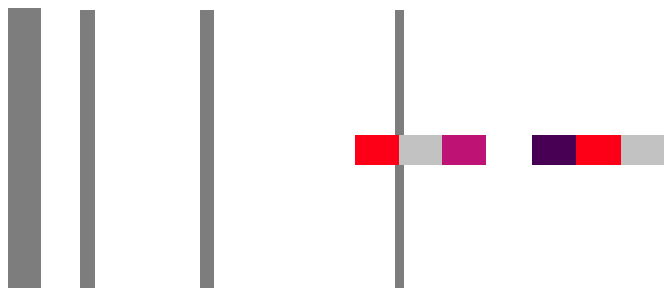




Ingénierie SNCF

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.

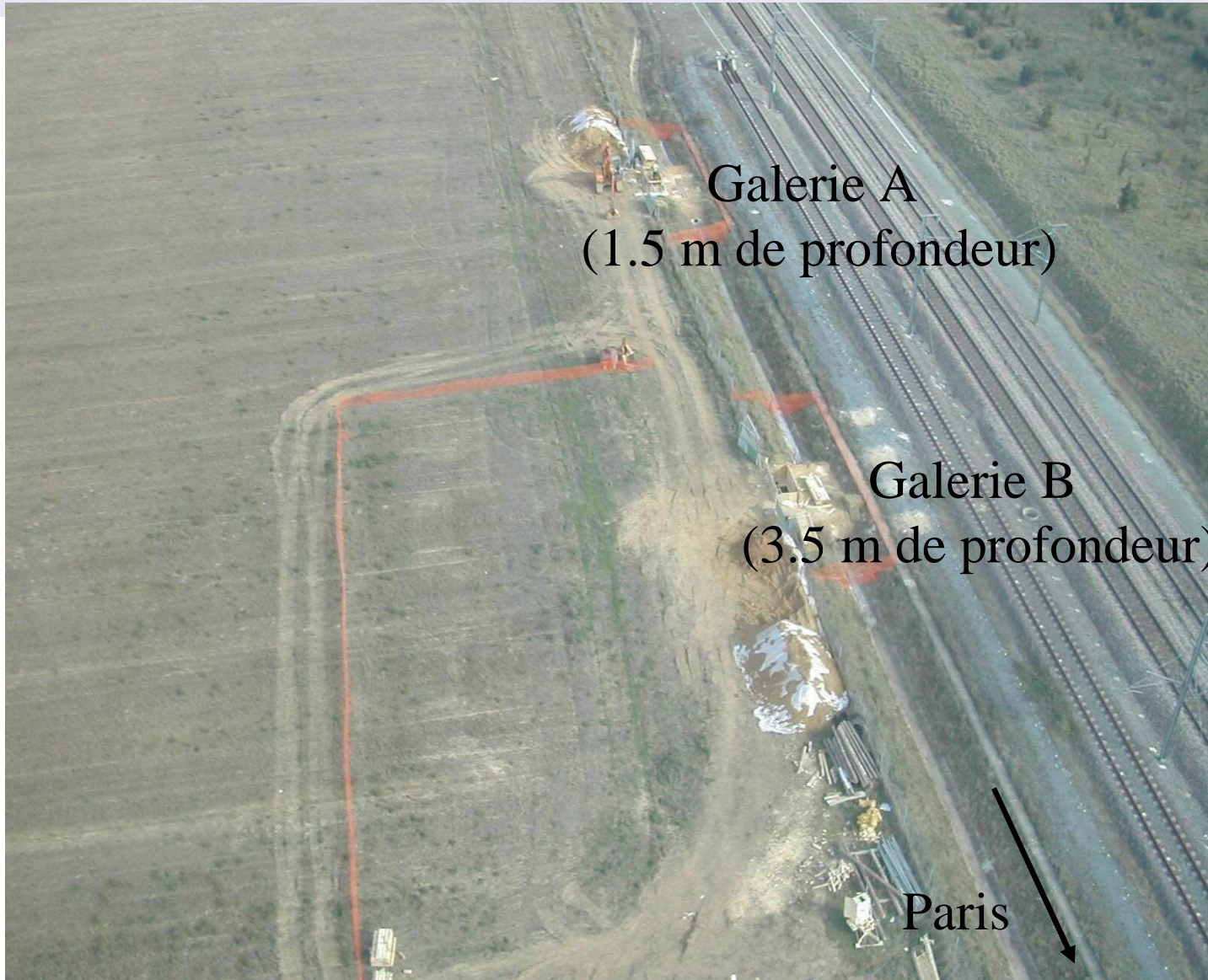
La station d'essais géophysiques : les objectifs

