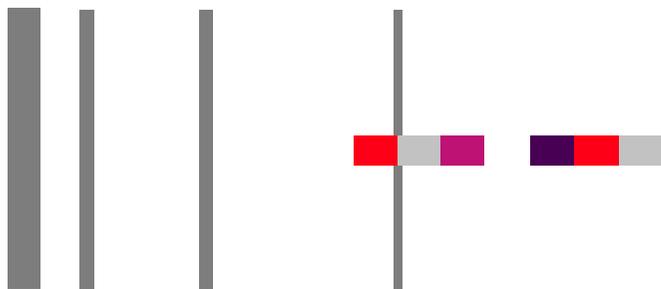




**Ingénierie SNCF**

L'apport de la géophysique à la géotechnique –  
L'expérience de la station d'essais géophysiques sur la LGV  
Nord

Serge NEBIERIDZE



# PLAN

- **préambule: La géophysique, quelle méthode?**
- **Présentation de la station d'essais**
- **Résultats de la station d'essais**
- **Applications**

## Quelle méthode choisir ?

**Les méthodes doivent être choisies en fonction de plusieurs critères:**

- **le problème technique à résoudre:**
  - recherche de cavités,
  - contrôle d'injections,
  - détermination de certains paramètres physiques,
  - définition de la géologie,...
- **le type de terrain (argile, calcaire...)**
- **le type de contraste entre la cible et l'encaissant**
- **la profondeur supposée de la cible**
- **l'environnement (notamment ferroviaire).**

## La station d'essais géophysiques: le cadre

- La LGV Nord est soumise à un aléa cavité important :  
70 % des fontis recensés sont liés à la présence de sapes de guerre
- Méthode de reconnaissance principalement utilisée: la microgravimétrie (1994, 2001), méthode limitative:
  - Incertitude (corrections et interprétation des mesures),
  - Profondeur limitée,
  - Rendement peu important,
  - Détections sans rapport avec des cavités,
  - Nombreux sondages de contrôle.
- La station d'essais, proposée à RFF par la SNCF, s'inscrit dans le cadre du plan d'actions engagé pour mieux comprendre l'aléa fontis.

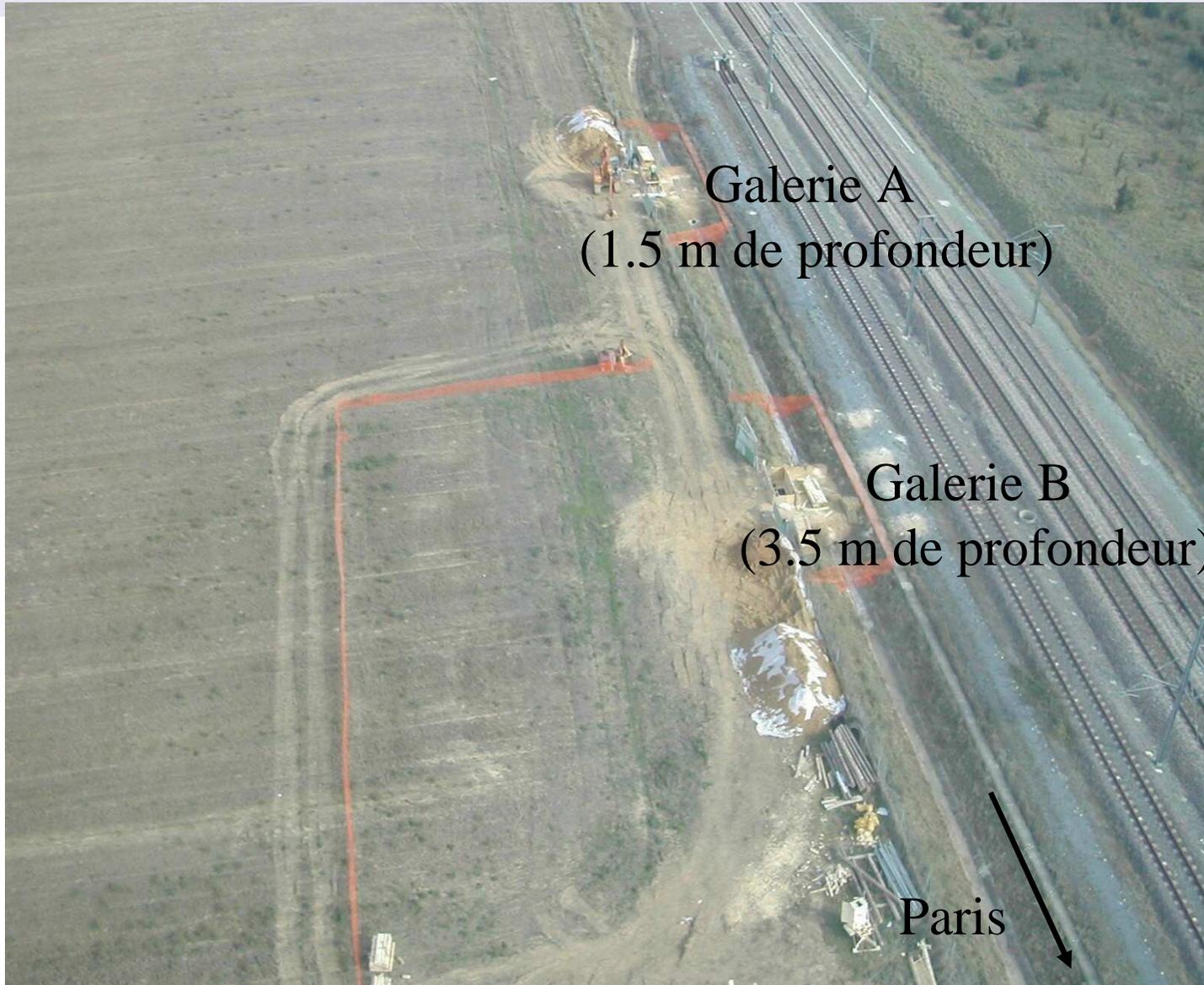
## La station d'essais géophysiques : les objectifs

