



# Détection d'anomalies dans le sous-sol à partir d'ondes de surface. Méthode DCOS

Edouard MOUTON, Grégory DURAND (SISMOCEAN)  
Philippe GRANDSERT, Serge NEBIERIDZE (SNCF)

le 7 Novembre 2006



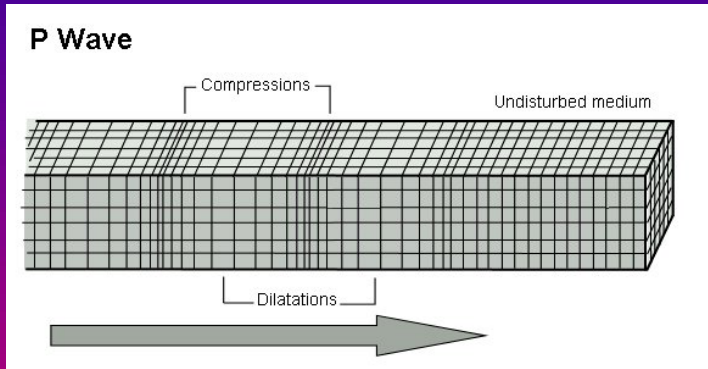
# Plan de la présentation

- Ondes de surface
- Détection d'anomalies par DCOS
- « Panneaux bidimensionnelles » de vitesse de cisaillement et DCOS

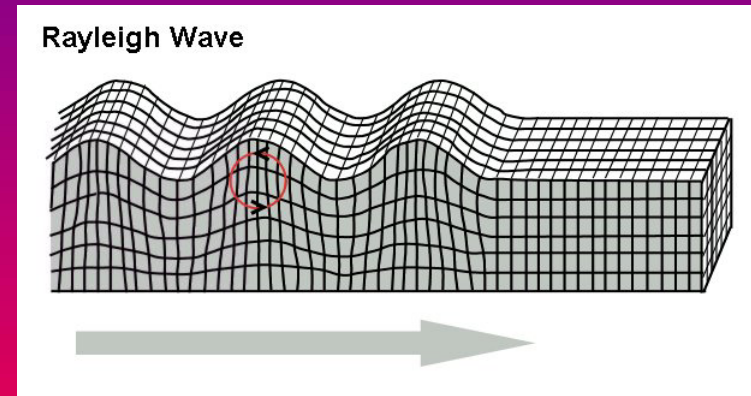
# Ondes de surface : généralités



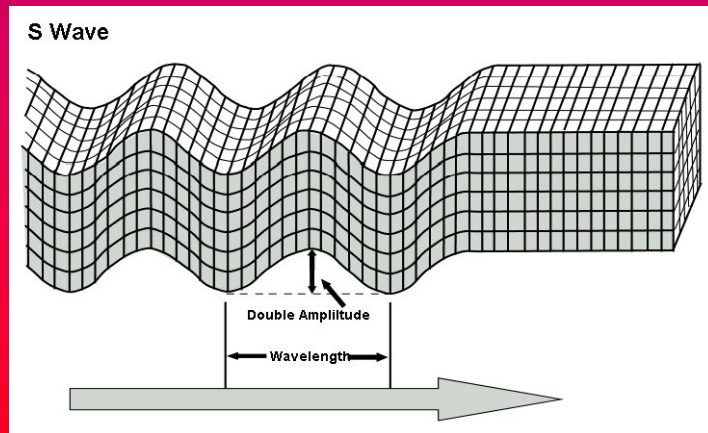
- Onde de compression



- Onde de surface (Rayleigh)



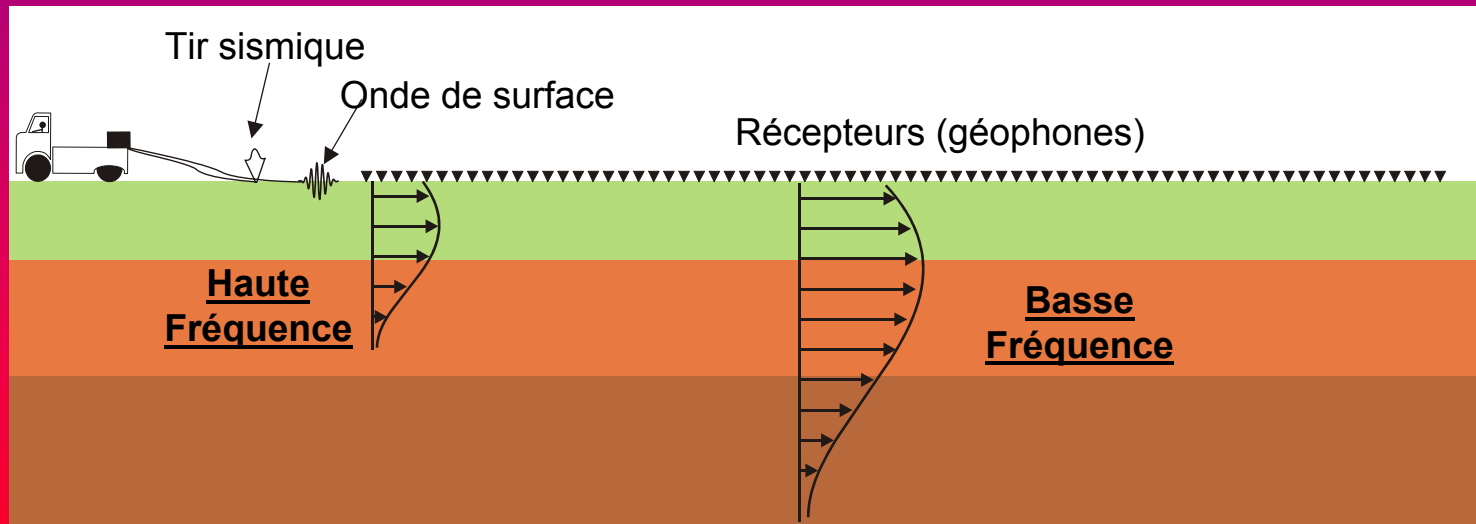
- Onde de cisaillement



# Multichannels Analysis Surface Wave (MASW) (acquisition multi capteurs)



- La propagation est liée aux propriétés de cisaillement du sol (dureté du sol)
- La pénétration de l'onde est fonction de la fréquence des signaux