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.**

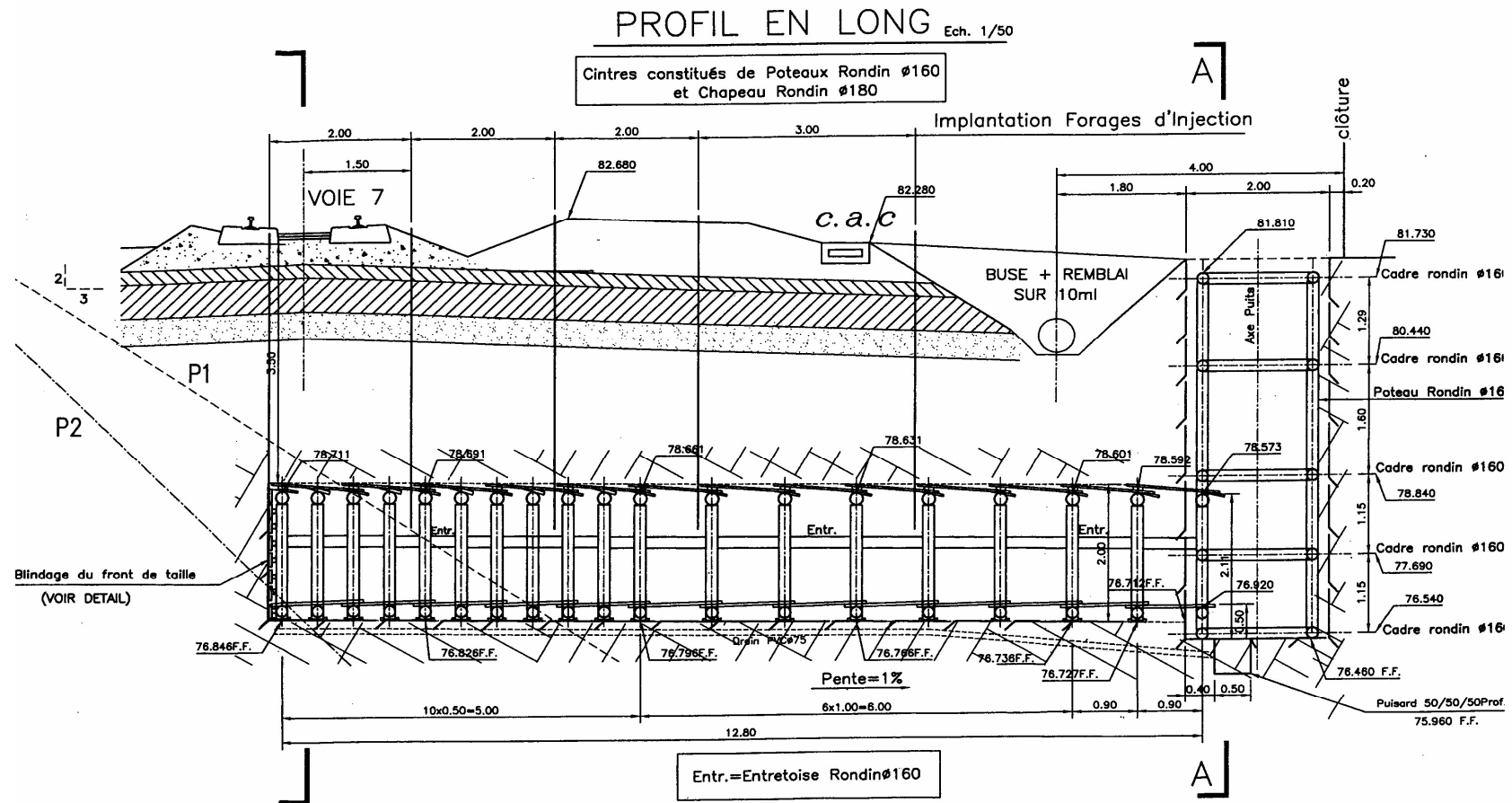
Mission d'expertise et de contrôle externe confiée à M. LAGABRIELLE (LCPC)