**Tester les méthodes géophysiques pour la mise en évidence de vides (de la taille de sapes militaires) ou de terrains décomprimés sous la plate-forme ferroviaire dans le contexte géologique spécifique limons sur craie de la LGV Nord.**

- **Evaluer la capacité de chaque méthode, les limites et les signatures.**
- **En connaître leur éventuelle complémentarité.**
- **Déterminer une méthode permettant une investigation rapide de la ligne.**

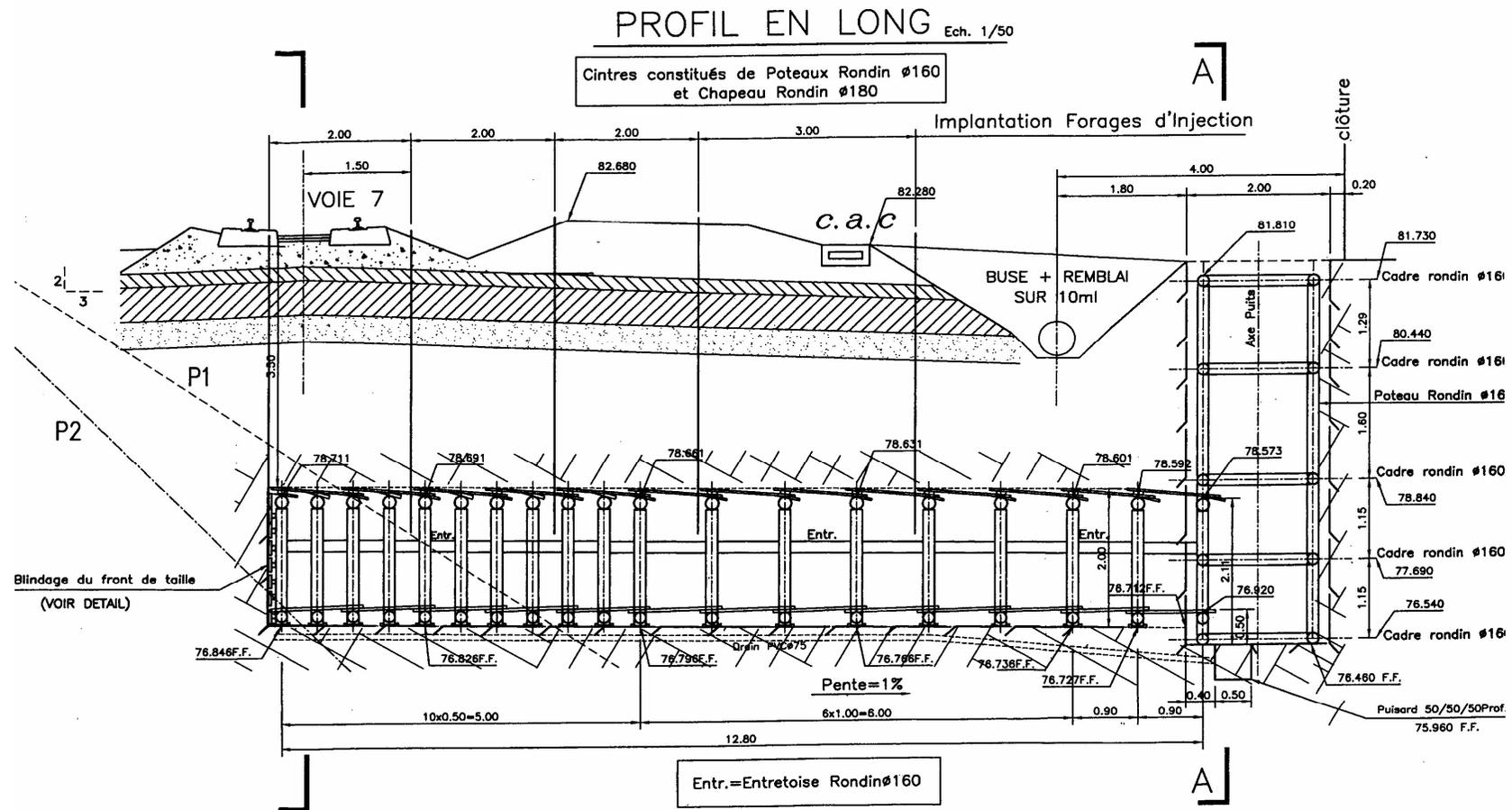
**Mission d'expertise et de contrôle externe confiée à M. LAGABRIELLE (LCPC)**

