

GUIDE AFPS/CFMS

« Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous actions sismiques »

# Caractéristiques dynamiques des sols et reconnaissances

Etienne Flavigny



Association régie par la loi  
du 1.07.1901



## **4.1. Consistance des reconnaissances**

### **4.1.1. Adéquation des moyens de reconnaissances**

### **4.1.2. Détermination du profil du sol**

### **4.1.3. La mesure des paramètres**

#### **4.1.3.1. Par les techniques in situ**

#### **4.1.3.2. Par les techniques de laboratoire**

## **4.2. Comportement dynamique des sols**

### **4.2.1. Module de cisaillement et amplitude de la déformation**

### **4.2.2. Définition de l'amortissement**

#### **4.2.2.1. exemples de résultats**

### **4.2.3. Corrélations**

### **4.2.4. Mesure des caractéristiques après amélioration**

#### **4.2.4.1. Traitement dans la masse**

#### **4.2.4.2. Avec renforcement**

## 4.3. Liquéfaction

### 4.3.1 Critère global de liquéfaction

### 4.3.2 Mécanisme de la liquéfaction

### 4.3.3 Evaluation du potentiel de liquéfaction

#### 4.3.3.1 A partir du S.P.T.

#### 4.3.3.2 A partir du C.P.T.

#### 4.3.3.3 A partir du CPTU

#### 4.3.3.4 Utilisation de la mesure de $V_s$

#### 4.3.3.5 Essais de laboratoire

***Partie présentée dans l'exposé suivant de M. DURAND***

## CHAPITRE 4 et Annexe A (Suite)

### **B.1. Essais de sols à partir de la surface**

B.1.1. Réfraction sismique

B.1.2. Méthode SASW

B.1.3. Méthode CSW

B.1.4. Méthode MASW

B.1.5. Mesure de bruit de fond

### **B.2. Essais de sols en forage ou in situ**

B.2.1. Méthode Downhole

B.2.2. Méthode Uphole

B.2.3. Méthode Cross Hole

B.2.4. Méthodes soniques couplées à des essais de pénétration

B.2.5. Dilatomètre Marchetti

B.2.6. Les essais S.P.T

B.2.7. Les essais au pénétromètre statique CPT

B.2.8. Les essais au piézocone

B.2.9. Les essais pressiométriques

### **B.3. Par les techniques de laboratoire**

B.3.1. L'essai à la colonne de résonance

B.3.2. Essai triaxial cyclique

B.3.3. Essai de cisaillement simple

# La problématique

- Quelles sont les classes de sols ?
- Quels moyens de reconnaissance géotechnique utiliser en fonction des sites ?
- Comment définir les sols à améliorer ?
- Comment contrôler l'amélioration des sols ?
- Comment définir les paramètres de calcul ?

# Les classes de sol ( EC8-5)

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (coups/30 cm)	$c_u$ (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	—	—
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de $v_s$ de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s			
S <sub>1</sub>	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	—	10 – 20
S <sub>2</sub>	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S <sub>1</sub> .			

**L' EC 8-5 définit les classes de sol à partir**

**de  $V_s$**

**de  $N_{SPT}$**

**de  $c_u$**

**Role prépondérant du  $V_s$**

# Adéquation des moyens de reconnaissances

Type Méthode	Reconnaissance en masse	Reconnaissance verticale	Essais de laboratoire
Vibro-flottation	?	?	?
Compactage dynamique	?	?	?
Plots pilonnés	?	?	?
Colonne ballastées	?	?	?
Inclusion rigides	?	?	?

*Pour les comportements statique ST/dynamique DY ou en liquéfaction LI*

# Adéquation des moyens de reconnaissances

	reconnaissance en masse							reconnaissance verticale							essais de laboratoire													
	prospection électrique	prospection géophysique	SASW	CSWS	down hole	Up hole	cross hole	pressionnètre	SPT	CPT	CPTU	scissometre	sismoscone	DMT	forage avec échantillons triaxiaux	paramètres de forage	identification	oedomètres	triaxiaux	mesure G et D	triaxial cyclique							
	<i>Reconnaissance préalable : moyens à adapter en fonction du type de sol et de projet</i>																											
	ST-	DY++	DY+	DY-	DY+	DY+	DY++	ST+ (++) DY--	ST++	ST++	ST++	ST++	DY+		ST++	ST+	ST++	ST++	ST++	DY++	LI++							
<u>Méthode amélioration de sol</u>	<i>Reconnaissance complémentaire par type d'amélioration choisi</i>																											
en masse	-	DY++	DY+	DY-	DY+	DY+	DY++																					
drains verticaux												ST+ CO+			ST++		ST+	ST++	ST+									
surchage temporaire												ST+ CO+			ST++		ST+	ST++	ST+									
consolidation atmosphérique												ST+ CO+			ST++		ST+	ST++	ST+									
vibroflotation								LI+ ST++ CO++	LI++ ST+ CO+	LI++ ST++ CO++	LI++ ST++ CO++				ST++		ST+				LI+							
compactage dynamique								ST+ CO++	ST+ CO+	ST++ CO++					ST++		ST+				LI-							
en semi masse	difficile car sol + inclusion hétérogène																											
plots pilonnés									ST+ CO-	ST++ CO++	ST+			ST++		ST+	ST++						ST+	ST++			LI-	
colonne ballastée	difficile car sol + inclusion hétérogène								ST+ CO-	ST++ CO++	ST++				ST++		ST+	ST++	ST+			LI+						
inclusion rigide									ST-	ST++	ST++					ST++							ST+	ST++	ST+		LI-	
inclusion de sol malaxé et traité aux liants																												
micropieux									ST+	ST++	ST++												ST++		ST+			LI-

reconnaissance parametres statique (base) ST  
 reconnaissance parametres dynamique DY  
 liquefaction LI  
 contrôle CO

ST adapté --  
 DY moyennement adapté +  
 LI pas adapté -

( ) adapté seulement dans certains types de sol

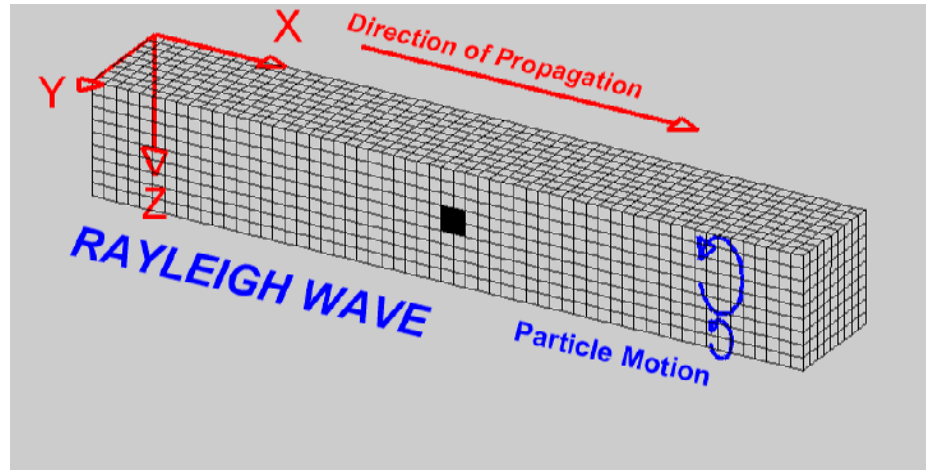




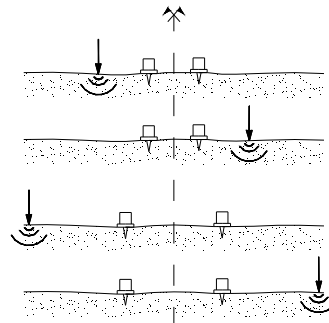
# Les essais à partir de la surface

- Essais de propagation d'ondes de surface
- Non intrusifs
- Mesure de la vitesse de propagation des ondes
- Utilisation de techniques d'inversion
- Interprétation essentiellement en élasticité isotrope,) milieu homogène (...ou homogénéisé)
- Ne permettent pas de mesurer l'amortissement matériel
- Détermination des profils  $V_{s30}$

# Les essais d'ondes de surface

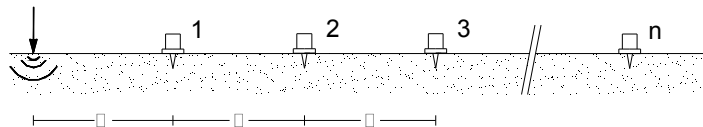


**Deux géophones (SASW)**



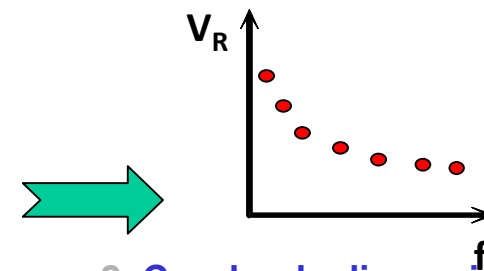
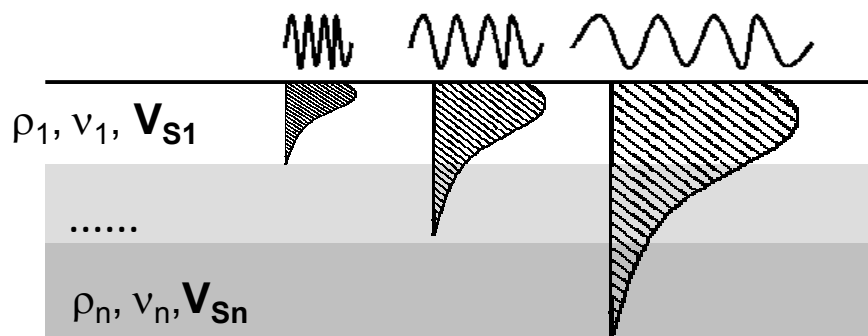
Source de surface soit  
Impact  
Soit vibreur