# Equipements



## Enregistreurs sismiques



## “Flûte de 72 géophones 4.5 Hz

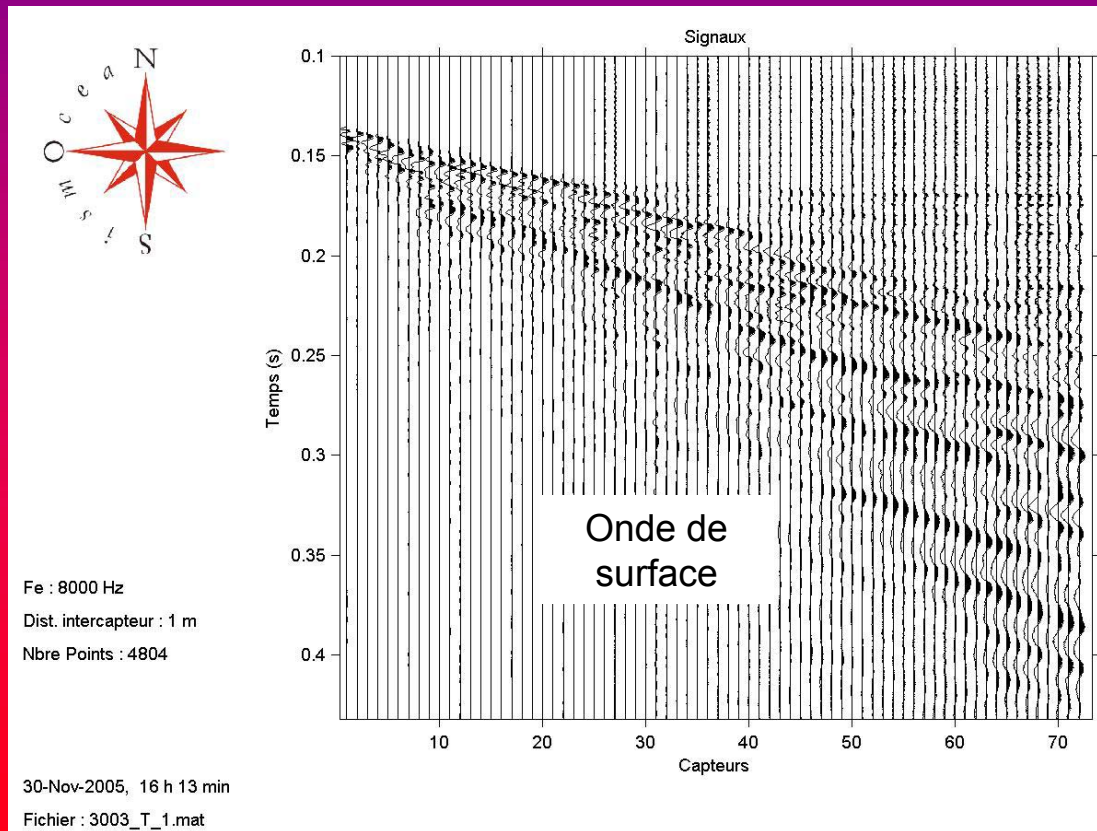


- 4 enregistreurs sismiques GEODES (4 x 24 voies)
- MGOS logiciel d'acquisition
- 3 “flûtes” de 24 récepteurs (dispositif de 71 à 213m)
- 1 “flûte” de 96 récepteurs (dispositif de 190m)
- 105 géophones (4.5hz)
- Ordinateur de terrain
- Batteries

# Exemples de signaux sismiques



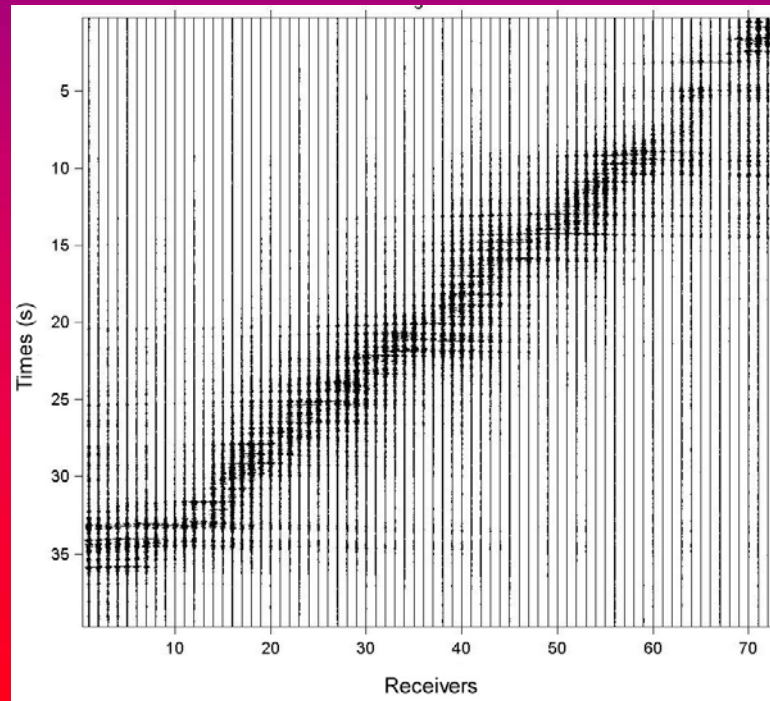
Tir à la masse produisant un signal sismique