## La station d'essais géophysiques: vue générale du chantier



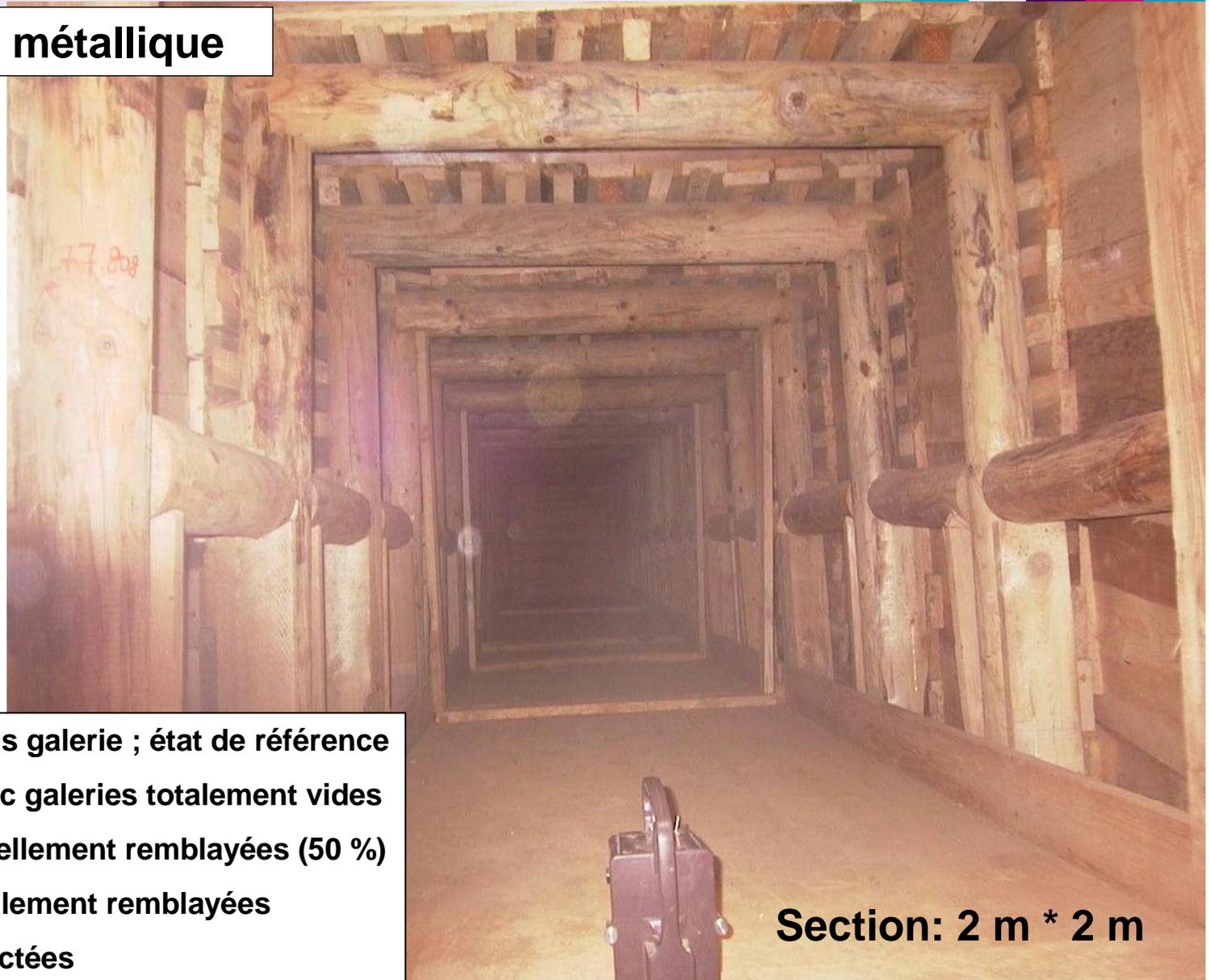
# La station d'essais géophysiques: Génie Civil