**Multi-géophone  
(MASW, CSW,.....)**



# Les essais à partir de la surface

## 1. Génération d'ondes de Rayleigh



## 2. Courbe de dispersion expérimentale

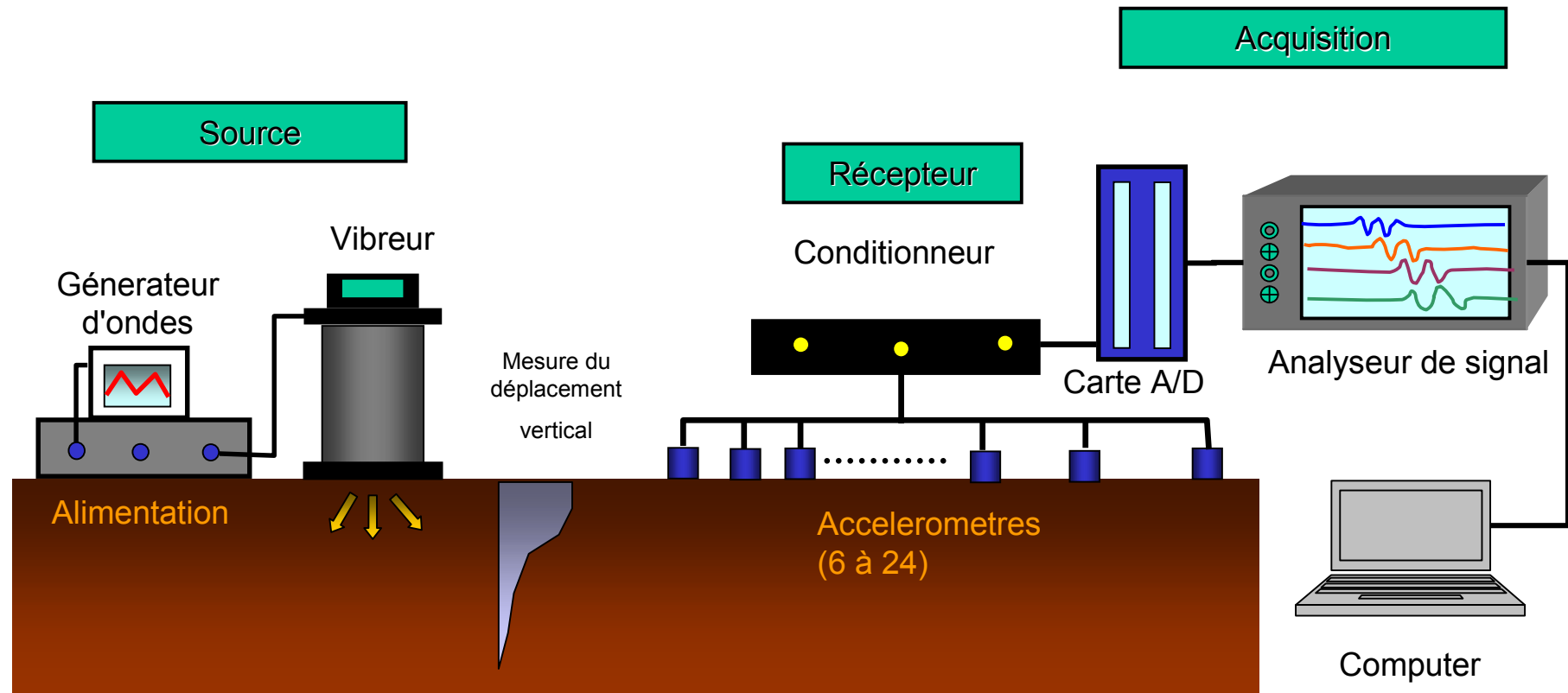
## 3. Résolution du problème inverse

D'après F. Silvestri

# Les essais MASW

Multi channel analysis of surface waves  
Automatisation  
Balayage en fréquence

•



D'après F. Silvestri

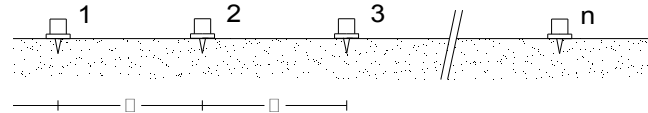
# Les essais à partir de la surface



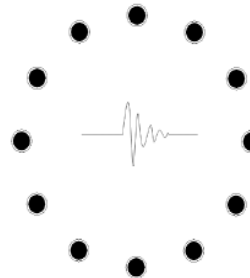
# Les mesures de bruit de fond

Technique passive

**Flute linéaire (ReMi)**



**Disposition spatiale**  
(SPAC, ESAC,...)

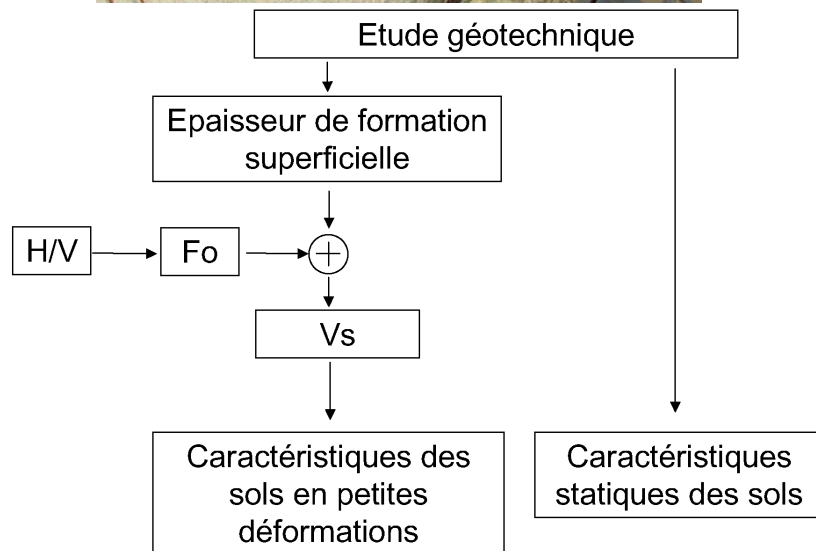


La source est le bruit de fond : vent, Micoséisme, vibrations

Méthode H/V

La méthode H/V consiste à estimer la fréquence de résonance d'un site en effectuant le rapport (moyenne des composantes horizontales sur composante verticale des amplitudes spectrales du bruit enregistré). La fréquence  $F_0$  de résonance du site, pour un milieu 1D avec une couche d'épaisseur  $h$  et de vitesse d'ondes de cisaillement  $V_s$  surmontant un substratum rocheux, est  $F_0 = V_s/4h$ .

# Application H/V



- Bruit de fond sismique : bruits aléatoires et périodiques dus aux activités humaines et naturelles.
- Niveau de sollicitation :  $10^{-5}$  à  $10^{-3}$   $m.s^{-2}$ . Accélération des séismes réglementaires en France : 1 à  $4.5 m.s^{-2}$ .
- Avantages : pas de nuisance, mise en œuvre rapide, légèreté du matériel et coût faible permettant la multiplication des mesures (microzonage sismique).
- Mode opératoire de la méthode ponctuelle de Nakamura (1989) : mesure des vitesses à l'aide d'un capteur et d'une centrale d'acquisition.
- Domaine de fréquence  $> 1$  Hz.

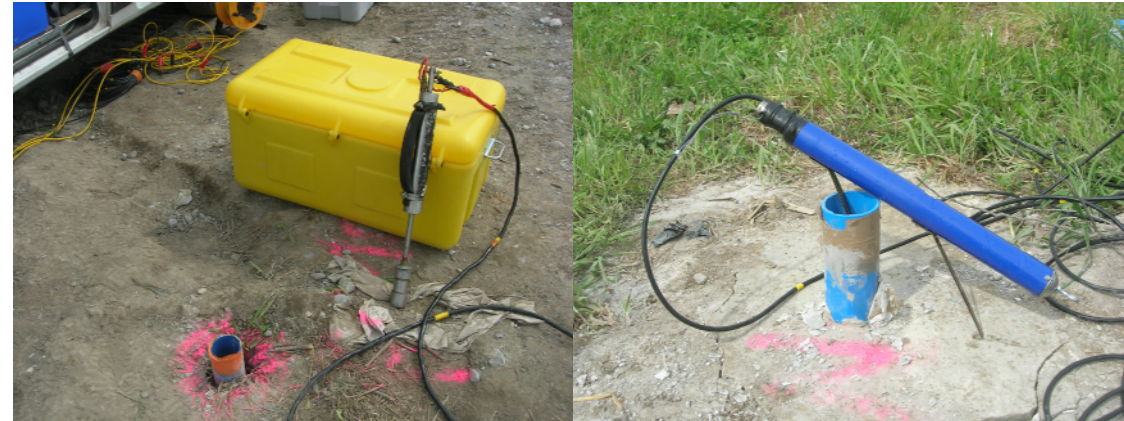
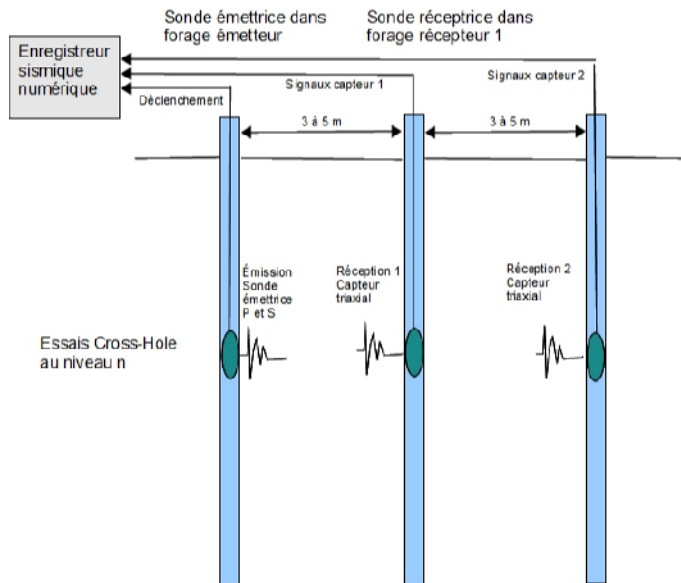
# Les essais en forage

- Essais "intrusifs"
  - 1 Forage
    - Down hole
    - Sismo cone
    - Seismic Dilatometer
    - Suspension logging
  - 2 ( ou 3) Forages
    - Cross hole



