'aspect des câbles

# La gammagraphie dans le génie civil

## Conclusion 1/2

La gammagraphie peut être remplacée pour :

La recherche et le positionnement des armatures dans le béton, par la technique « radar » avec certaines limites :

- Epaisseur de béton inférieure à 40/45 cm
- Matériau non humide (pas d'intervention sur béton jeune)
- Perception de câbles internes si la maille du ferrailage de peau n'est pas trop petite ( $> 10$  à  $15$  cm)
- Armatures jointives ou en recouvrement non distinguées
- Armatures alignées dans l'épaisseur non distinguées



# La gammagraphie dans le génie civil

## Conclusion 2/2

La gammagraphie ne peut être remplacée pour :

- La recherche du niveau de remplissage des conduits de précontrainte par le coulis et son aspect (compacité ...)
- La position des câbles dans les conduits
- La détermination de la nature des câbles (fils parallèles ou torons)
- L'aspect des raccords des conduits, des coupleurs et de leurs pièces constitutives
- La visualisation des symptômes de non tension des câbles
- Le repérage des couches de ferrailage multiples et la détermination du diamètre des armatures
- La visualisation des hétérogénéités internes du béton (ségrégations, cavités non débouchantes, certaines fissures ...)

# Merci de votre attention