La station d'essais géophysiques: vue générale du chantier



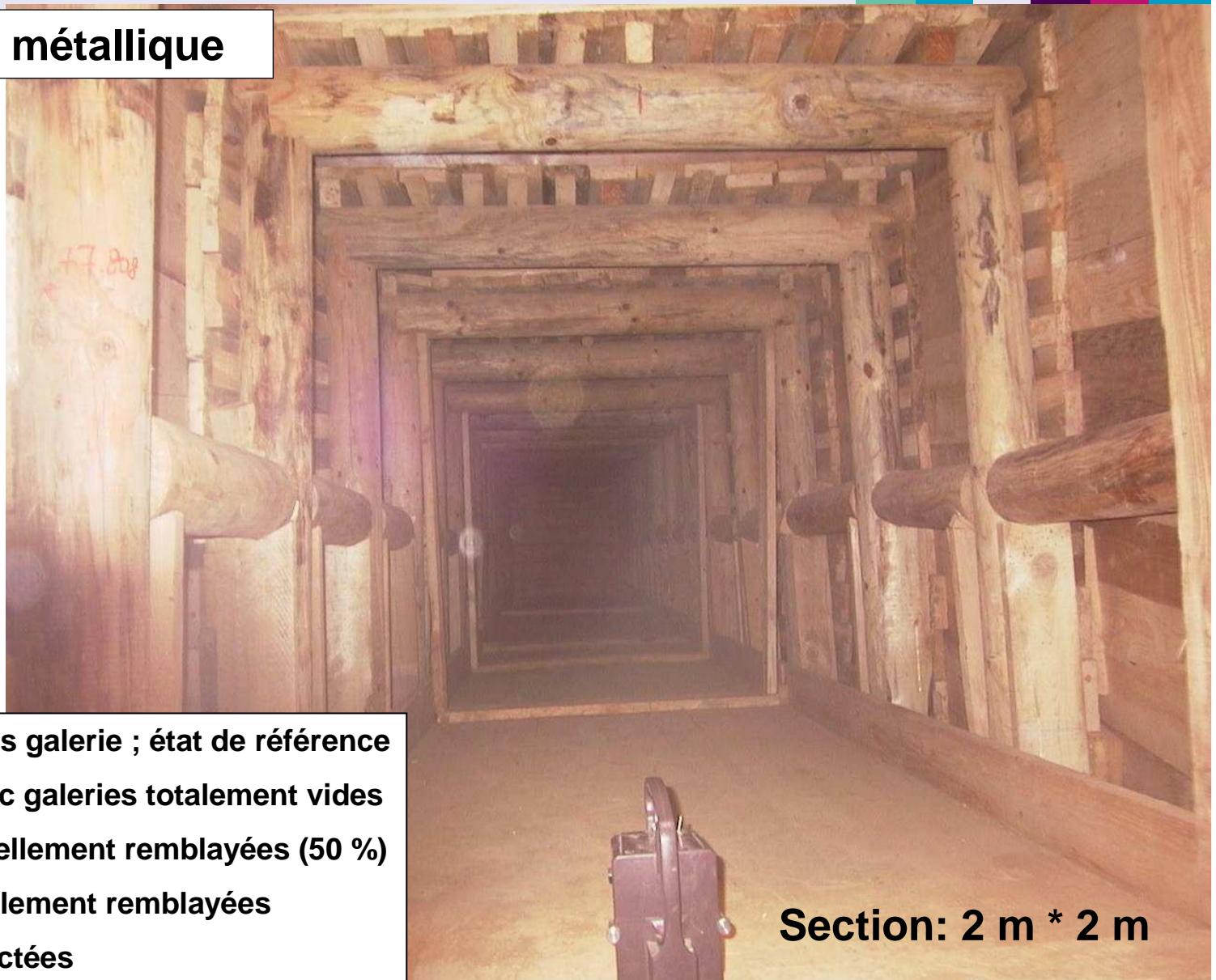
La station d'essais géophysiques: Génie Civil