Géologie: Limon (7-8 m) sur craie



## La station d'essais géophysiques: vue intérieure

Aucun matériau métallique

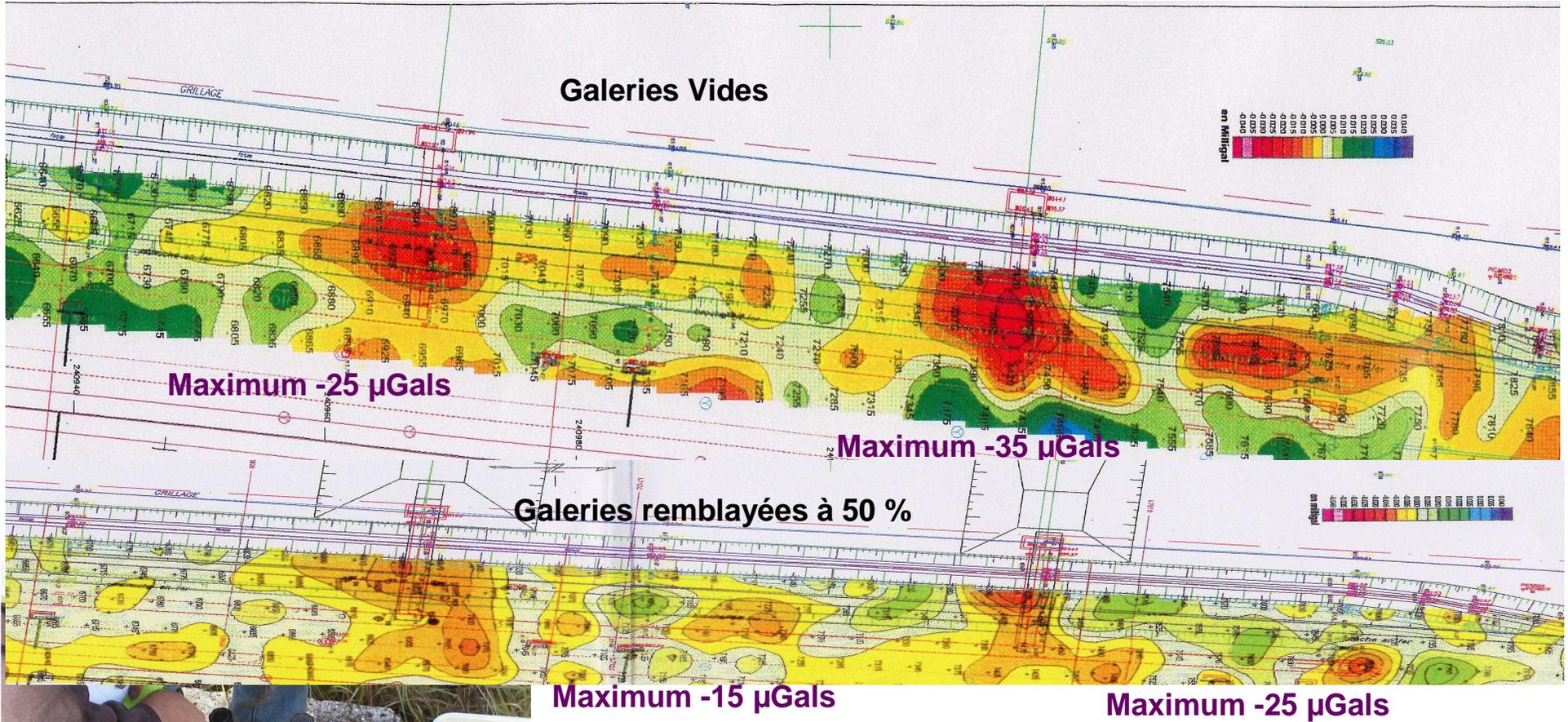


- Etape 0 : Mesures sans galerie ; état de référence
- Etape 1 : Mesures avec galeries totalement vides
- Etape 2 : Galerie partiellement remblayées (50 %)
- Etape 3 : Galeries totalement remblayées
- Etape 4 : Galeries injectées

Section: 2 m \* 2 m

# La station d'essais géophysiques: résultats

## MICROGRAVIMETRIE



# La station d'essais géophysiques: résultats

## MICROGRAVIMETRIE

### A retenir:

- Si un vide de même taille que la galerie vide existe sous la plateforme, il sera détecté.
- La galerie profonde à moitié remblayée est en limite de détection
- La configuration 4 profils en quinconce, un point tous les 3 m est suffisante (pas de plus-value pour des mesures tous les 1.5 m)
- Une anomalie négative ne correspond pas forcément à une cavité
- Les extrema de l'anomalie ne sont pas forcément situés à l'aplomb de la cavité
- 40 ml de plateforme par jour