# Exemples de signaux sismiques



Micro tremor généré par un déplacement de véhicule



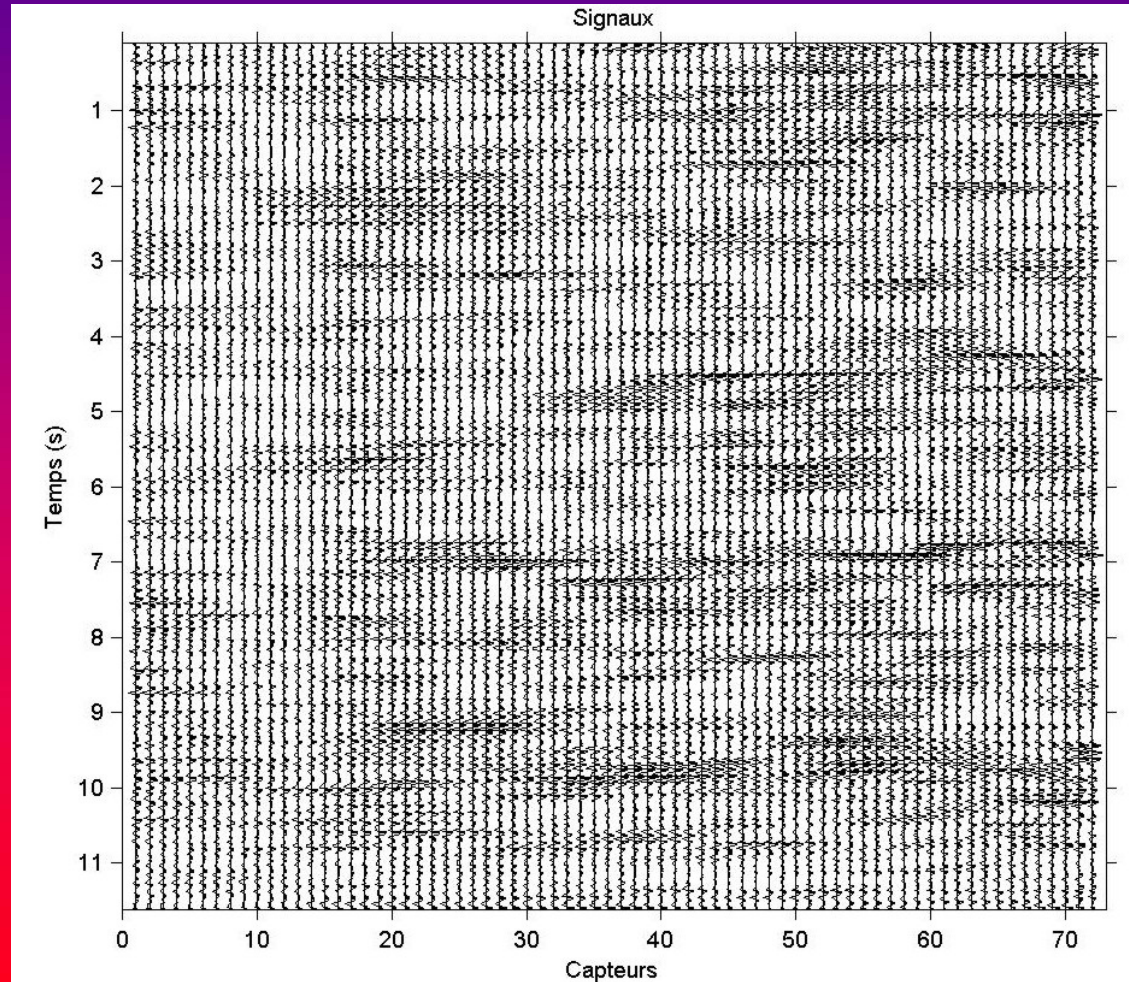
Signal

# Exemples de signaux sismiques



## Micro tremor “naturel” ou anthropique

- Vent dans les arbres
- Rivières
- Vagues
- Bruits autoroutiers
- Bruits industriels
- ...

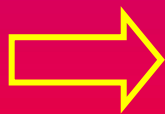
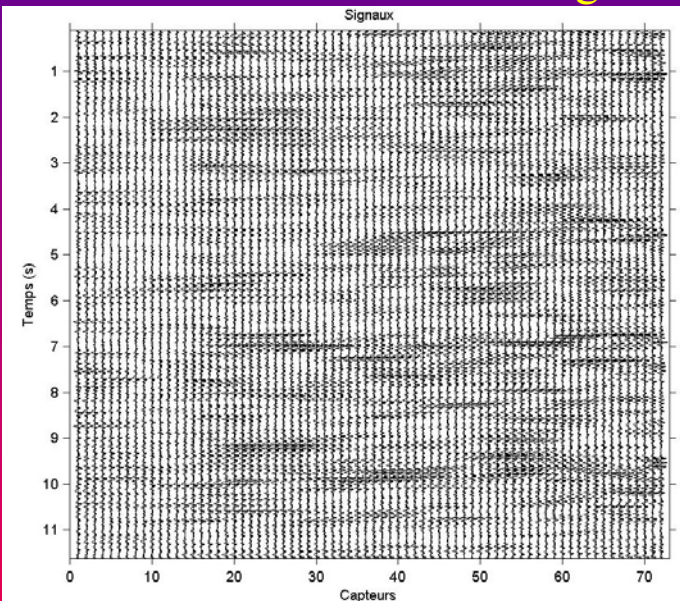