# Cross Hole

## PRINCIPE DE L'ESSAI CROSS-HOLE



Scellement des tubes/bon contact au terrain

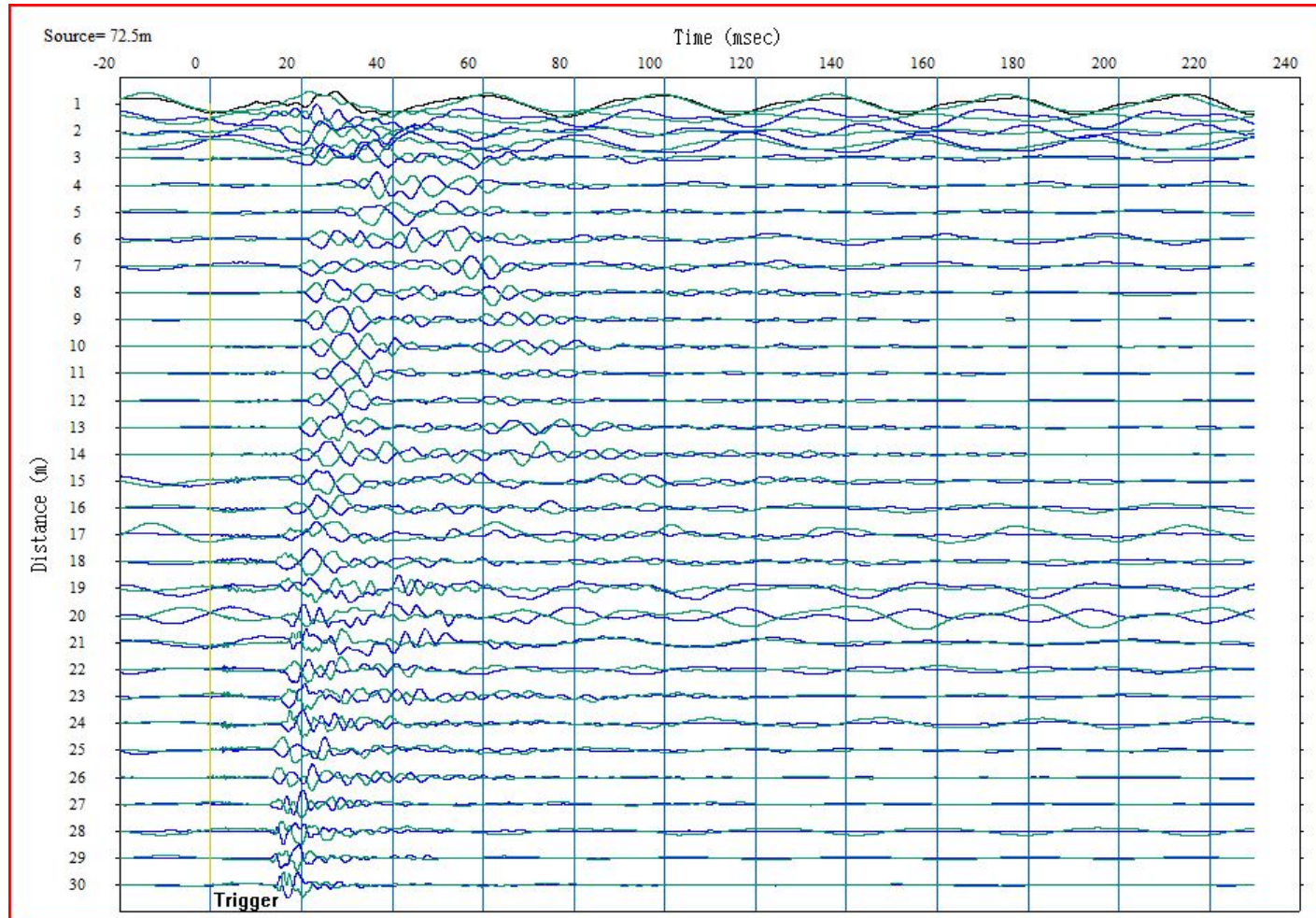
Mesure inclinométrique de distance

Mesure de  $V_p$  et  $V_s$

innogeo



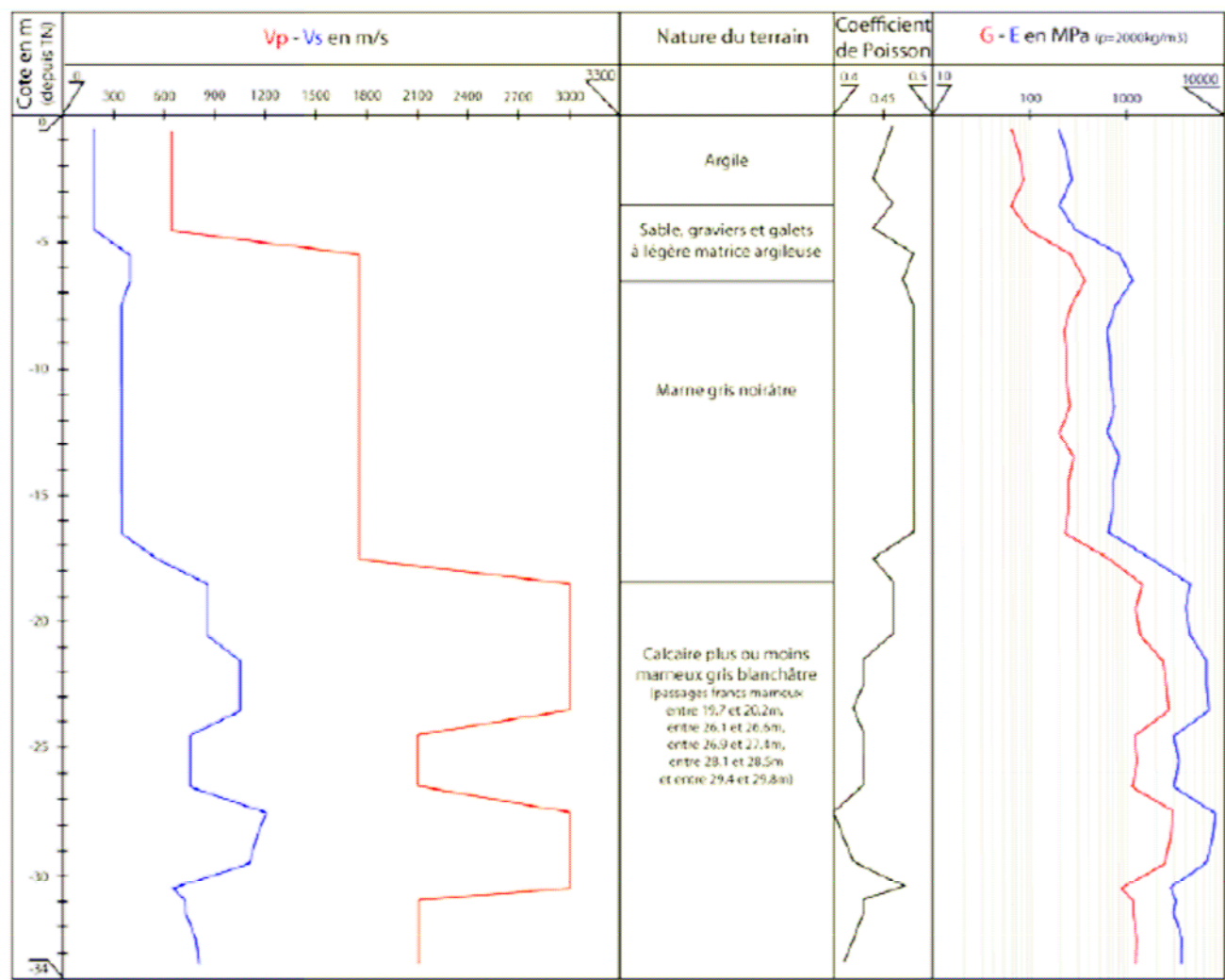
# Cross Hole



innogeo



# Cross Hole

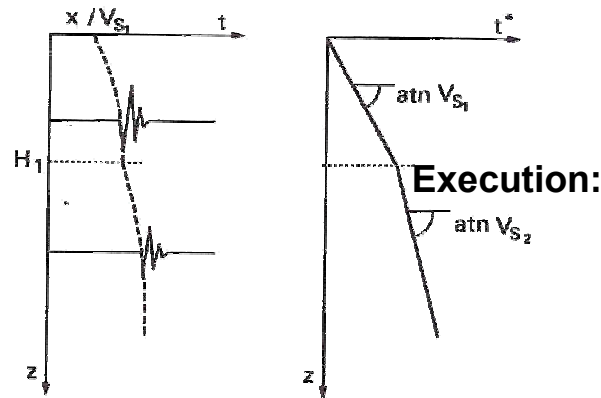
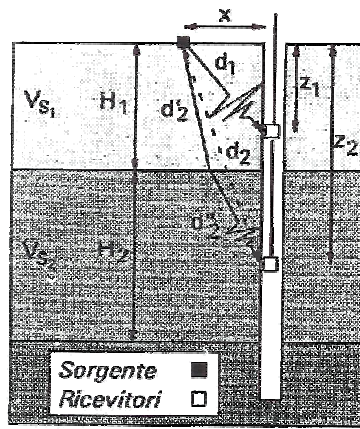


innogeo

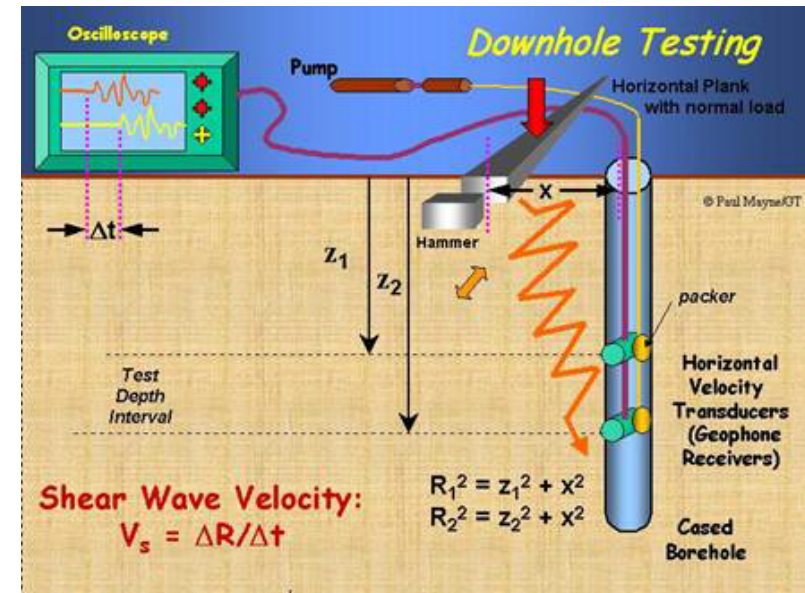


# Down Hole

## Down-Hole test (DH)



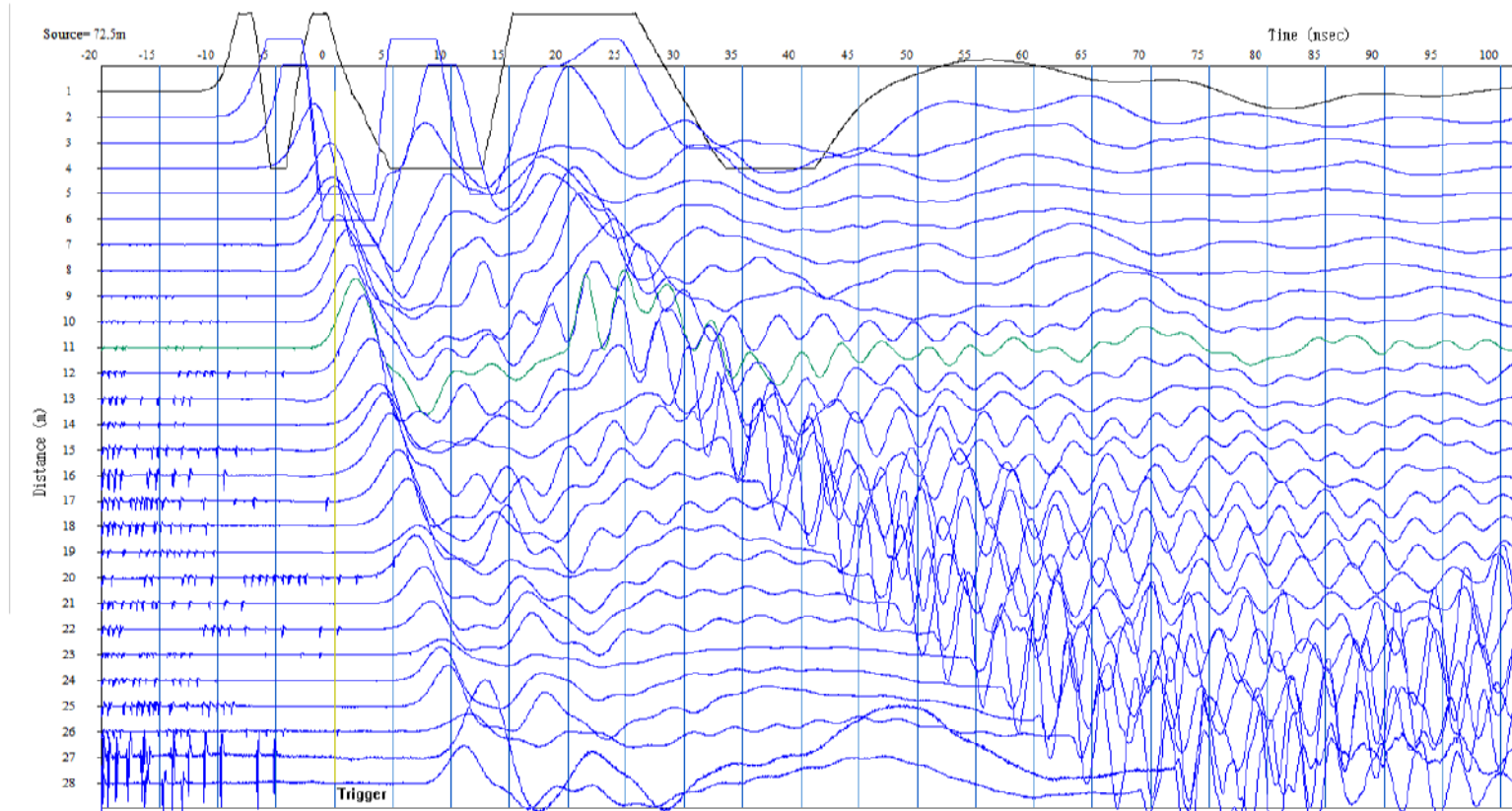
Source en surface  
Un seul forage  
Mesure des temps d'arrivée d'ondes SH.  
Atténuation avec la profondeur



D'après F. Silvestri

# Down Hole

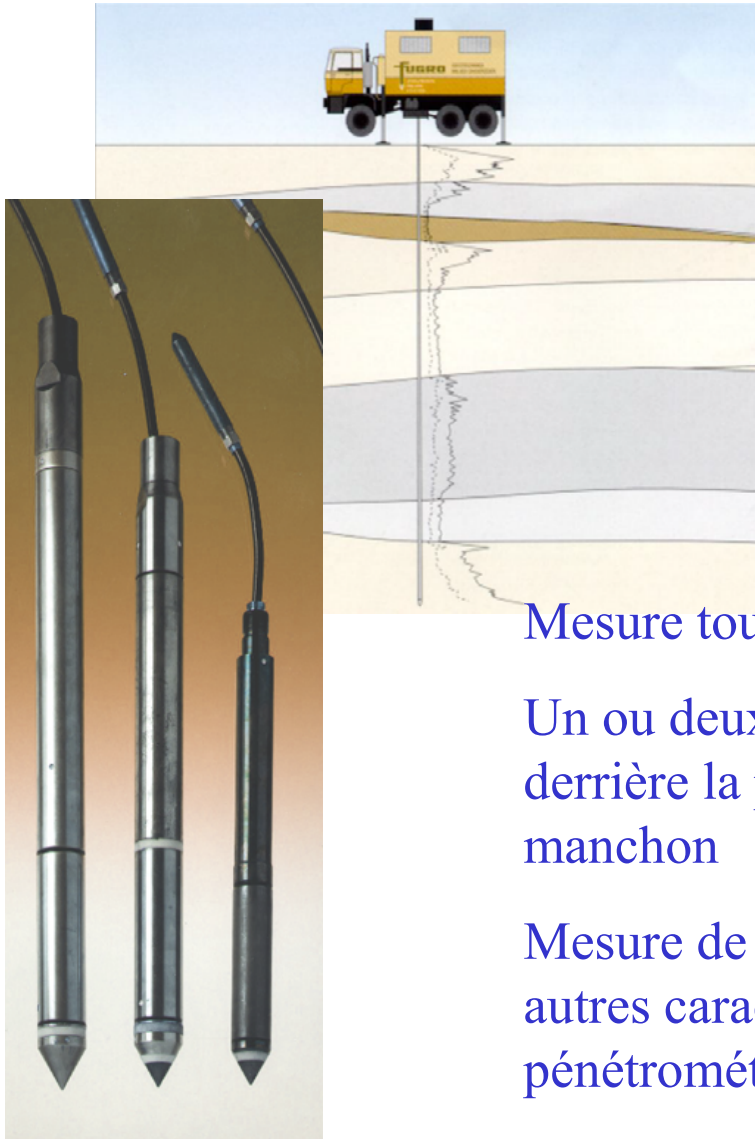
IKEA CLERMONT-FERRAND - ESSAIS CROSS-HOLE ET DOWN-HOLE DU 28/02/2012 - ENREGISTREMENT DES ONDES DE COMPRESSION P