Géologie: Limon (7-8 m) sur craie



La station d'essais géophysiques: vue intérieure

Aucun matériau métallique

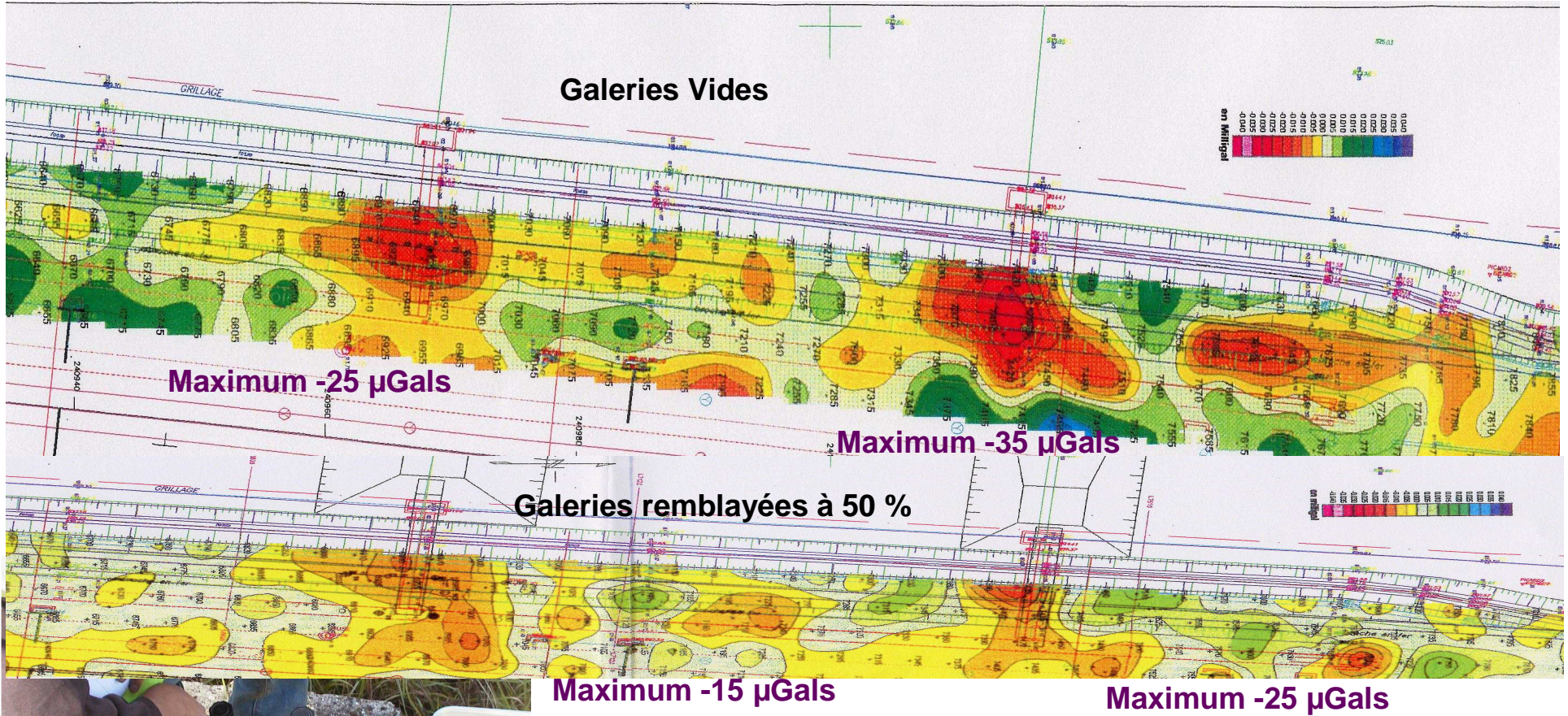


- Etape 0 : Mesures sans galerie ; état de référence
- Etape 1 : Mesures avec galeries totalement vides
- Etape 2 : Galerie partiellement remblayées (50 %)
- Etape 3 : Galeries totalement remblayées
- Etape 4 : Galeries injectées