# Micro tremor anthropique

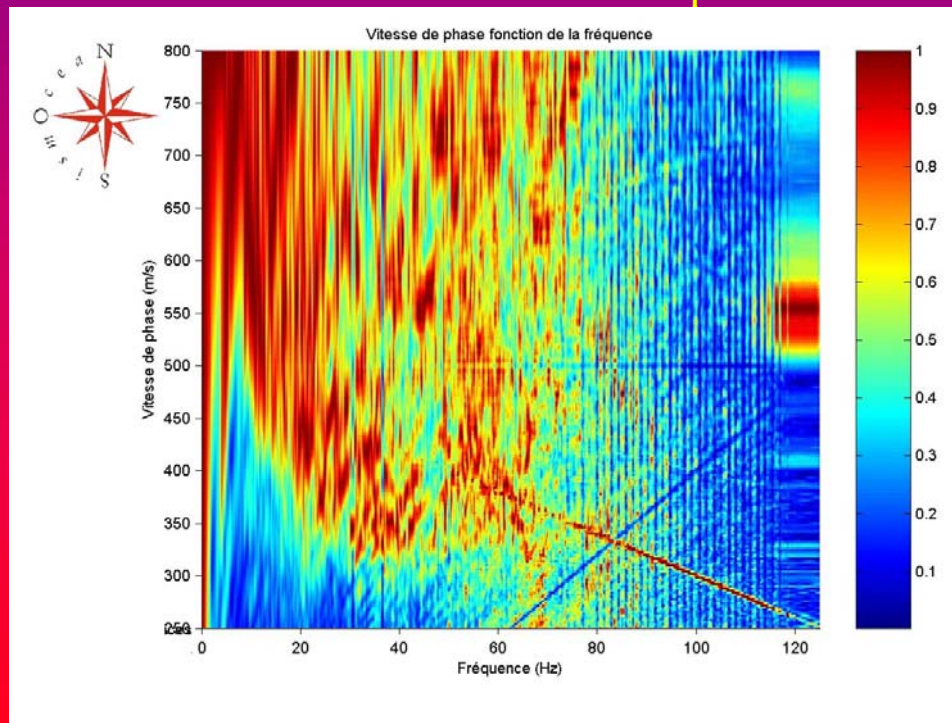


## Signal



Calcul de la dispersion des ondes

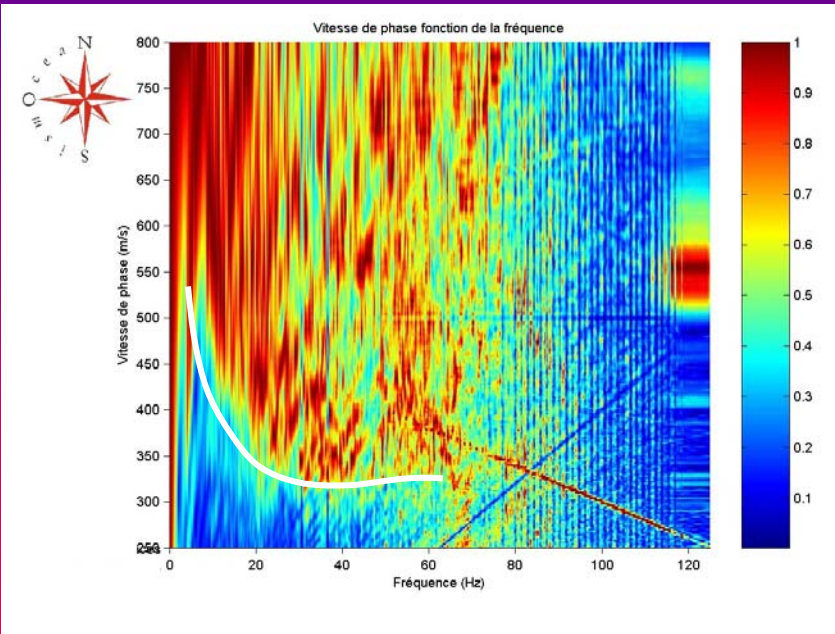
## Dispersion



# Microtremor : interprétation

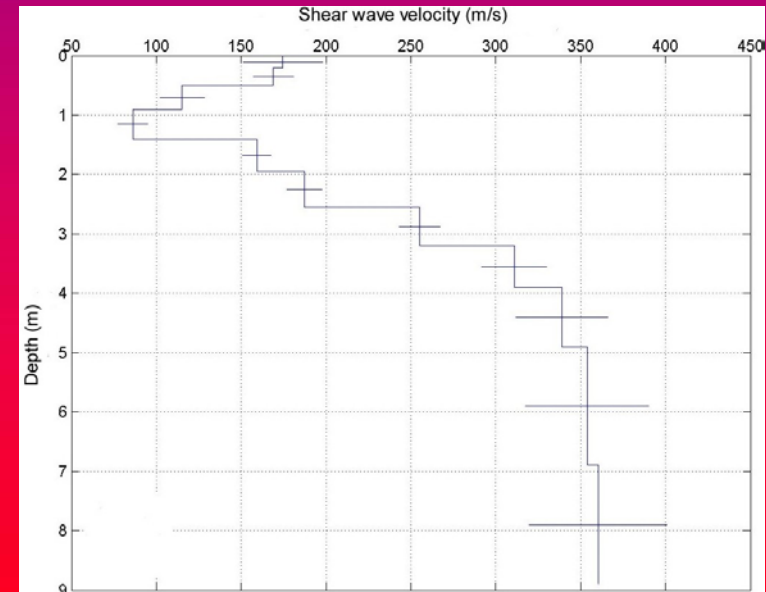


## Dispersion



Inversion à l'aide  
d'un modèle numérique

## Vitesse des ondes de cisaillement (m/s) en fonction de la profondeur





# Détection d'anomalies par DCOS

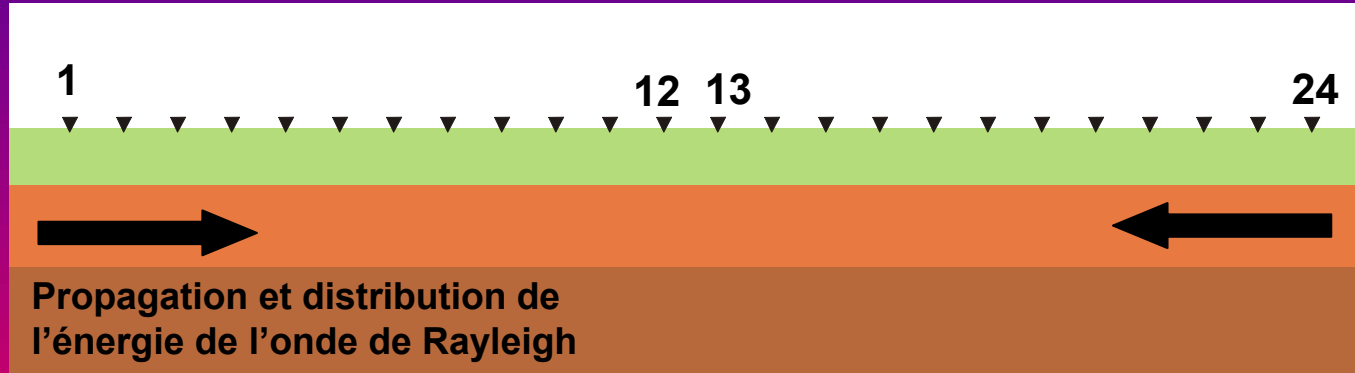
Principe et résultats

# Détection d'inhomogénéité cavités, zones décomprimées...(DCOS)

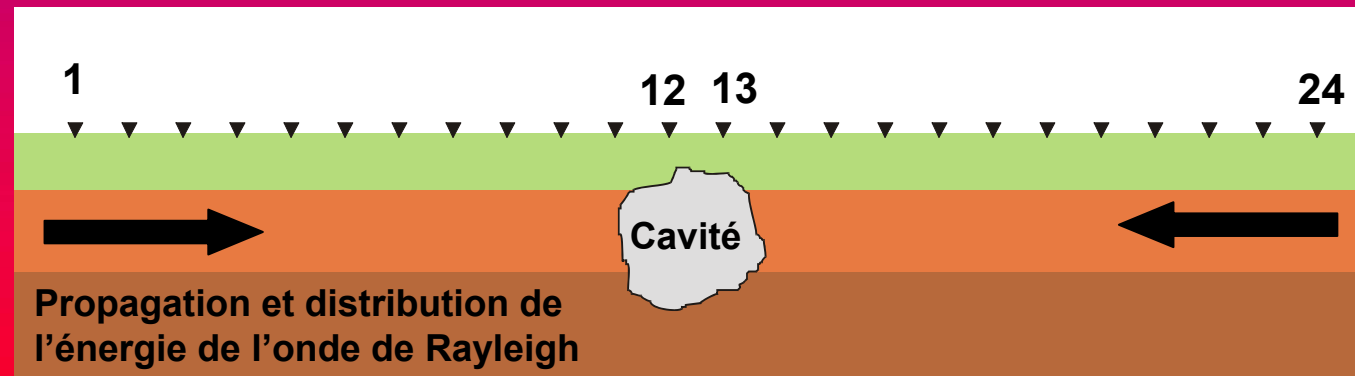


## Etude comparative des répartitions d'énergie

Sans  