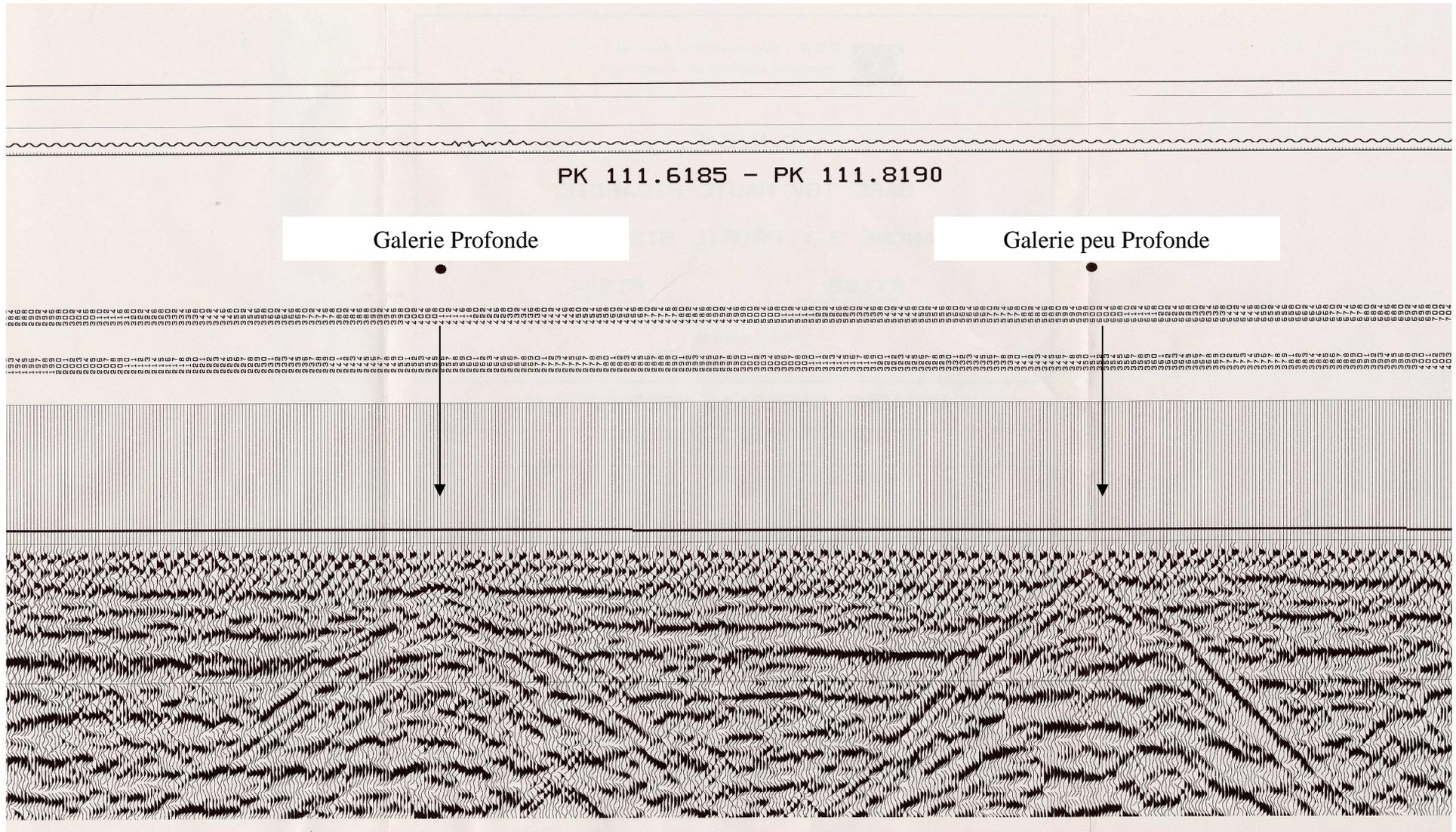
# La station d'essais géophysiques: résultats

## SISMIQUE REFLEXION TRES HAUTE RESOLUTION



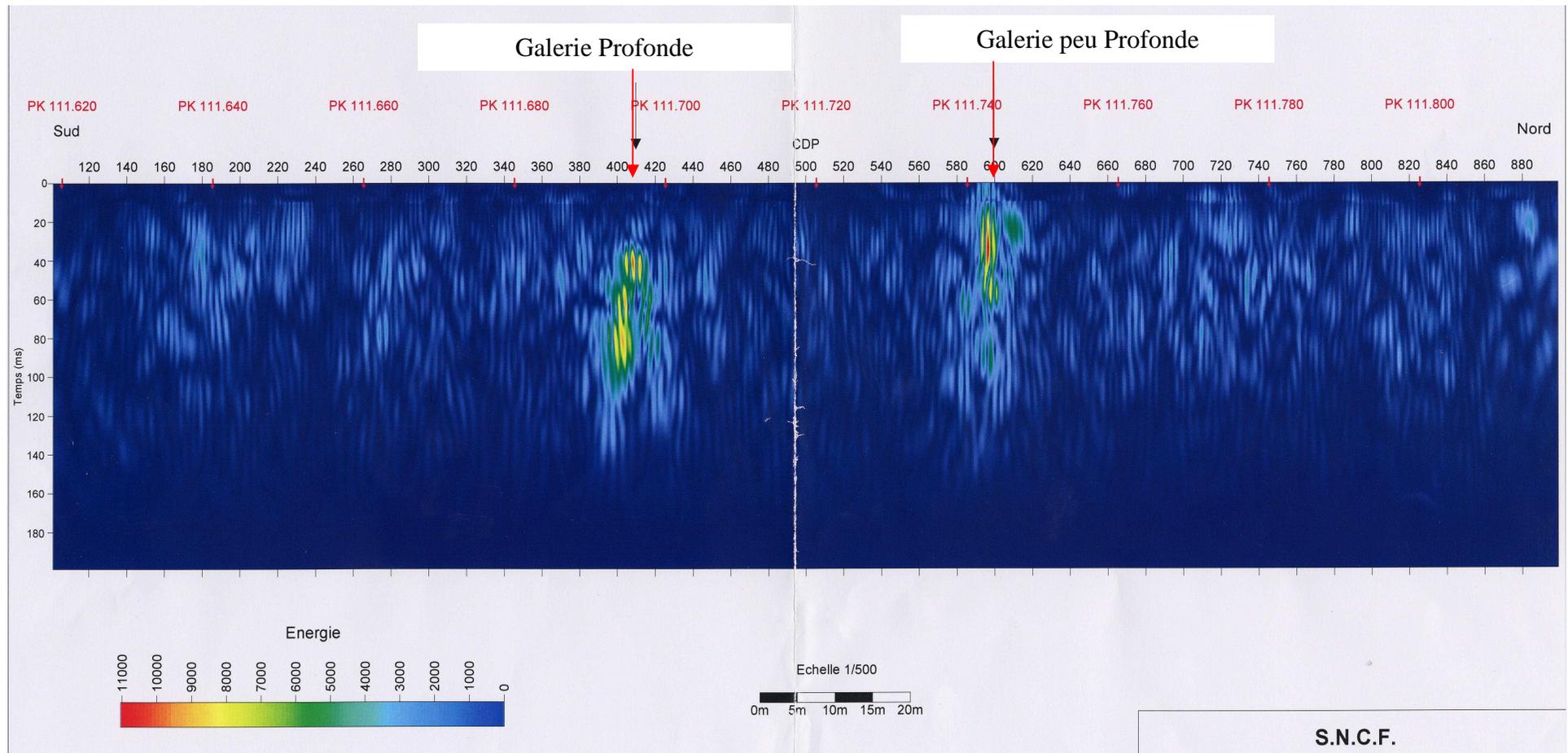
# La station d'essais géophysiques: résultats