innogeo



# Cône sismique



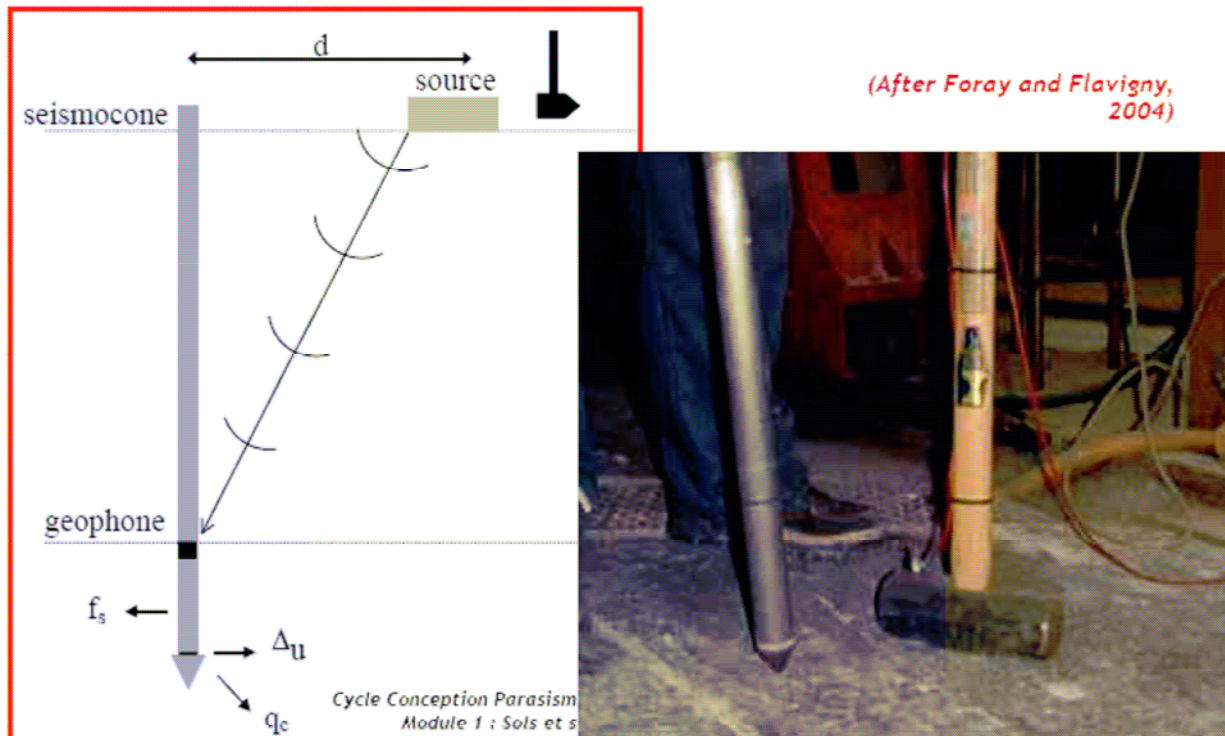
Mesure tous les mètres

Un ou deux récepteurs  
derrière la pointe et le  
manchon

Mesure de  $V_s$  et des  
autres caractéristiques  
pénétrométriques



# Cône sismique

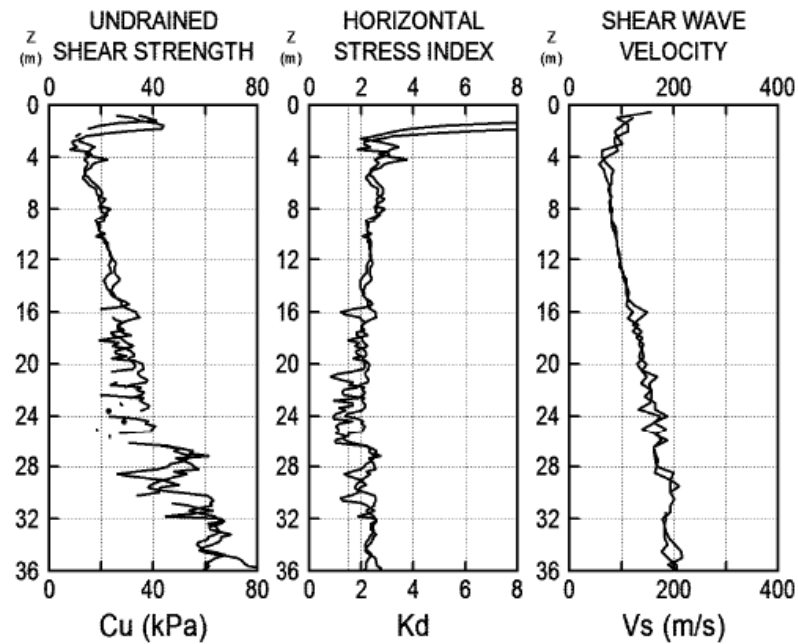
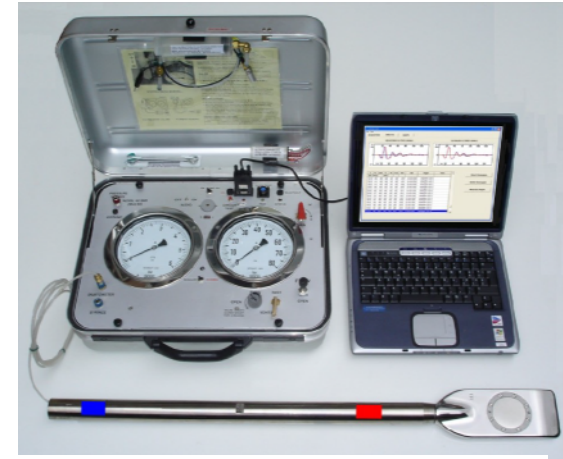
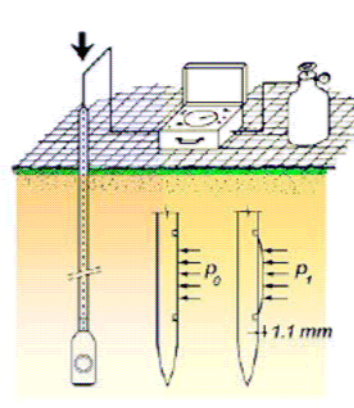
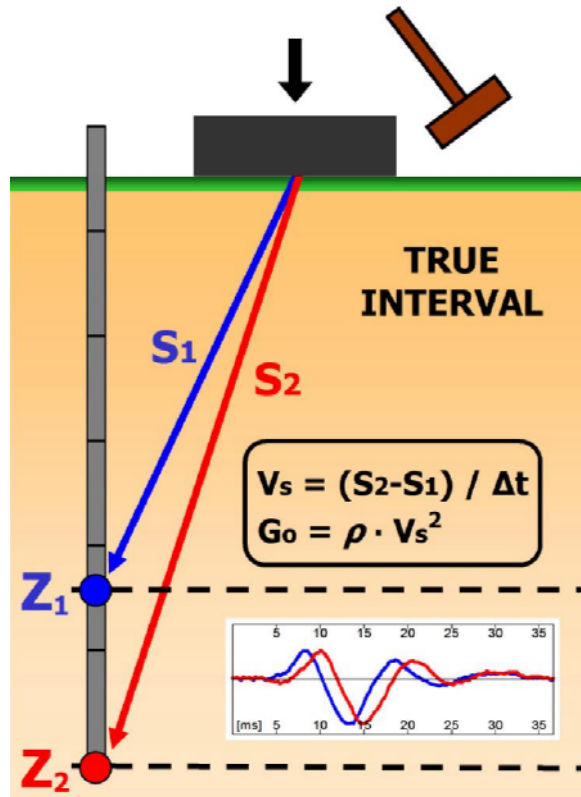


Mesure tous les mètres

Un ou deux récepteurs derrière la pointe et le manchon

Mesure de  $V_s$  et des autres caractéristiques pénétrométriques

# Dilatometre Marchetti SDMT

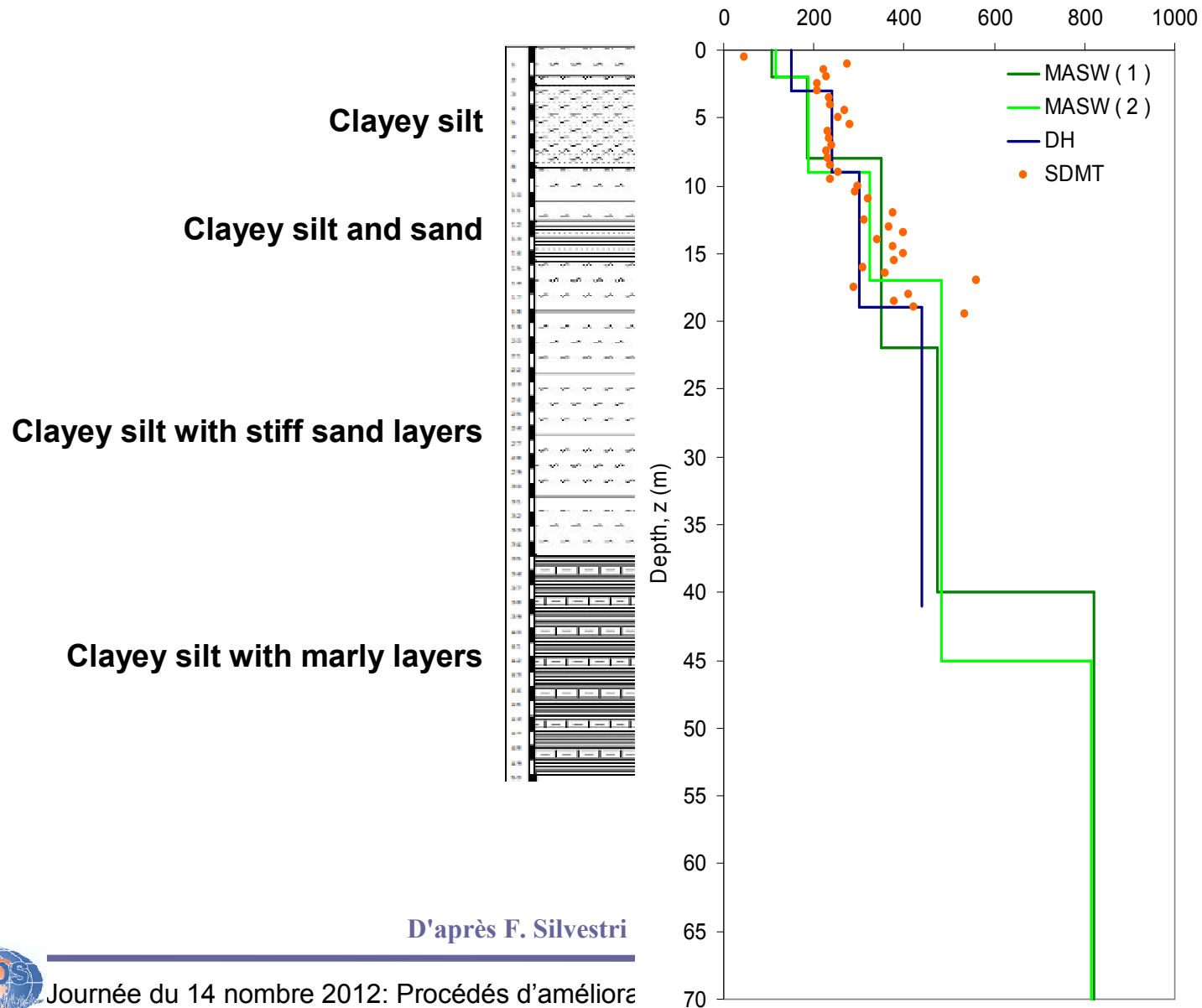


D'après B. Dumolard et al, JNGG 2010





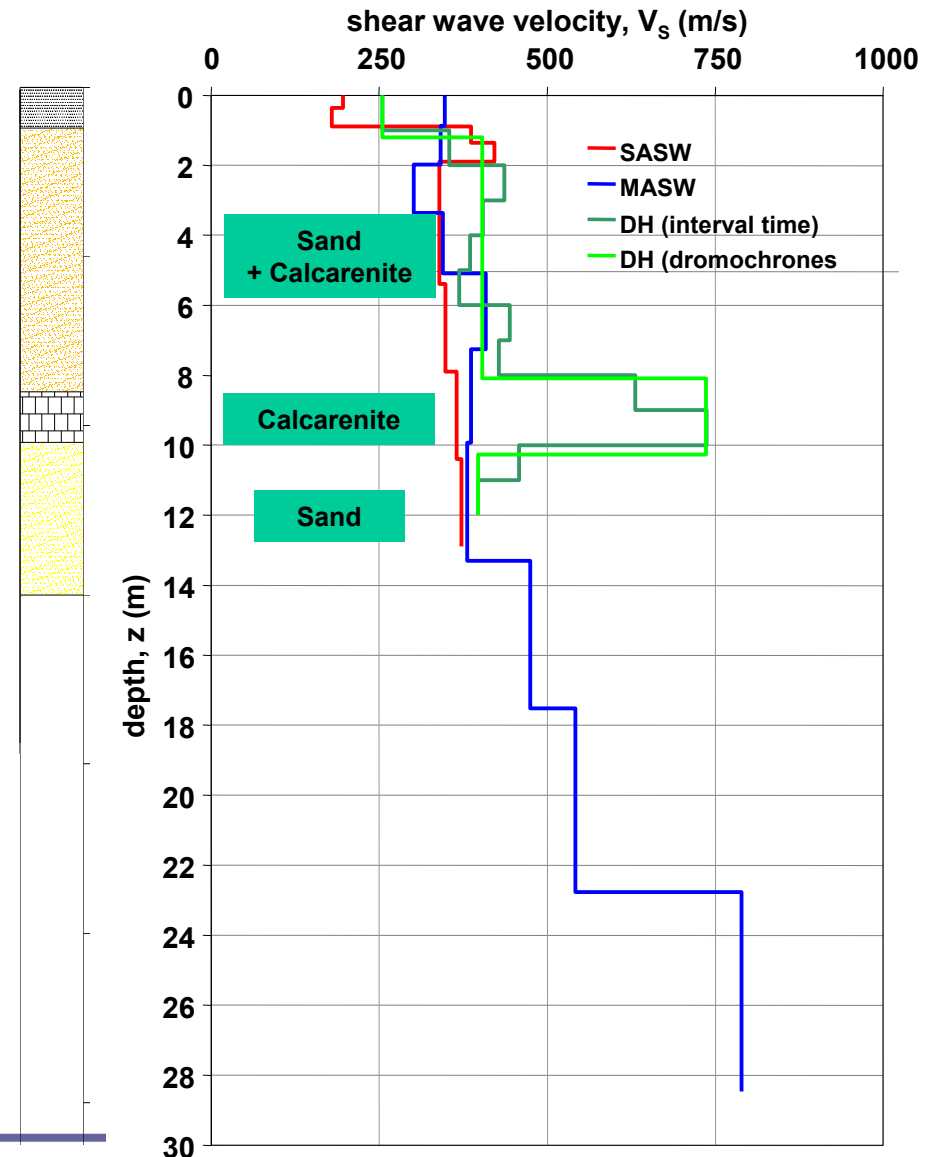
# Quelques comparaisons



D'après F. Silvestri



# SASW/MASW/Down Hole



# En conclusion

- Adaptation au terrain
- Objectif : Mesure de  $V_{S30}$  : conduit à privilégier les essais géophysiques en forage
- Aucun essai in situ ne permet de mesurer l'amortissement matériel  $D$  ( ou  $\eta$  )

	<b>CH</b>	<b>DH</b>	<b>SASW/MASW</b>
<b>Nombre de forage</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>x</b>
<b>Inclinomètre</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>	<b>x</b>
<b>Profondeur max</b>	<b>Illimité</b>	<b>Limité</b>	<b>30/50m</b>
<b>Volume testé</b>	<b>Constant</b>	<b>Variable</b>	<b>Variable</b>
<b>Atténuation avec "z"</b>	<b>Non</b>	<b>oui</b>	<b>oui</b>
<b>Résolution</b>	<b>forte</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Moyenne</b>
<b>Facilité d'interprétation</b>	<b>Grande</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Faible</b>
<b>Cout</b>			

# En conclusion

EC8-5

## § 4.2.2 : Détermination du profil de sol pour la définition de l'action sismique

(5) Pour des structures importantes, dans des régions de forte sismicité, en particulier dans les conditions de sols de classe D, S<sub>1</sub>, ou S<sub>2</sub>, il convient d'utiliser des mesures in situ du profil  $v_s$  effectuées par des méthodes géophysiques en forage.