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

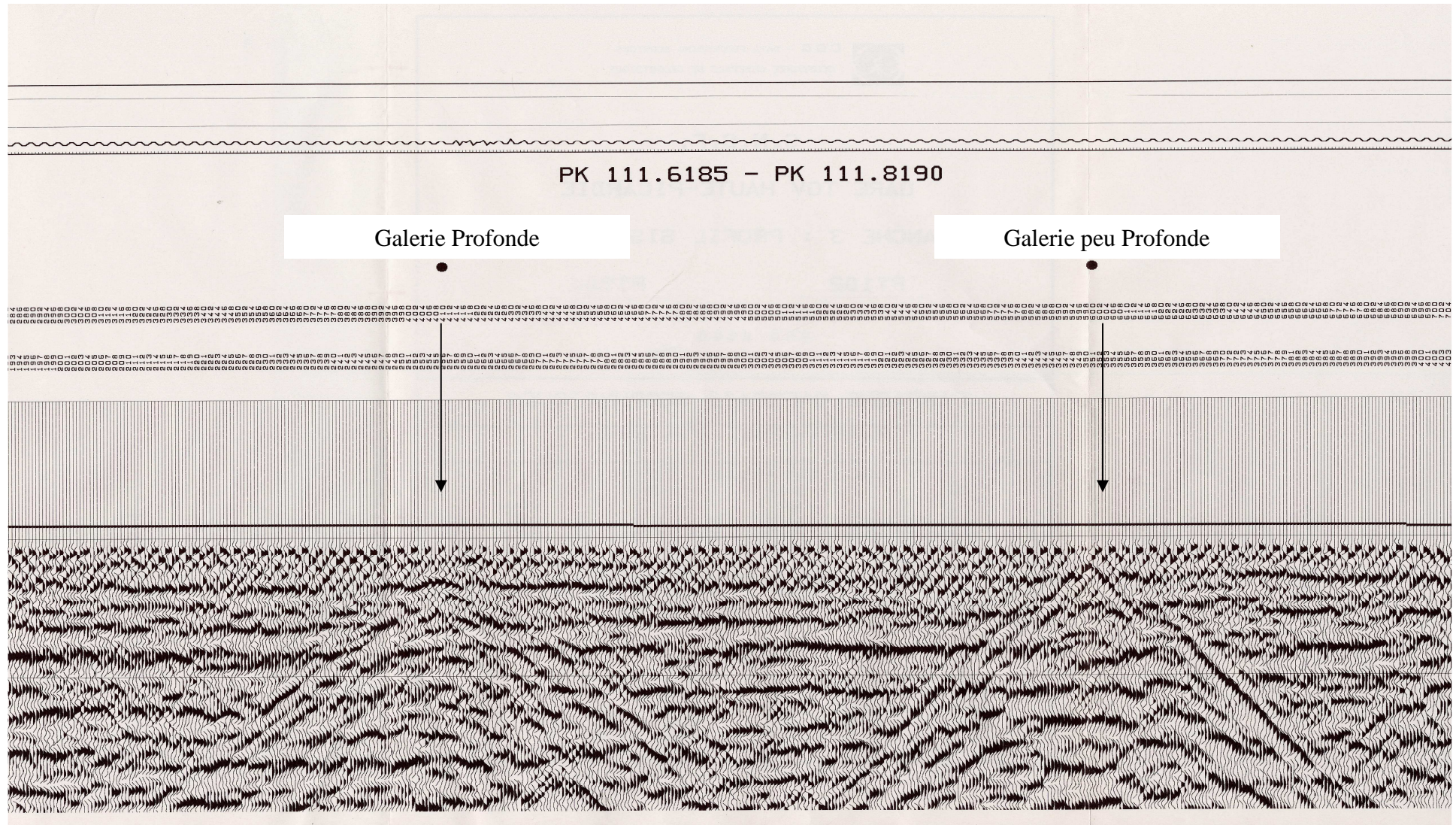
La station d'essais géophysiques: résultats