## SISMIQUE REFLEXION TRES HAUTE RESOLUTION



# La station d'essais géophysiques: résultats

## SISMIQUE REFLEXION TRES HAUTE RESOLUTION



# La station d'essais géophysiques: résultats

## SISMIQUE REFLEXION TRES HAUTE RESOLUTION

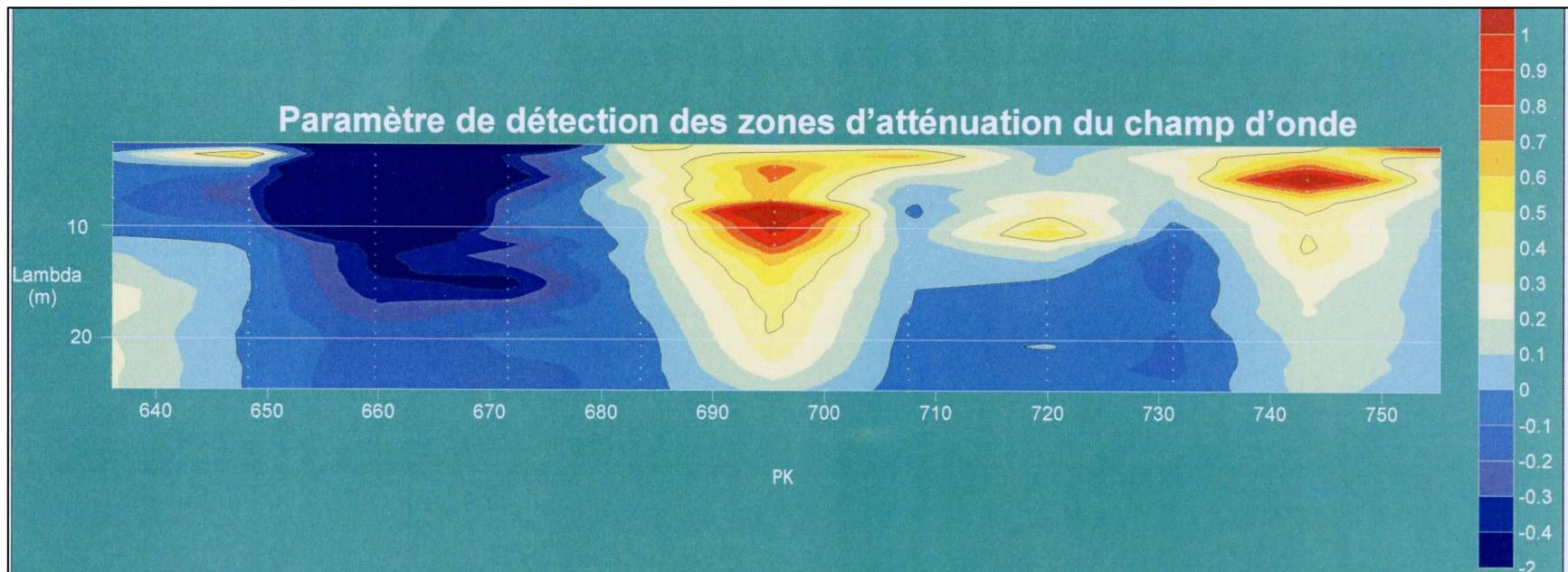
### A retenir:

- Détection des cavités en plan et en profondeur
- Détection à chaque étape
- Détection latérale des cavités
- Profondeur d'investigation plusieurs dizaines de mètres
- Pas de mesures en voies à cause du couplage géophones/ballast
- 100 ml/jour

# La station d'essais géophysiques: résultats

Sismique par ondes de surface: Méthode DCOS (détection de cavités par ondes de surface)

Méthode basée sur l'étude du bruit ambiant



Galeries remblayées à 50 %

# La station d'essais géophysiques: résultats

## Méthodes sismiques par ondes de surface

### Méthodes DCOS

- Méthode innovante
- Détection des cavités en plan et en profondeur
- Mesures en voies
- Profondeur d'investigation: 15 m
- Jusqu'à 100 ml/h
- Nécessité d'avoir un bruit de fond suffisant