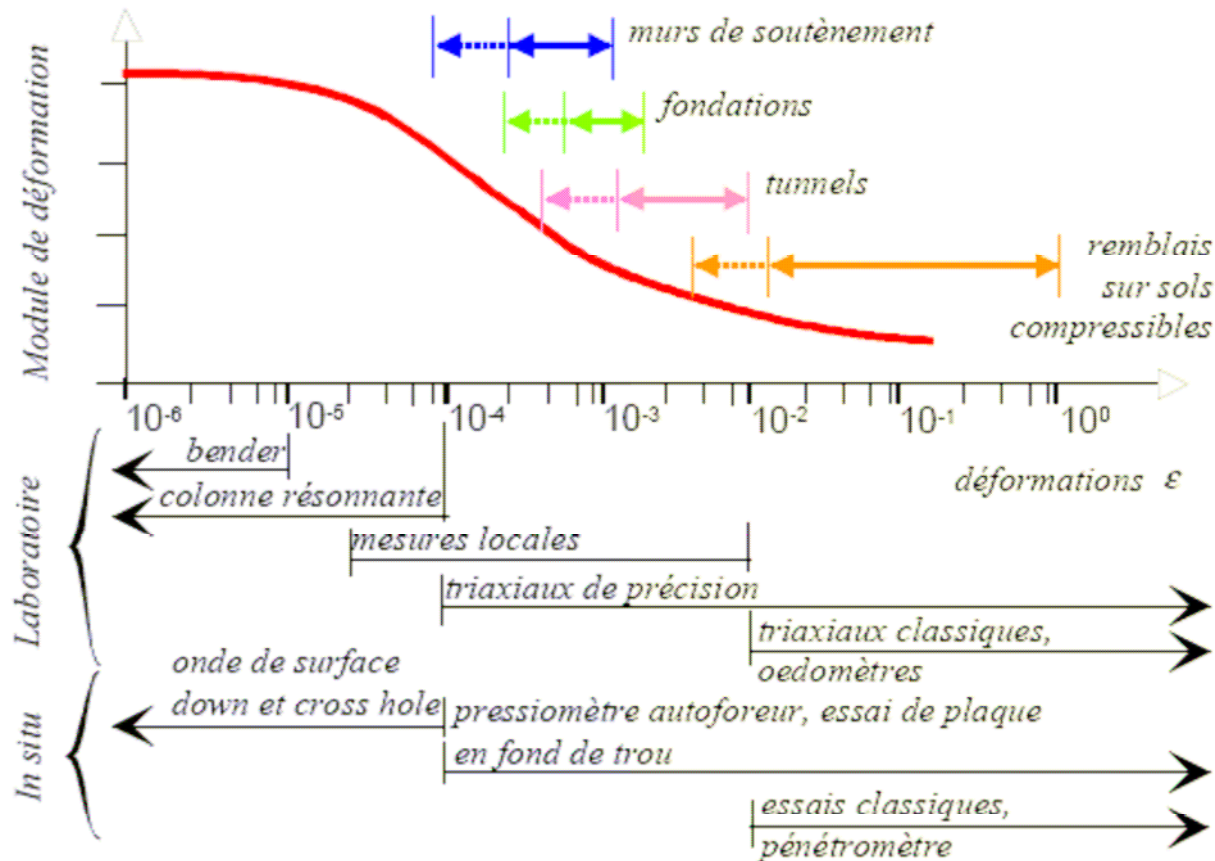
# Les essais de laboratoire

- Le triaxial cyclique
- L'essai de cisaillement simple
- L'essai à la colonne de résonance
- L'essai triaxial sur cylindre creux ( non traité)
- L'utilisation d'éléments fléchissants ( bender éléments)

Mais

- Représentativité des échantillons
- Conditions de prélèvement

# Les gammes de déformation



Des déformations de  $10^{-6}$  à  $10^{-3}$  ou  $10^{-2}$



Mesures par un mode chargement *statique* ou *dynamique*

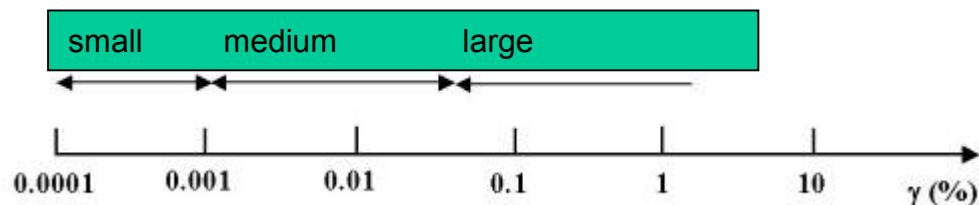
Figure 1. Domaines d'utilisation des matériels d'essais pour la détermination des modules de déformation

Reiffsteck, Param 2002

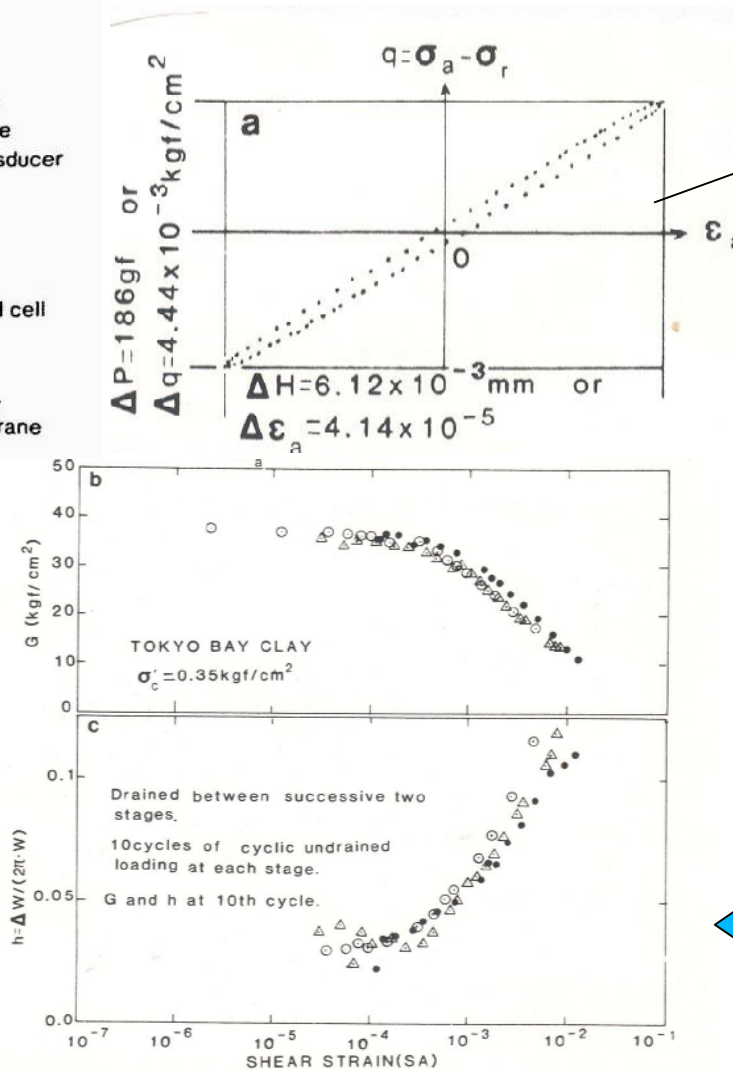
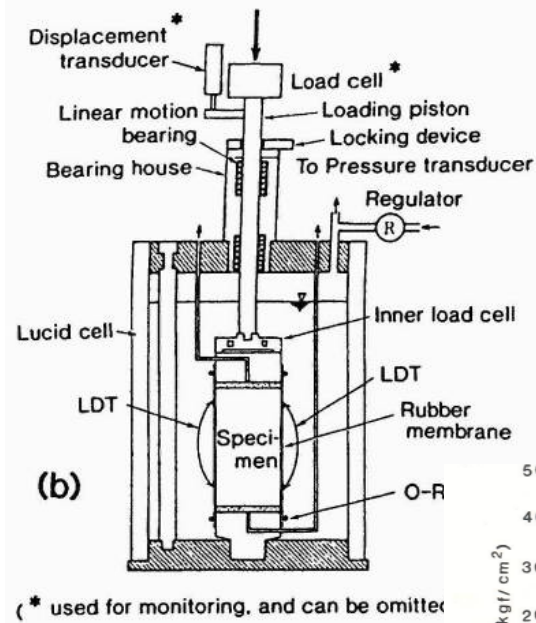
# L'essai triaxial cyclique

- Grande versatilité
- Deux utilisations possibles
  - Etude de la liquéfaction à partir d'essais de labo ( voir exposé MM Durand et Berthelot)
  - Mesure des courbes  $G(\gamma)$  et  $D(\gamma)$
- Mesure des courbes  $G(\gamma)$  et  $D(\gamma)$ 
  - Triaxiaux "spéciaux" avec mesures locales des déformations

**Gamme de déformation:**

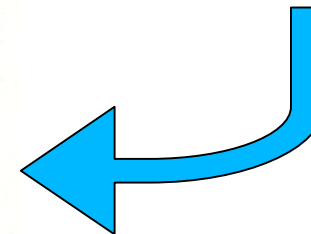
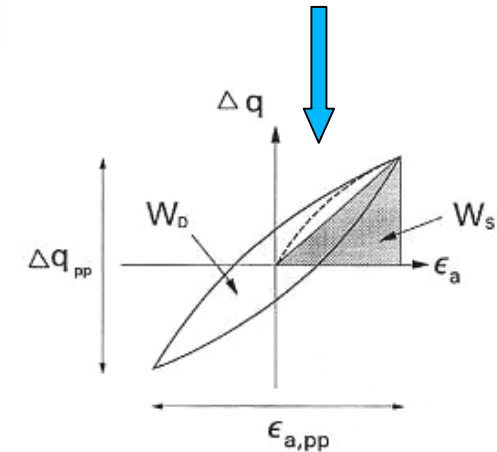


# L'essai triaxial cyclique



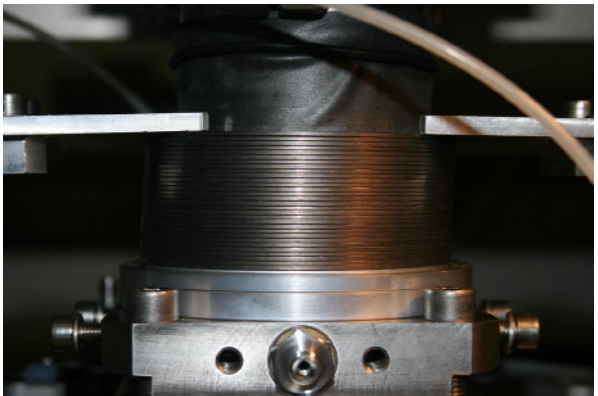
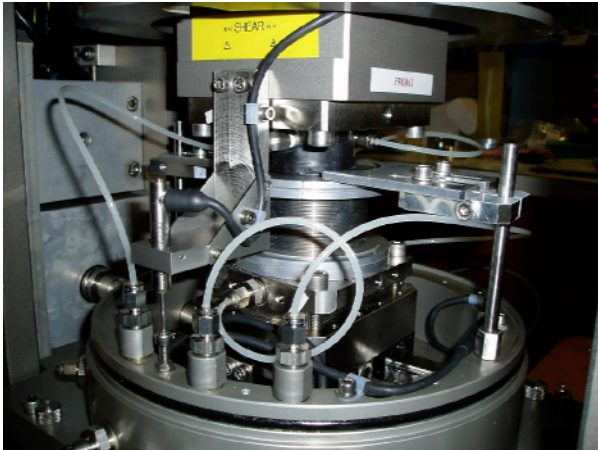
$$\Delta q = 0.44 \text{ kPa}$$

$$\Delta \epsilon_1 = 4.1 \cdot 10^{-5}$$

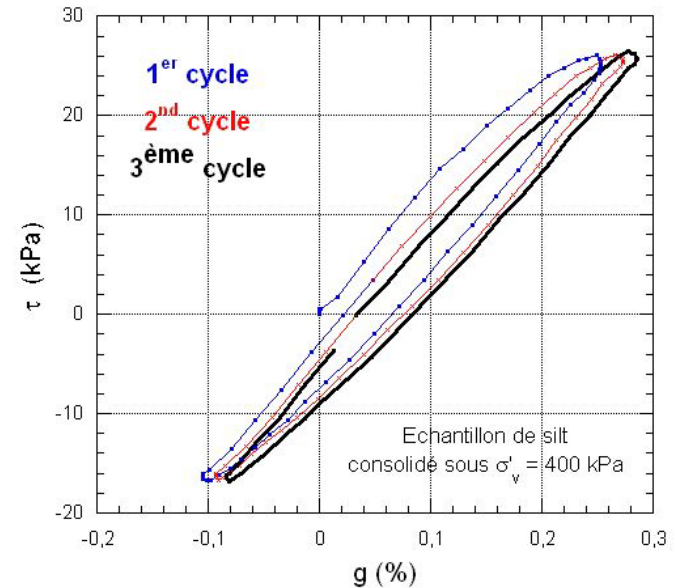
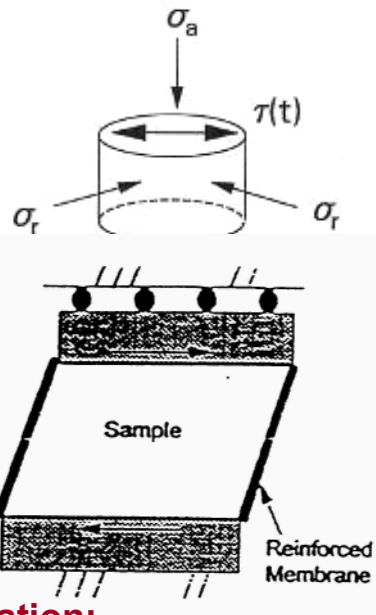