inhomogénéité



Avec  
inhomogénéité



Analyse rapide sans inversion numérique

# Extraction de traces pour 1 dispositif de mesure de 96 traces



**Application du traitement par DCOS (sans inversion numérique)**

**Traitement sur 24 traces (faible profondeur)**



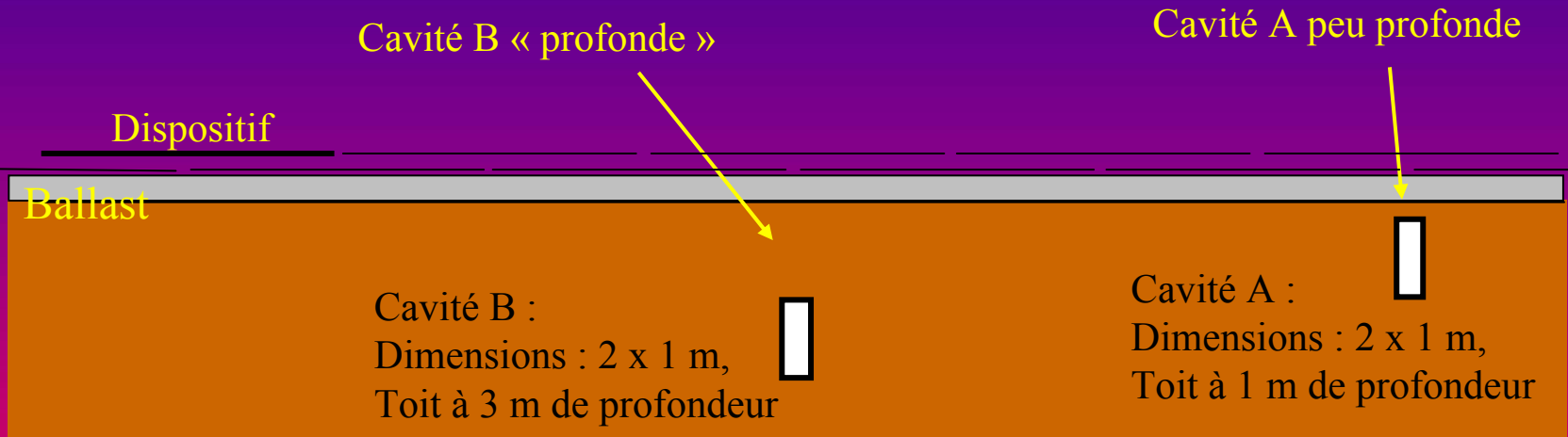
**73 analyses DCOS par dispositif**

**Traitement sur 48 traces ("grande profondeur")**



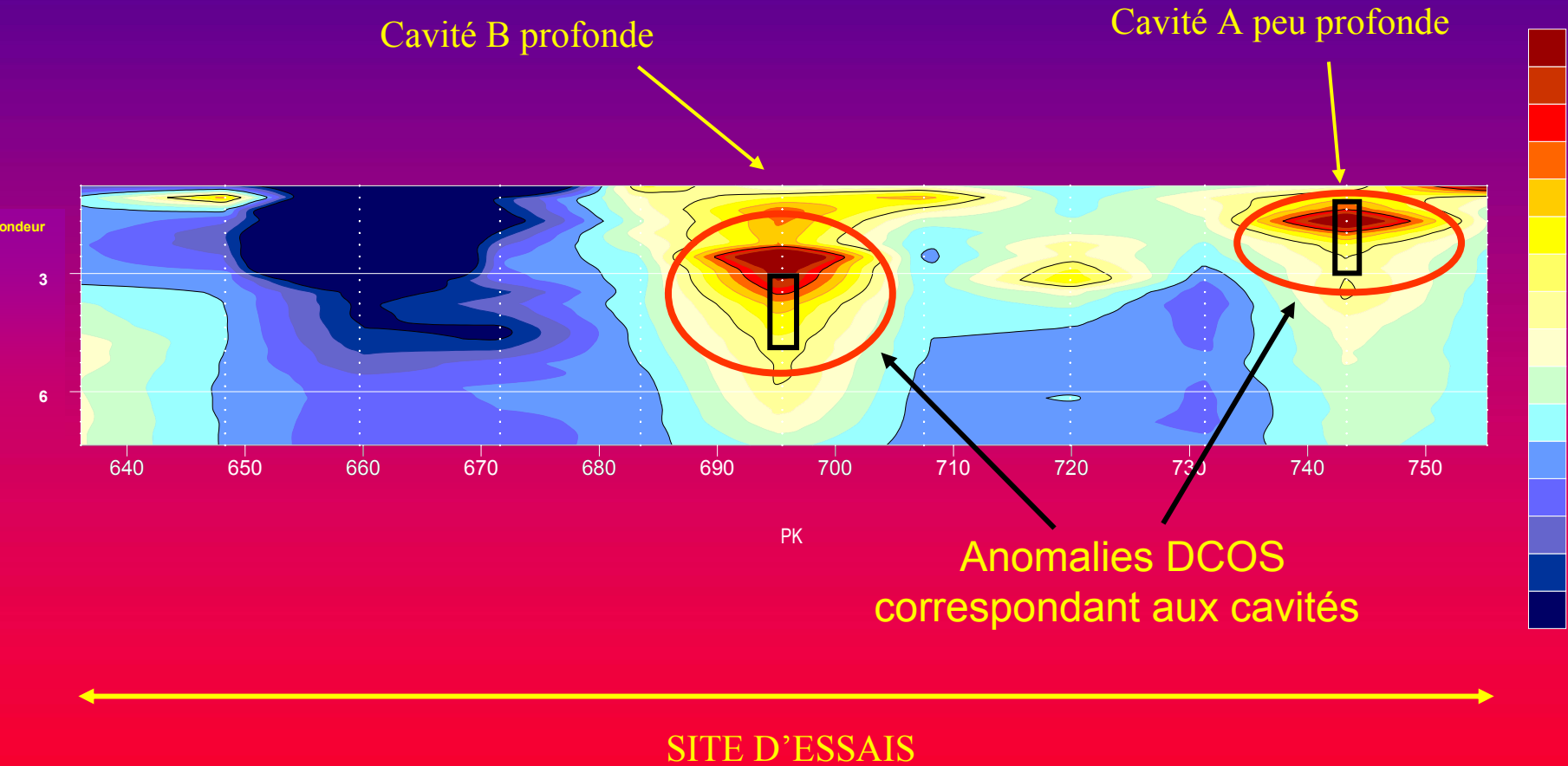
**49 analyses DCOS par dispositif**

# Site test de la SNCF (mesures sur voie)



- Mesures réalisées avec 11 dispositifs de 24 capteurs espacés de 1m
- Cavités à moitié remblayées