### Méthodes sismiques MASW

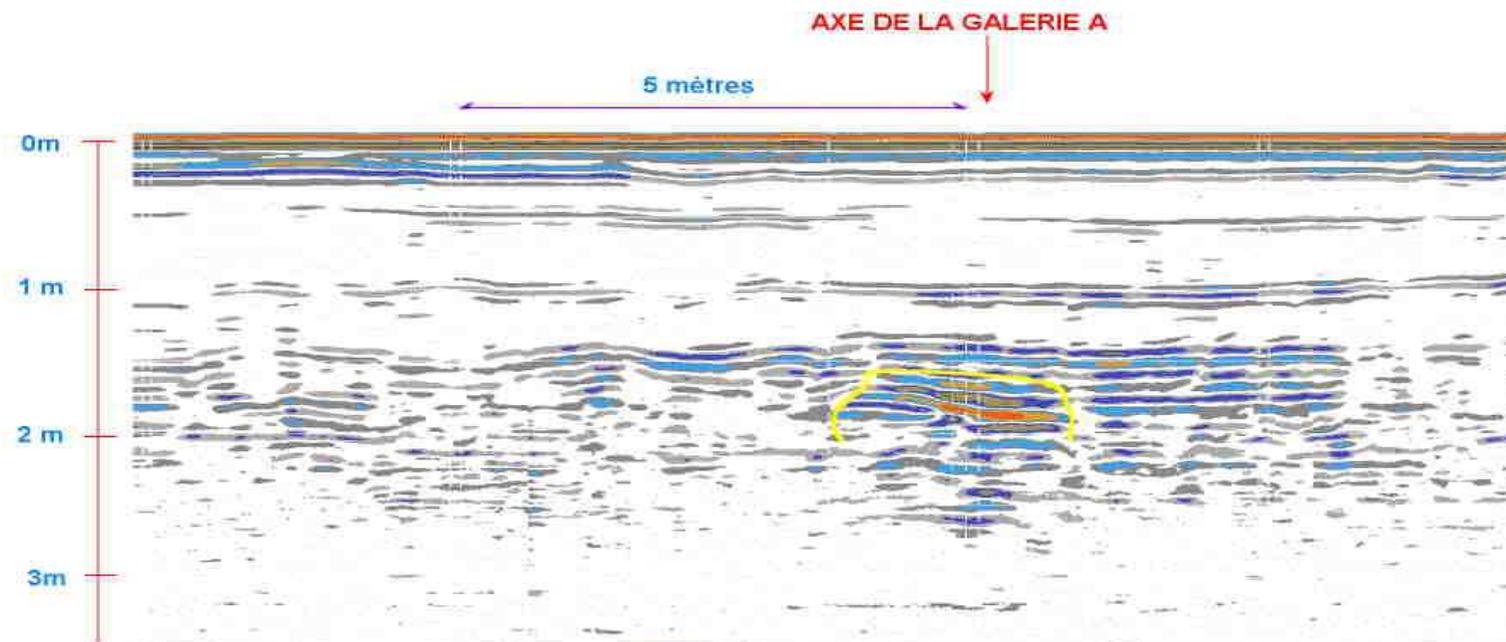
- Essais menés avec le tir à la masse et les circulations ferroviaires comme source
- Nécessité d'un réseau dense de géophones

# La station d'essais géophysiques: Reconnaissance

## Radar de surface: détection de la cavité peu profonde

S.N.C.F  
Direction ingenierie

Auscultation par technique RADAR  
UP LGV LONGUEUIL - site test



Banquette VOIE 7 coté piste  
Transducteur monostatique 400 MHz  
Image brute terrain