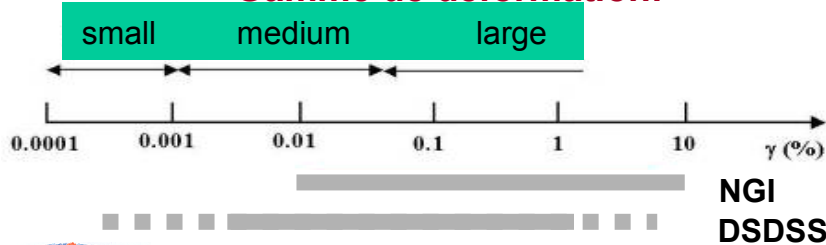
# L'essai de cisaillement simple



- Peu utilisé en France (1 appareil à l'ECN)
- Reproduit les conditions in situ
- Permet la mesure des courbes  $G(\gamma)$  et  $D(\gamma)$



**Gamme de déformation:**

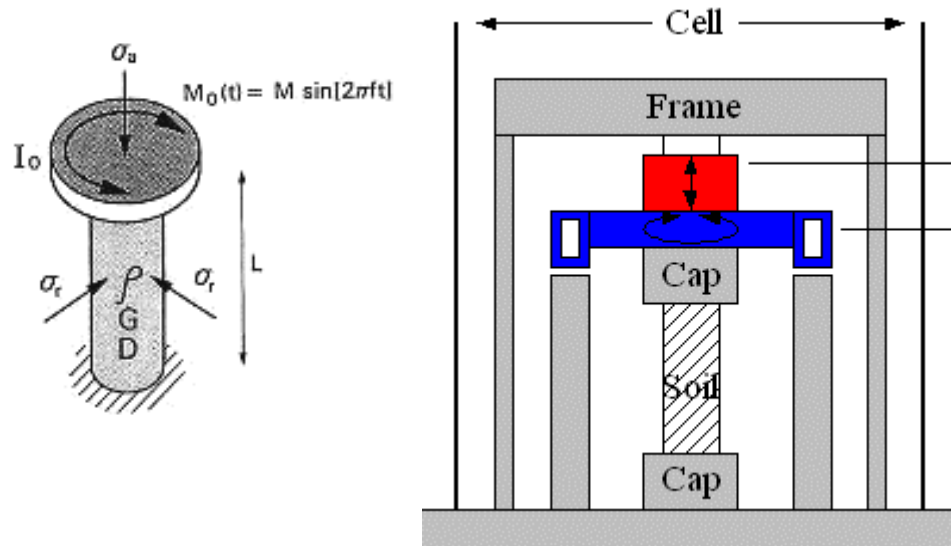


Echantillon de silt argileux  
Conditions non drainées,  
Essai cyclique alterné ( C. DANO,  
E.C.N.)

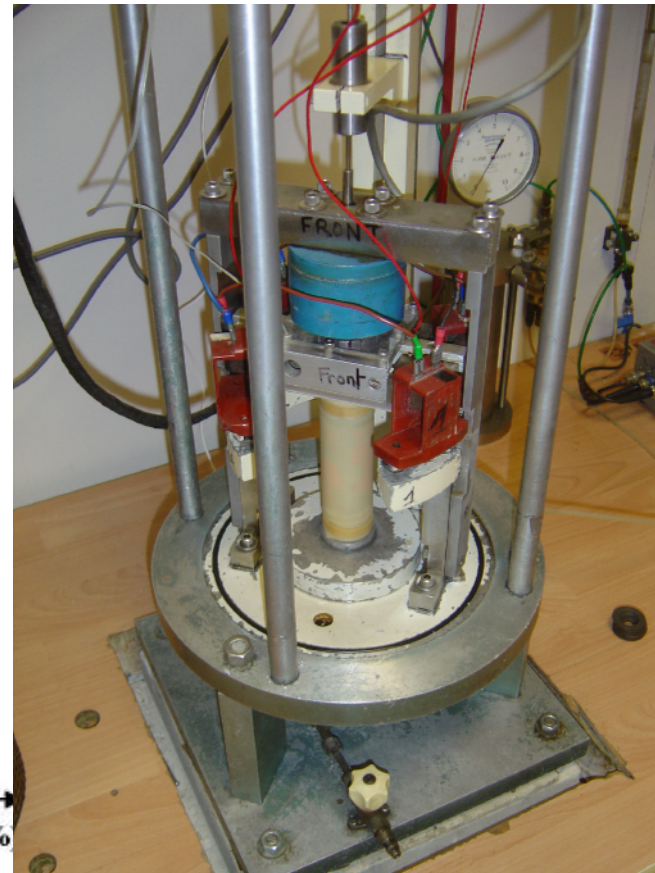
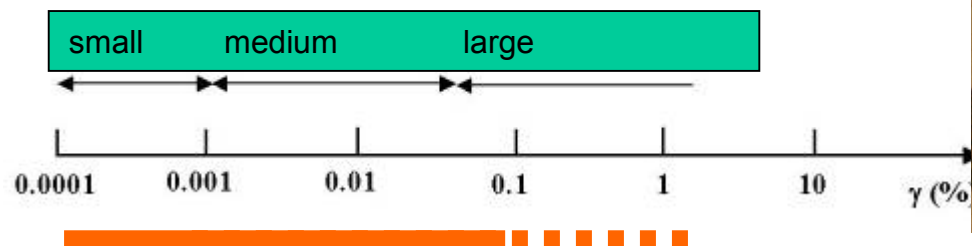
D'après C. Dano

# La colonne de résonance

- Principe : vibration longitudinale ou en torsion d'un échantillon reconsolidé dans une cellule triaxiale



**Gamme de déformation:**



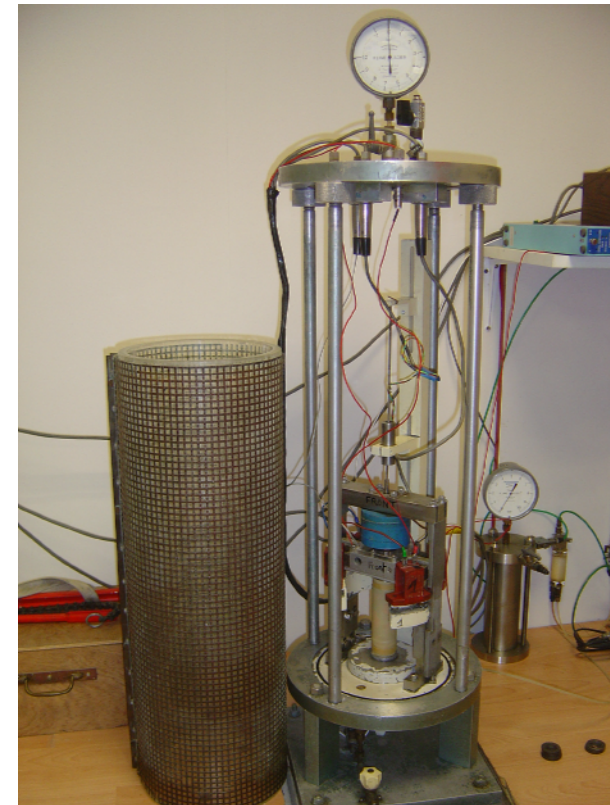
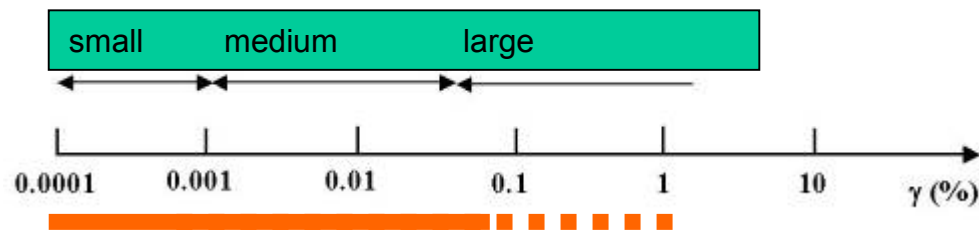
# La colonne de résonance

- Principe : vibration longitudinale ou en torsion d'un échantillon reconsolidé dans une cellule triaxiale

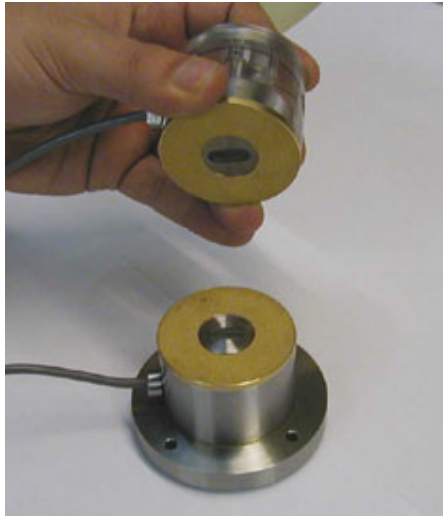
$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = V_s \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$$
$$G = \rho V_s^2$$

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\omega_n L}{V_s} \tan \frac{\omega_n L}{V_s}$$

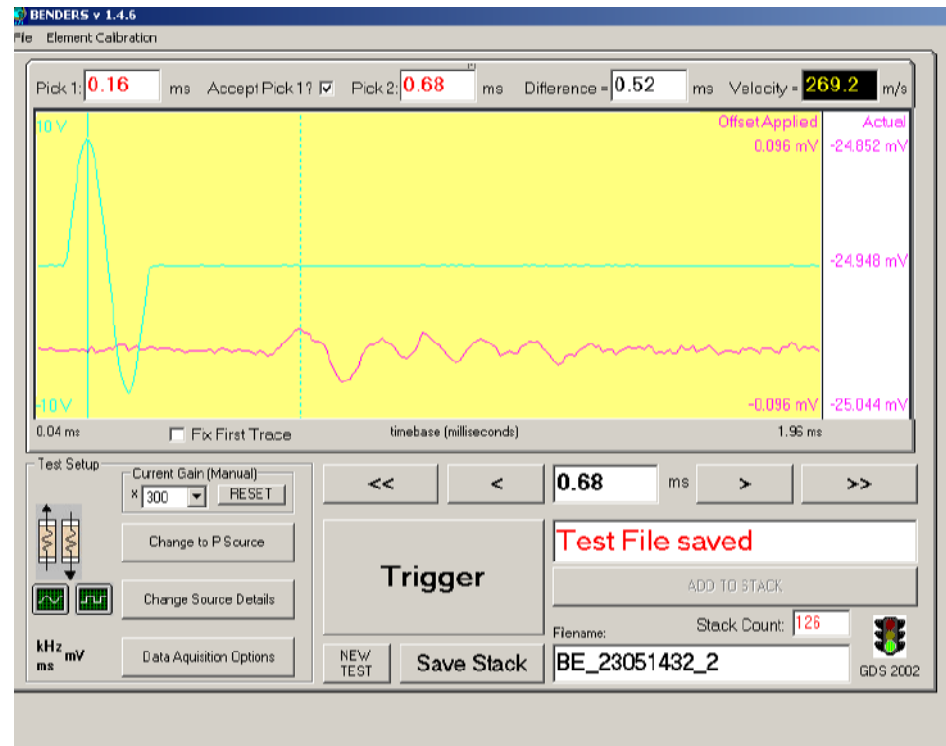
**Gamme de déformation:**



# Les éléments fléchissants

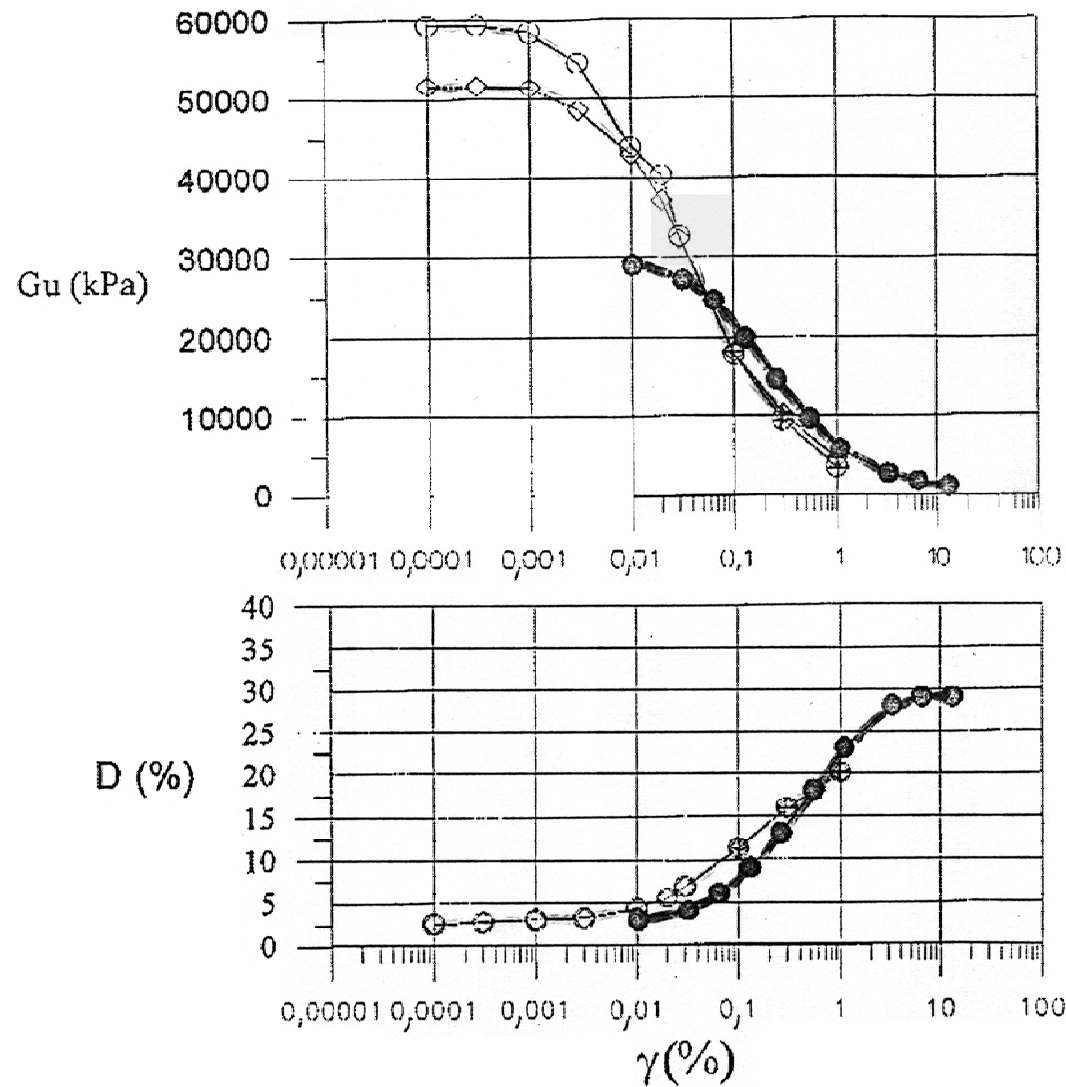


Éléments piézoélectriques implanté  
dans la base et la tête d'une cellule triaxiale