SISMIQUE REFLEXION TRES HAUTE RESOLUTION



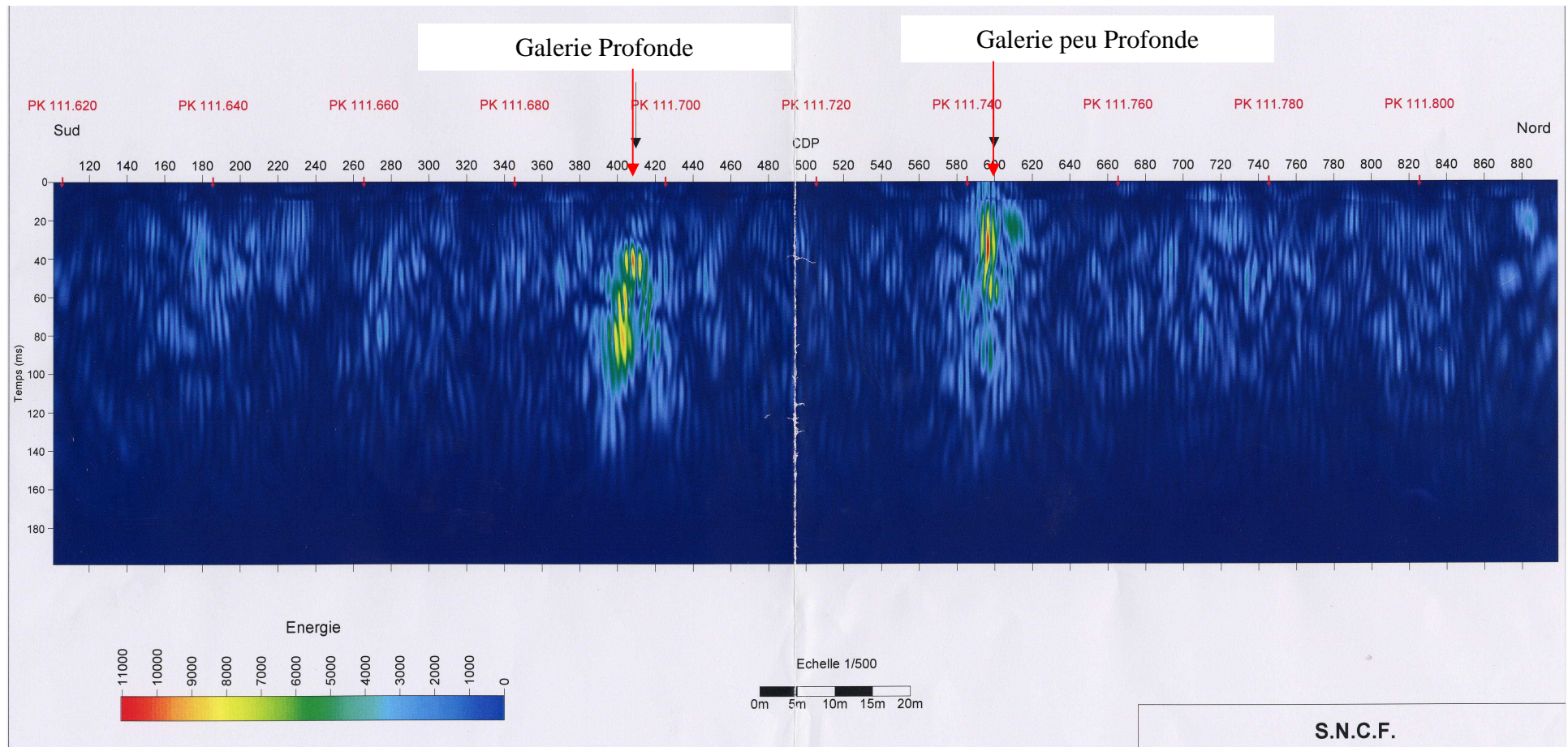
La station d'essais géophysiques: résultats

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

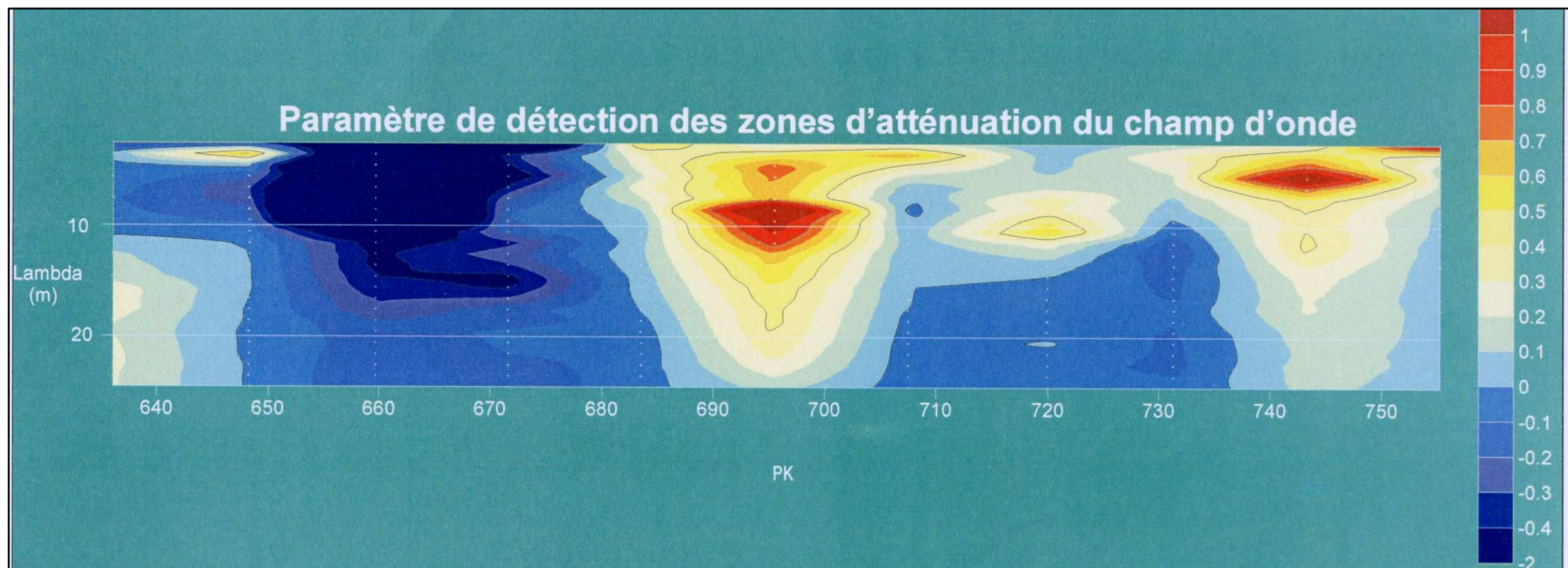
A retenir:

- 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

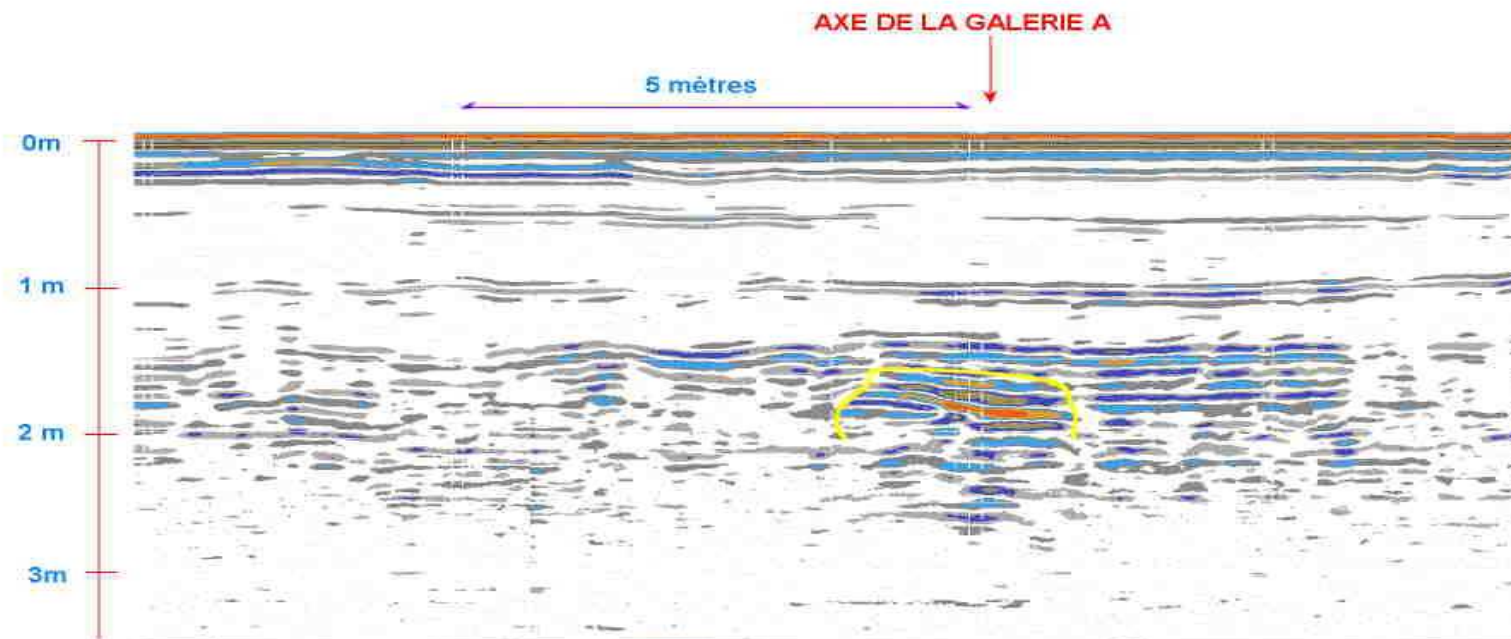
- Essais menés avec le tir à la masse et les circulations ferroviaires comme source
- Nécessité d'un réseau dense de géophones