# La station d'essais géophysiques: résultats

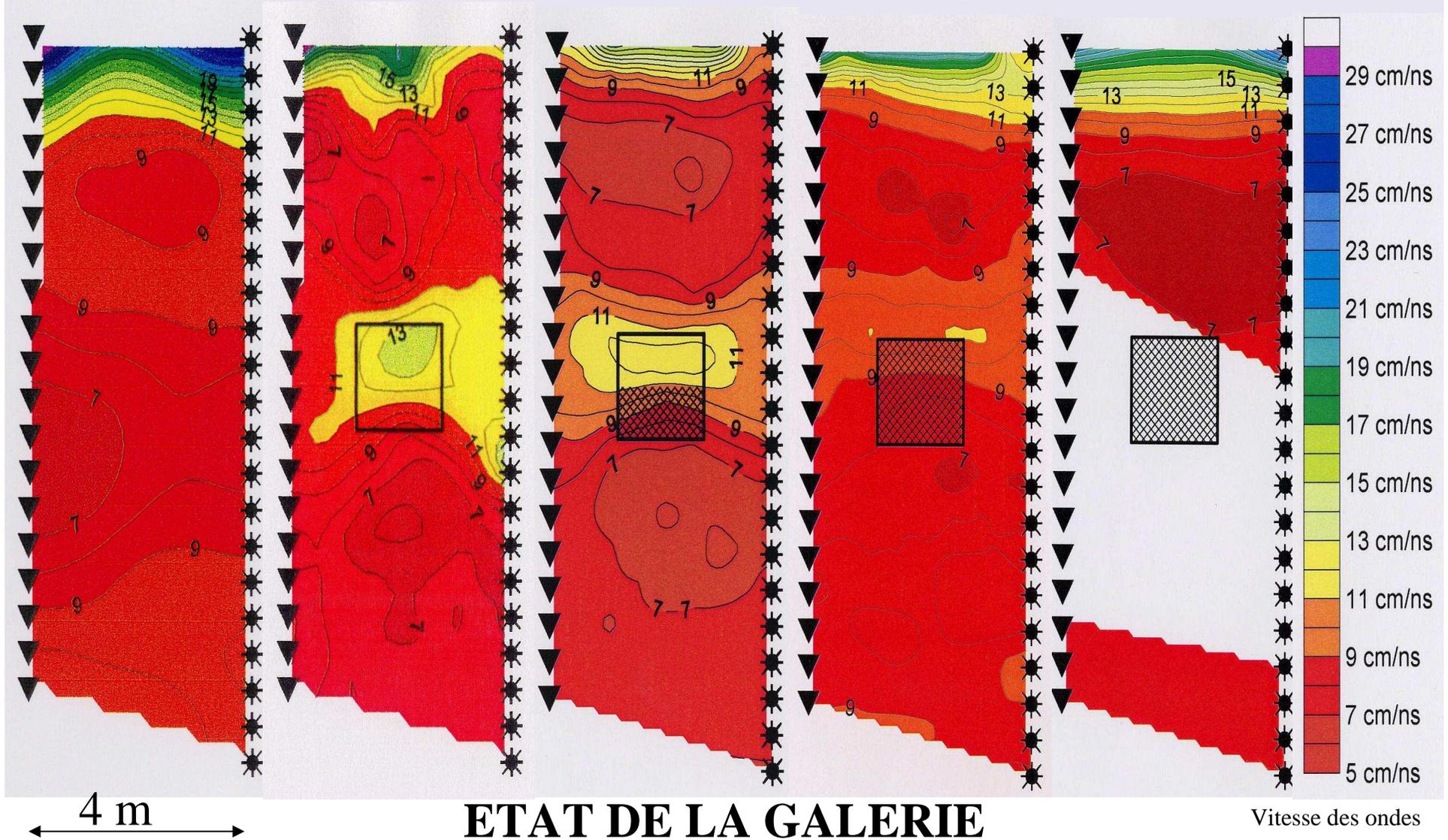
## Méthodes Radar de surface

### A retenir:

- Développement de la méthode pour la cible recherchée dans le contexte Limon
- Profondeur d'investigation limitée et conditionnée par la géologie
- Détection de la cavité peu profonde en plan et en profondeur
- Mesures en voies – filtrage des traverses
- Jusqu'à 5 km/h

# La station d'essais géophysiques: résultats

## Tomographie Radar



### ETAT DE LA GALERIE

**ABSENTE**

**VIDE**

**REMBLAYEE**

**REMBLAYEE**

**INJECTEE**

**à 50 %**

**à 100 %**

## La station d'essais géophysiques: résultats

**Tomographie sismique: absence de détection de cavités (utile pour l'auscultation d'ouvrages)**

**Diagraphie RAN: Définition de la fraction d'argilosité / définition précise de la limite limon/craie.**

**Panneau électrique: absence de détection des cavités**

## La station d'essais géophysiques: Surveillance

**Une méthode de surveillance doit répondre aux critères suivants :**

- pertinente (notamment ne pas générer des fausses détections)
- à coût « limité »
- opérationnelle en voie
- répétitive
- continue
- non destructive
- à haut rendement

**A l'issue des premiers essais une seule méthode pouvait répondre à l'ensemble des ces critères: la radar de surface**

## La station d'essais géophysiques: Surveillance



Lorry radar

Lorry de tournée

**Objectif: identifier la présence de cavités militaires bloquées sous les structures d'assise**

## Déploiement des résultats de la station d'essais

- **Catalogue de différentes méthodes applicables en environnement ferroviaire avec leurs aspects positifs et négatifs.**

**Utilisation de la méthode la plus pertinente en regard des objectifs fixés par rapport aux problèmes rencontrés et aux contextes en présence (environnement ferroviaire, géologique,...).**

- **Acquisition de savoir faire pour la réalisation de campagne de reconnaissance:**

- **Définition de la campagne (Cahier des Charges)**
- **Choix des prestataires (Dépouillement des AO – juger les moyens humains et matériels)**
- **Suivi des mesures (contrôle terrain)**
- **Analyses des résultats et interprétations (conséquence sur les suites à donner)**

# Viaduc du Mée - Détection de cavité

Ligne Paris-Marseille

2004: fontis, 2.2 m de long, 1 m de large, 0.9 m de profondeur (Limite remblai/culée)

Déterminer extension des désordres et présence d'autres désordres (dans des terrains argileux)

⇒ Réalisation de mesures radar

Deux anomalies détectées qualifiées de vide probable pour l'une et de vide possible pour l'autre.

Le vide probable a été confirmé par sondage.

⇒ injection, passage radar côté Marseille (RAS)



# Gare de Cambrai - Détection de carrière

## Gare de Cambrai

Ancienne exploitation de craie

Nombreux fontis apparus

2004: fontis: profondeur : 2.2 m,  
diamètre : 30 cm en surface et 1.5 m au  
fond

Déterminer position des carrières

⇒ Réalisation de mesures sismiques  
réflexion THR

Détection de différentes anomalies -  
Cavités trouvées en sondage

Comblement – Surveillance