Mesure directe du temps de vol, donc de  $V_s$  puis de  $G_o$  ou  $G_{max}$

# Triaxial cyclique / Colonne résonnante



D'après Serratrice

# L'amortissement D

## EC 8-5 §4.2.3 : Variation de la rigidité et de l'amortissement en fonction de l'amplitude de la déformation

(1)P La différence entre les valeurs de  $v_s$  à faibles déformations, telles que celles mesurées dans des essais in situ, et les valeurs correspondant aux niveaux de déformation induits par le séisme de calcul, doit être prise en compte dans tous les calculs utilisant les propriétés dynamiques du sol dans des conditions stables.

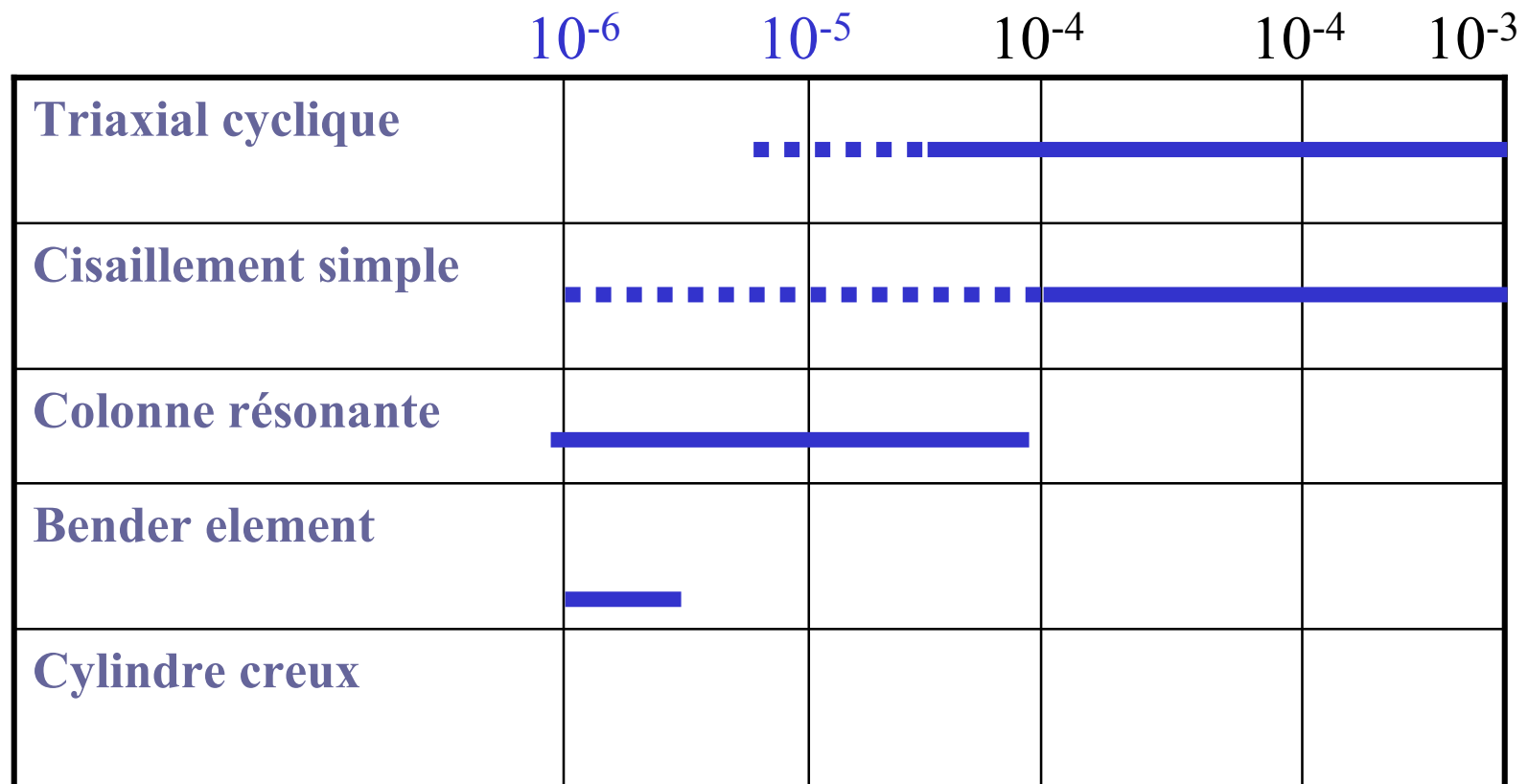
(2) Pour des conditions locales de sols de classe C ou D, avec une nappe phréatique à faible profondeur, et sans matériaux ayant un indice de plasticité  $PI > 40$ , ceci peut être réalisé, à défaut de données spécifiques, en utilisant les coefficients de réduction de  $v_s$ , donnés dans le Tableau 4.1. Pour des profils de sols plus rigides et un niveau de nappe plus profond, l'importance de la réduction doit être proportionnellement plus faible (et la plage de variation réduite).

(3) Si le produit  $a_g \cdot S$  est égal ou supérieur à 0,1 g (c'est-à-dire égal ou supérieur à 0,98 m/s<sup>2</sup>), et en l'absence de mesures spécifiques, il convient d'utiliser les coefficients d'amortissement interne indiqués dans le Tableau 4.1.

**Tableau 4.1 — Coefficients moyens d'amortissement de sol et coefficients de réduction moyens ( $\pm$  un écart-type) pour la vitesse  $v_s$  des ondes de cisaillement et pour le module de cisaillement  $G$ , jusqu'à une profondeur de 20 m**

Rapport d'accélération du sol, $\alpha \cdot S$	Coefficient d'amortissement max.	$\frac{v_s}{v_{s,max}}$	$\frac{G}{G_{max}}$
0,10	0,03	0,90 ( $\pm$ 0,07)	0,80 ( $\pm$ 0,10)
0,20	0,06	0,70 ( $\pm$ 0,15)	0,50 ( $\pm$ 0,20)
0,30	0,10	0,60 ( $\pm$ 0,15)	0,36 ( $\pm$ 0,20)