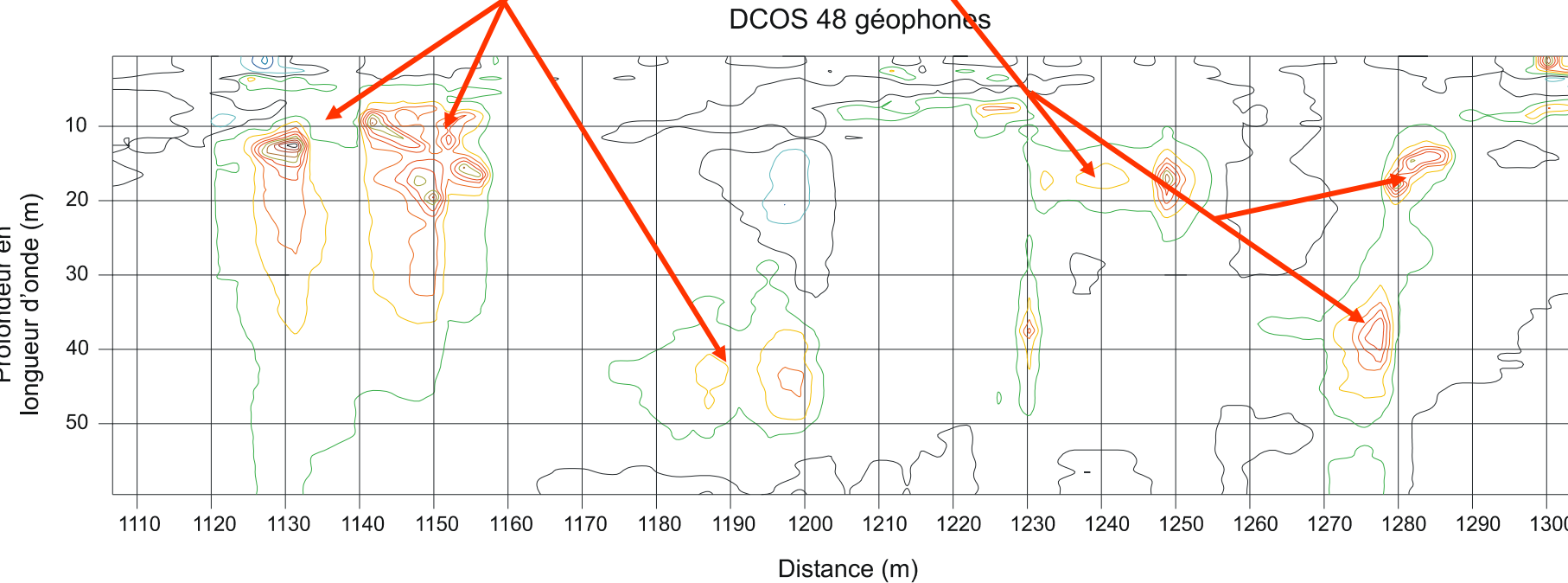
# Résultat de l'étude par DCOS



# DCOS sur voie ferrée



## Anomalies DCOS



96 capteurs  
espacés de 2m

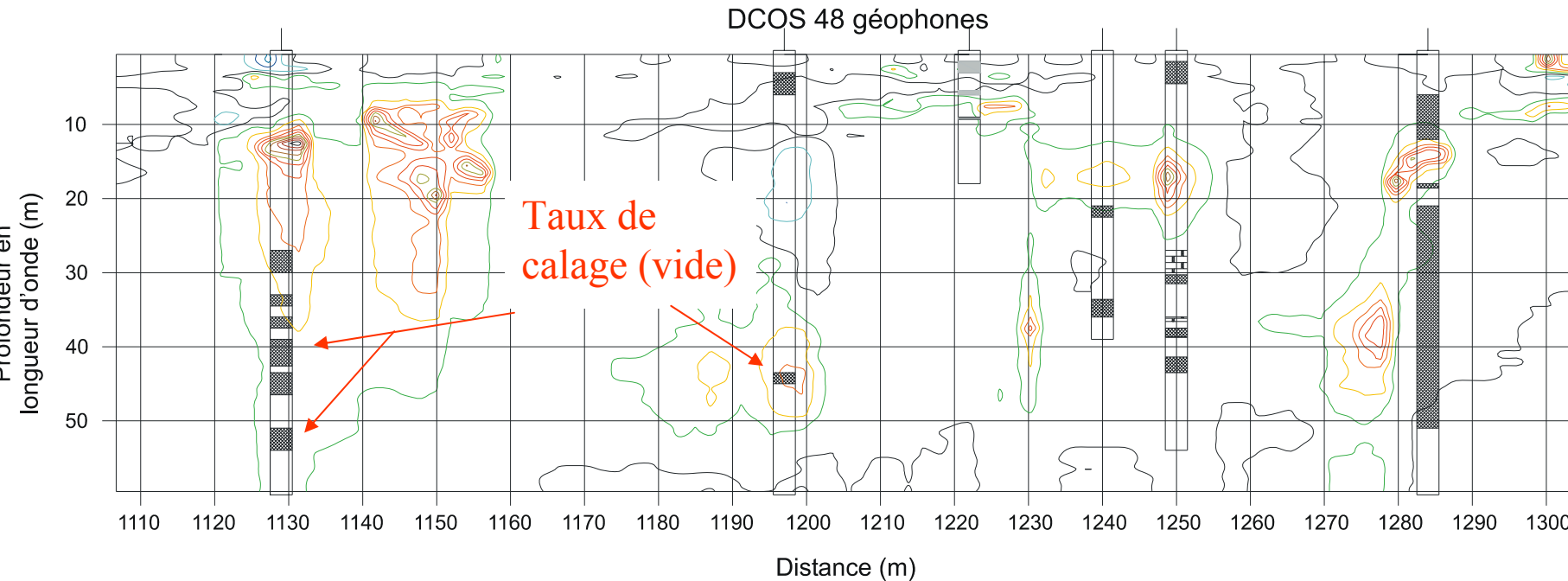


Avancement de 98 m par dispositif

1 analyse DCOS tous les 2 mètres



# Campagne de forages après DCOS

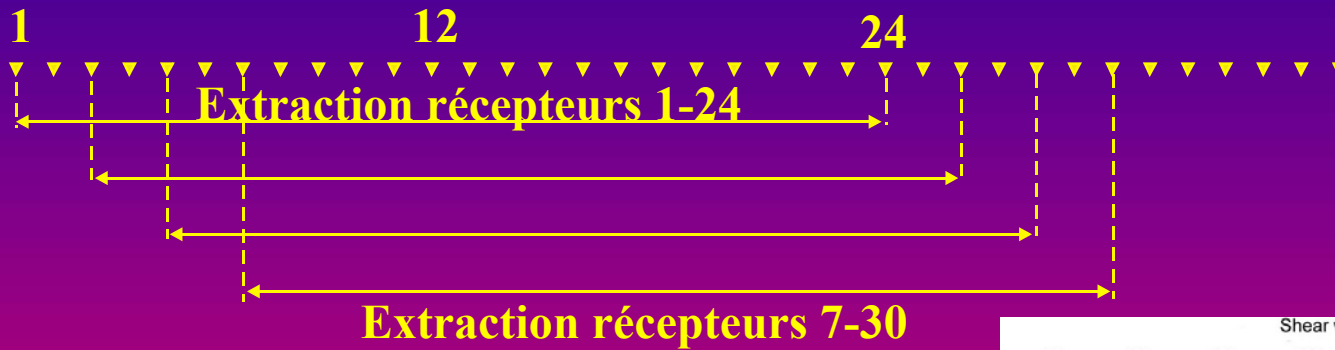


Plus de 90% de corrélation entre les anomalies DCOS et les résultats de la campagne géotechnique