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

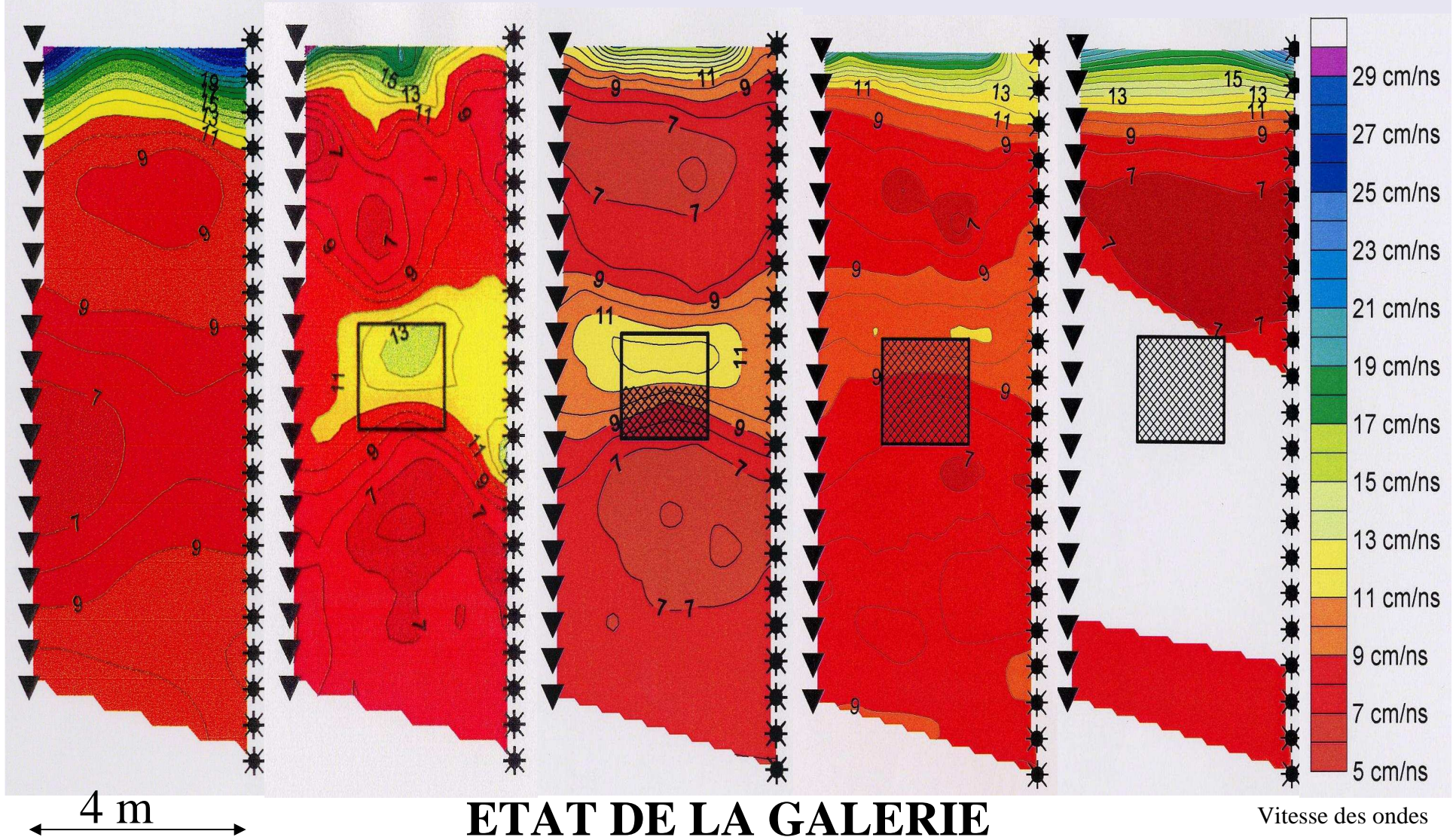
Méthodes Radar de surface

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