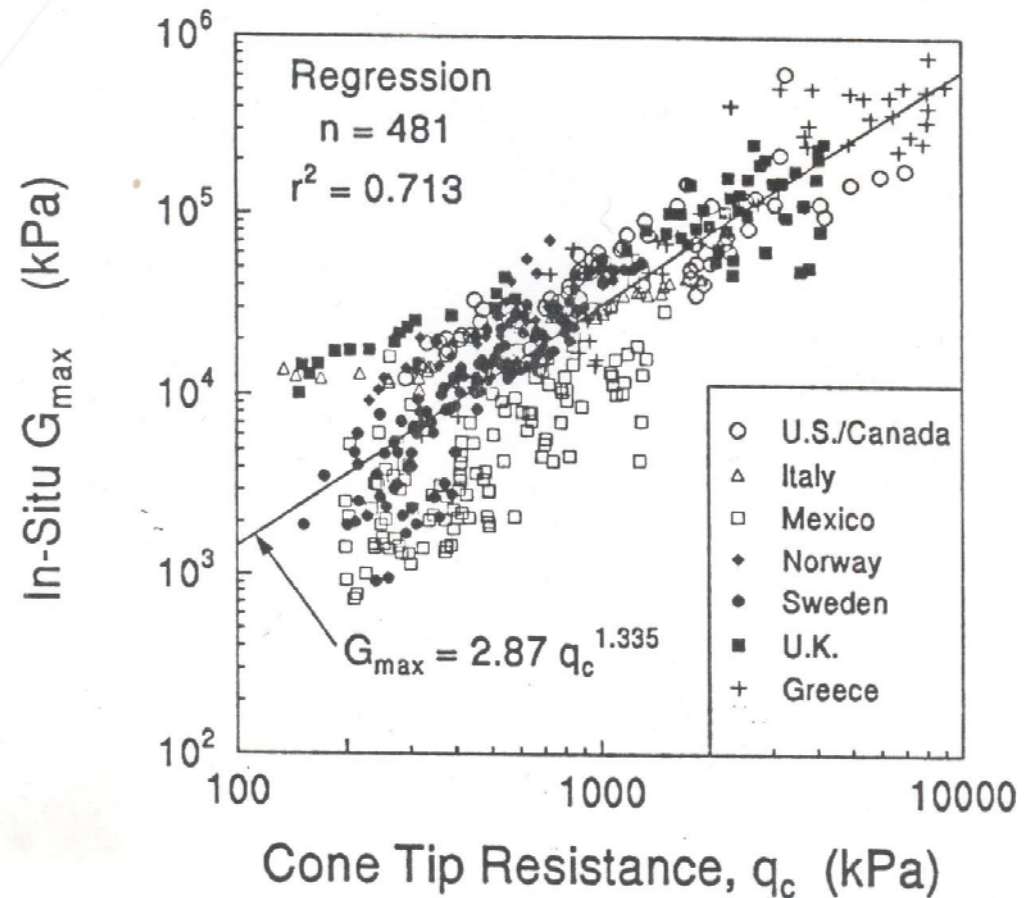
# En résumé



# Les corrélations

$$G_{\max} = 406(q_c)^{0.695} e^{-1.13}$$

Argiles,  
Différentes régions du monde



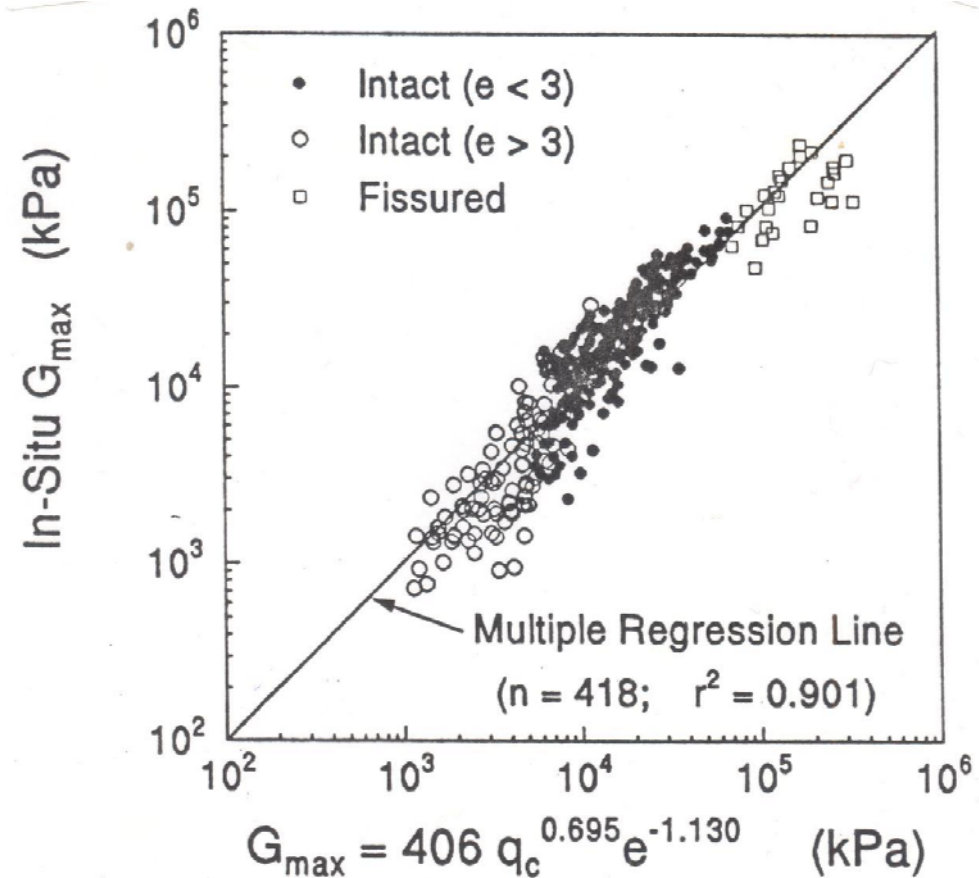
D'après P. mayne



# Les corrélations

$$G_{\max} = 406(q_c)^{0.695} e^{-1.13}$$

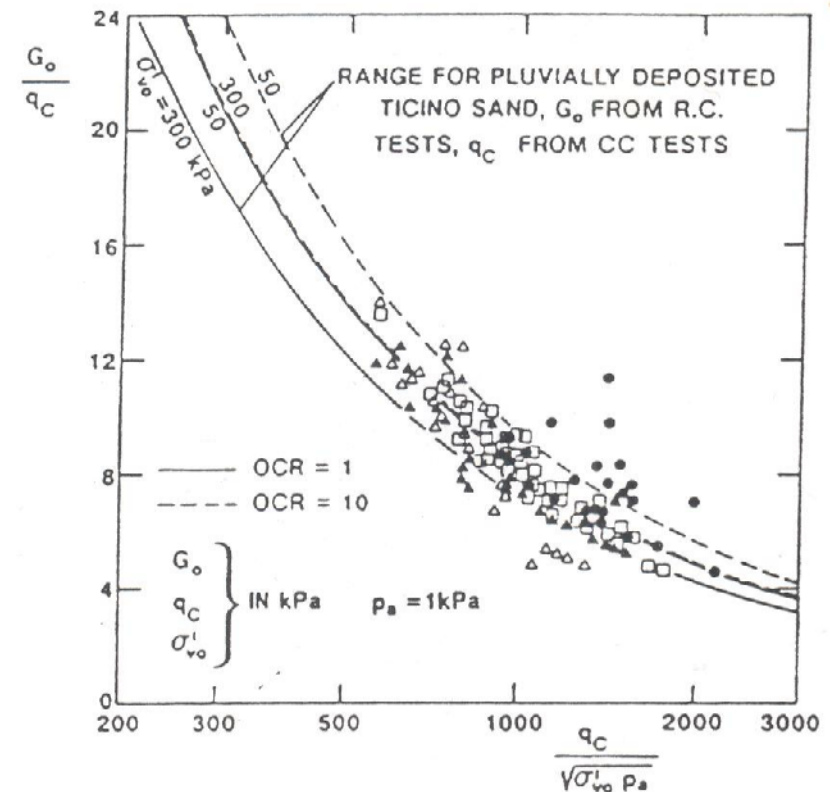
Argiles,  
Différentes régions du monde



# Les corrélations

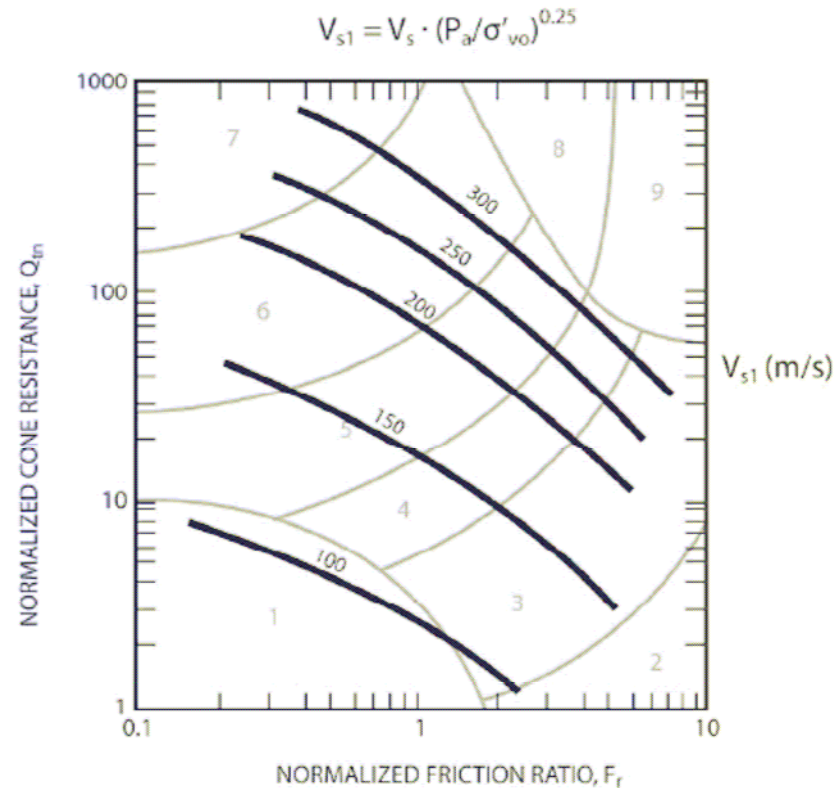
Sables,  
Vallée du Po  
et  
Chambre de calibration

$$G_{\max} = 1634(q_c)^{0.259} (\sigma'_v)^{0.375}$$



D'après Jamiolkoski et al.

# Les corrélations



**Figure 23** Evaluation of normalized shear wave velocity,  $V_{s1}$ , from CPT for uncemented Holocene and Pleistocene age soils (1m/s = 3.28 ft/sec)

$$V_s = [\alpha_{vs} (q_t - \sigma_v) / p_a]^{0.5} \text{ (m/s); where } \alpha_{vs} = 10^{(0.55 I_c + 1.68)}$$

# Les corrélations

(5) Pour des structures importantes, dans des régions de forte sismicité, en particulier dans les conditions de sols de classe D, S<sub>1</sub>, ou S<sub>2</sub>, il convient d'utiliser des mesures in situ du profil  $v_s$  effectuées par des méthodes géophysiques en forage.

(6) Pour tous les autres cas, lorsque les périodes de vibration naturelle du sol doivent être déterminées, il est possible d'estimer le profil  $v_s$  par des corrélations empiriques, en utilisant la résistance à la pénétration in situ ou d'autres propriétés géotechniques, en tenant compte de la dispersion de telles corrélations.

# Les corrélations

Il est possible d'utiliser, sans investigations complémentaires à celles nécessaires pour le dimensionnement vis-à-vis des actions non sismiques, des paramètres de sol par défaut pour la classification des sols des catégories A à E du tableau 3.1 en vue de la détermination des actions sismiques, lorsque

- soit l'ouvrage relève d'un cas de faible séismicité ;
- soit, sauf prescription contraire de l'Administration, l'ouvrage est de catégorie d'importance I ou II et la connaissance du sol à l'aplomb de la construction est considérée, par le Maître d'œuvre, comme suffisante du fait des documents de reconnaissance de sol à sa disposition pour définir en toute fiabilité la classe de sol.

Conformément à la clause 4.2.2 (6) de l'EN 1998-5, il est loisible pour les cas précédents, de faire appel à des corrélations empiriques entre  $v_s$  et diverses propriétés géotechniques, telles la résistance à la pénétration statique ou le module pressiométrique, pour définir la classe de sol.

# Les ordres de grandeur

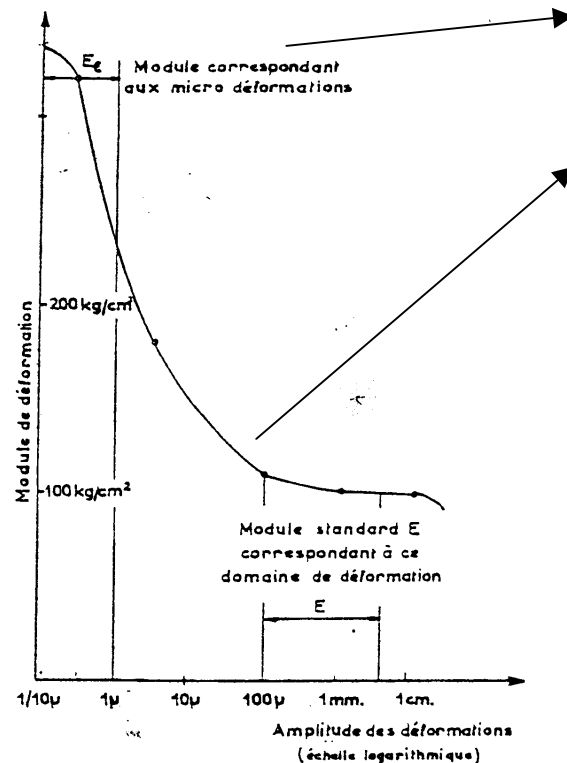
- **L'EC 8-5 recommande d' " inclure dans les reconnaissances de sol des essais de pénétration au cone, éventuellement avec mesure de la pression interstitielle, chaque fois que cela est réalisable, car ces essais fournissent un enregistrement continu des caractéristiques mécaniques du sol en fonction de la profondeur [§ 4.2.1. (2)]**
- **Compléter le tableau des classes de sol par**
  - Les caractéristiques pénétrométriques
  - Les caractéristiques pressiométriques

# Les ordres de grandeur

- Compléter le tableau des classes de sol par
  - Les caractéristiques pénétrométriques
  - Les caractéristiques pressiométriques

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres			qc MPa	PI MPa
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$	$C_u$ (kPa)		
<b>A</b>	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5m de matériau moins résistant	> 800	–	–		
<b>B</b>	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidées, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 - 800	> 50	> 250	>3.5 argile >20 sable	>1.5MPa argile > 2.5 sable
<b>C</b>	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide ayant des épaisseurs de quelques dizaines à quelques centaines de mètres	180 - 360	15 - 50	70 - 250	De 1 à 3.5 argile De 6 à 20 sable	De 0.4 à 1.5 argile De 0.8 à 2.5 Sable
<b>D</b>	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70	<1MPa argile < 6MPa sable	< 0.4 MPa argile < 0.8 sable
<b>E</b>	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de $v_s$ de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5m environ et 20m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s					
<b>S<sub>1</sub></b>	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI>40) et une teneur en eau importante.	< 100	–	10 - 20	< 03 Argile	Non mesurable
<b>S<sub>2</sub></b>	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil					

# Module pressiométrique et $G_{max}$



Module correspondant aux micro déformations

Module standard

Ménard,  
Paris 1961

Le pressiomètre Ménard ne donne pas accès à  $G_{max}$

Des ordres de grandeur (E. Jandel)

$G_{max} : 12 E_M$  ( plage 8 à 18  $E_M$ )

Fonction tube lanterné/forage/ nature du sol/ surconsolidation



# En conclusions

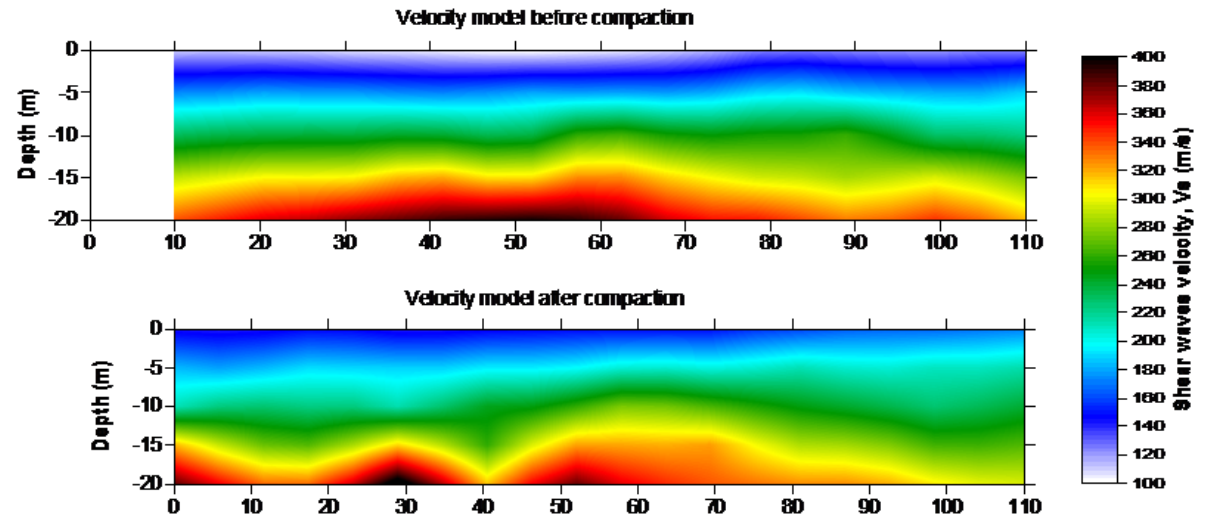
- Les essais in situ en surface ou en forage permettent de mesurer les vitesses  $V_s$  et donc le  $G_{max}$  ( avec  $\rho$ ).
- Ils ne donnent pas accès à l'amortissement.
- Les essais de laboratoires sont tributaires d' échantillons intacts et représentatifs.
- Ils permettent la mesure des courbes  $G(\gamma)$  et  $D(\gamma)$  sur toute la gamme de déformation  $10^{-6}$  à  $10^{-3}$ .
- L'EC8-5 recommande les essais CPT ou CPTU

# En conclusions

- MASW – profil A

- Avant travaux

- Après travaux



# Merci de votre attention

## Et de vos questions....

### Remerciements

<b>S. Brulé,</b>	<b>Ménard</b>
<b>C. Dano,</b>	<b>ECN</b>
<b>F. Durand,</b>	<b>Vinci</b>
<b>E. Jandel,</b>	<b>Fondasol</b>
<b>J.L. Mattiuzzo,</b>	<b>Innogeo</b>
<b>P. Reiffsteck</b>	<b>Iffstar</b>
<b>J.F. Serratrice,</b>	<b>Iffstar</b>
<b>F. Silvestri</b>	<b>U. Napoli</b>