# Combinaison DCOS et interprétation Vs

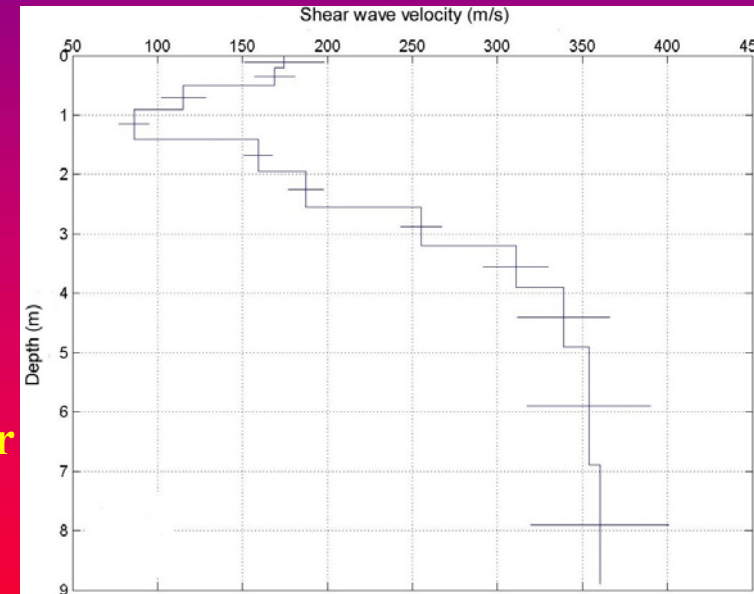
# Interpretation des ondes de surface à partir du micro tremor



Inversion  
numérique



$V_s$  (m/s)  
Fonction de  
la profondeur



1 dispositif utilisant  
96 récepteurs



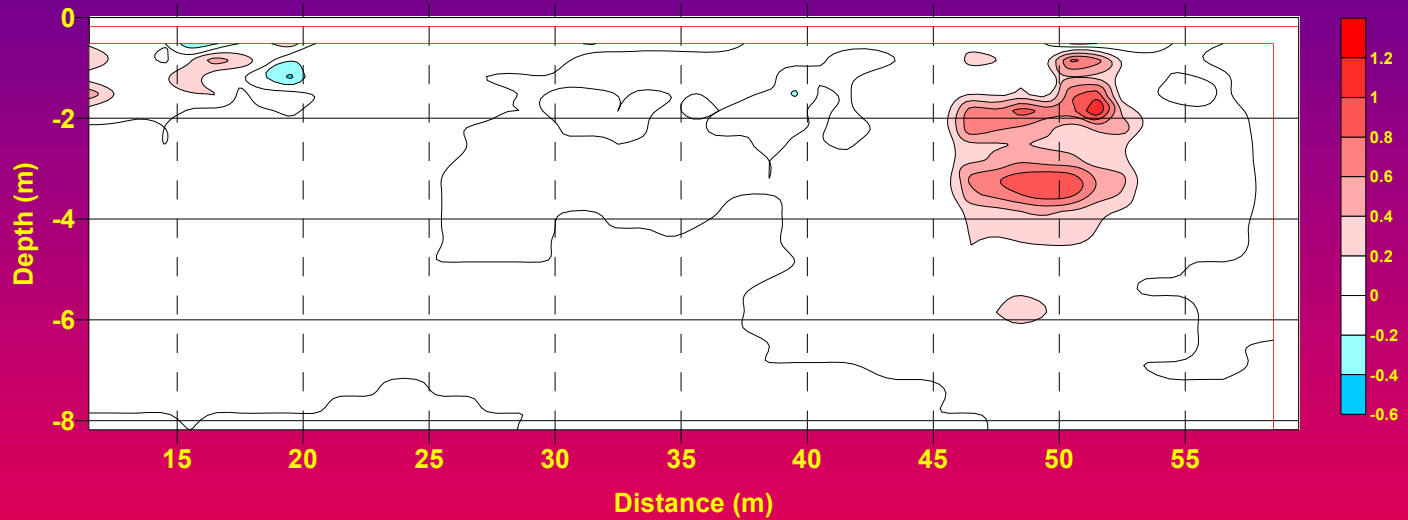
73 profils verticaux en  
vitesse de cisaillement



# DCOS avec 24 capteurs



## DCOS



Mesures réalisées avec 72 capteurs espacés de 1 m

Analyse DCOS avec 24 capteurs

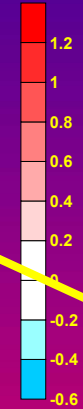
# DCOS et traitement en Vs



## DCOS

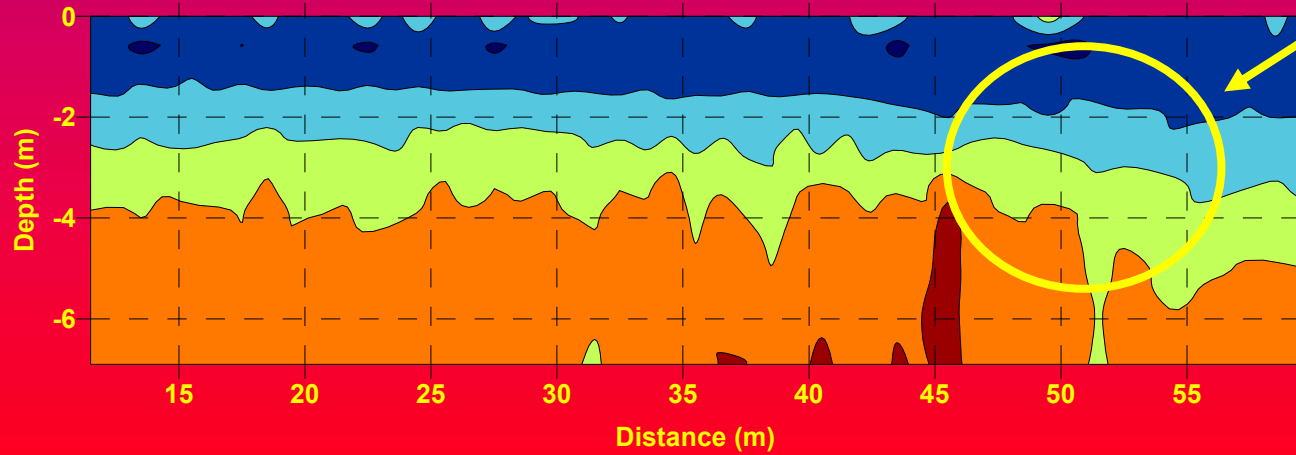


I.D.A.

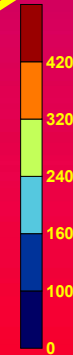


Anomalie DCOS en relation avec une rupture de tabularité

## Vs (m/s)



Vs (m/s)

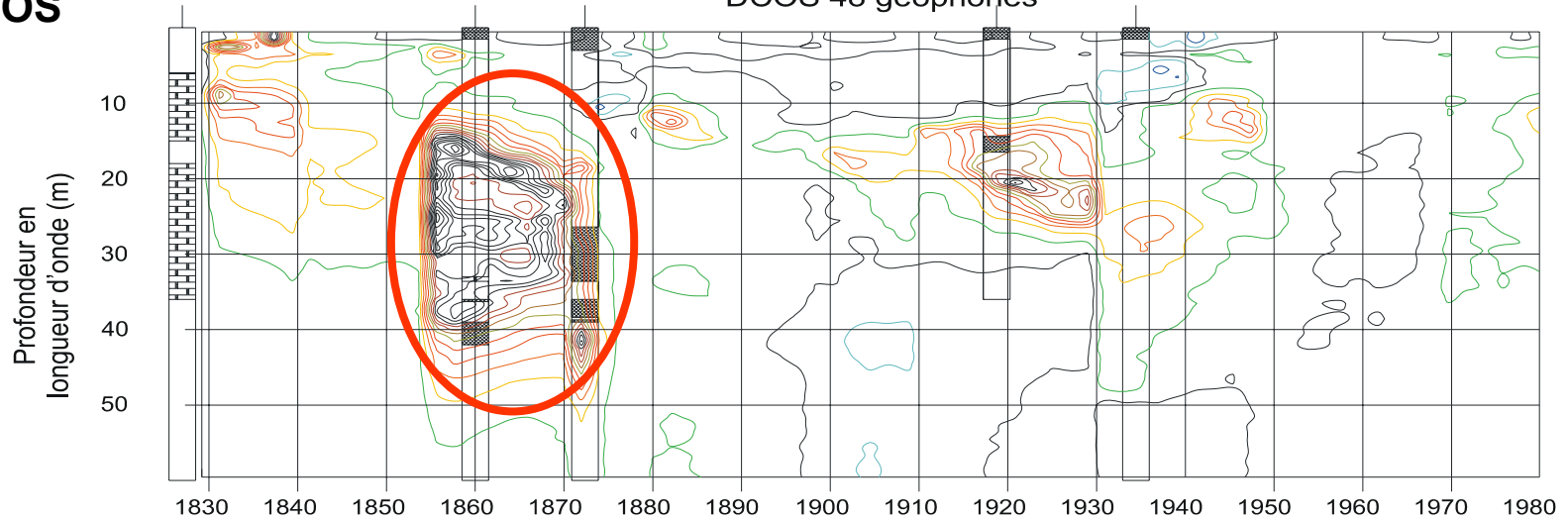


# DCOS et traitement en Vs par mesure de microtremor



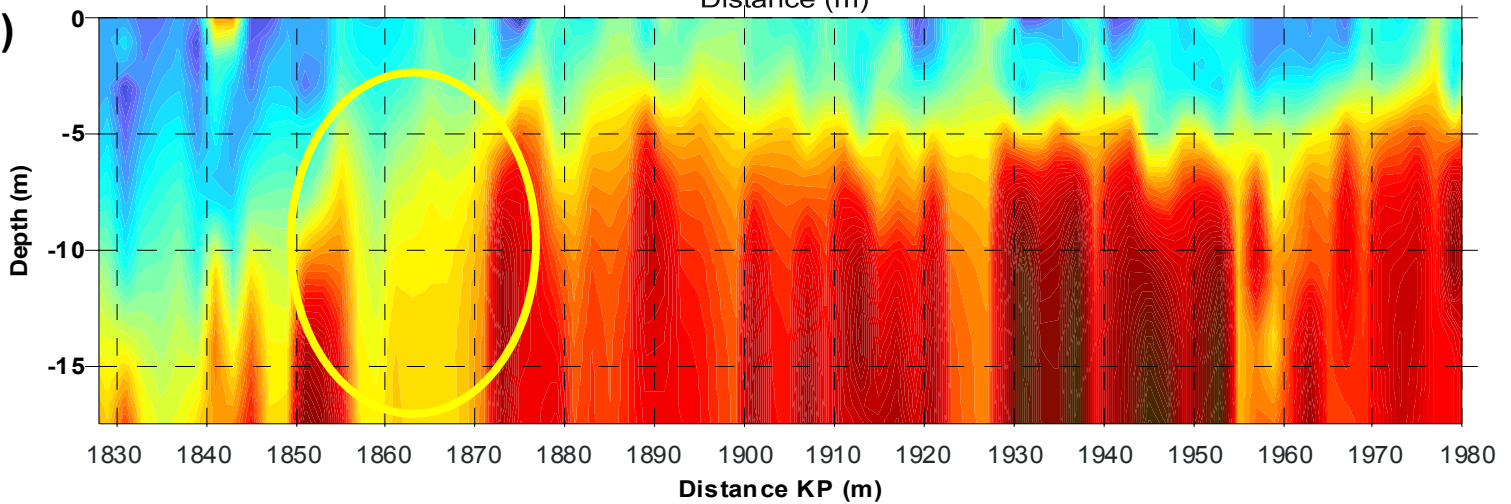
DCOS

DCOS 48 géophones



Vs (m/s)

Vs (m/s)



# Résumé



Acquisition

Enregistrement de microtremor  
(96 géophones espacés de 2m)

Traitements

Recherche d'anomalies  
par DCOS

( Sans inversion numérique)

Traitement classique  
des ondes de surface terrestres

Localisation d'anomalies en  
distance et profondeur

Vitesse de cisaillement en fonction  
de la profondeur

Résultats

Interprétation des anomalies  
et implantation de forages

# Conclusion

## DCOS et ondes de surface terrestres



### Ondes de surface terrestre

- Corrélation directe avec mesures au cône sismique, au cross-hole, essais labo
- Méthode moins coûteuse que le cross-hole
- Inversions de vitesse de cisaillement détectables

### DCOS

- Mise en œuvre simple et rapide
- Détection d'anomalies de la proche surface : zones décomprimées, cavités, changement de terrain
- Travail en milieu bruyé possible
- Méthode brevetée
  
- Grands linéaires possibles
- Avancement de 98 à 146 mètres par dispositifs