

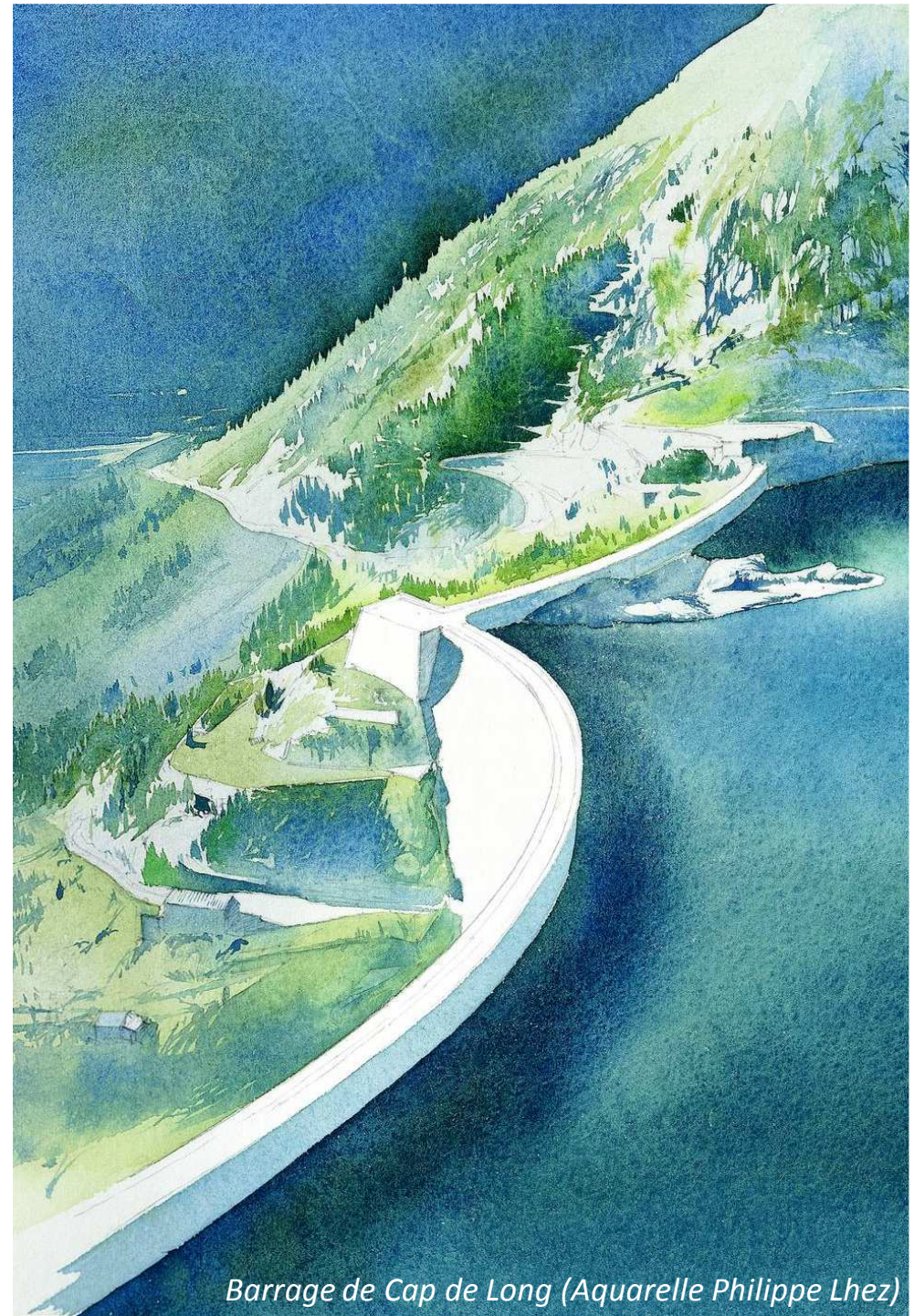


Thème A : Géologie et nature des fondations:
reconnaisances, interprétation et
caractérisation.

La méthode d'investigation
par la petite sismique
(méthode "SCARABÉE"):
développements et
applications récents.

Marie L'HOSTIS, Alain CARRÈRE, Silviu IANOS
(Coyne et Bellier - TRACTEBEL Engineering)

Colloque CFBR – Fondations des Barrages
8 et 9 avril 2015 – Chambéry



Barrage de Cap de Long (Aquarelle Philippe Lhez)

SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE «SCARABÉE»

- Généralités
- Mesures de Terrain
- Interprétation des résultats

2. EXEMPLE D'APPLICATION: BUDHI GANDAKI (NEPAL)

- Présentation du Projet
- Conditions géologiques
- Campagne d'investigation SCARABÉE et interprétation des résultats

3. DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS



LA MÉTHODE "SCARABÉE"

■ Origine et description

- Imaginée et développée par B. Schneider dans les années 60
- Principe des mesures sismiques
- En phase d'étude préalable ou durant la réalisation
- Une reconnaissance à l'échelle des discontinuités du massif:

Méthode d'investigation	Volume reconnu (ordre de grandeur, en m ³)
Essais sur carottes de sondage	x 10 ⁻³
Essai au dilatomètre	x 1
Essai au vérin	x 10
Profil SCARABÉE®	x 1000

- Expérience emmagasinée depuis plus de 50 ans sur de nombreux sites (environ 100)

Méthode SCARABÉE

- Approche synthétique
- Simple
- Rapide
- Économique
- Mesures sismiques
- Évaluation globale des conditions de fondations:
 - choisir rapidement la meilleure alternative
 - définir les investigations détaillées supplémentaires

LA MÉTHODE "SCARABÉE"

- Galeries d'investigations ou affleurement
- Equipement facilement transportable



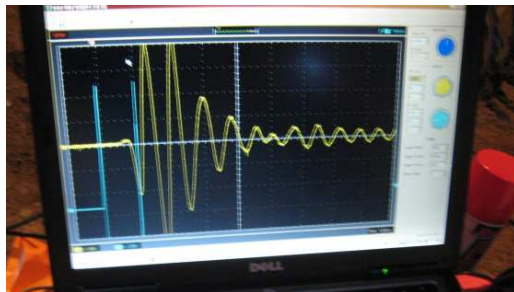
Composition de l'équipement:

- Enregistreur avec un préamplificateur
- Géophone 30 Hz
- Déclencheur fixé sur un marteau de 5 kg
- Câbles de raccordement
- Scléromètre Schmidt modèle N

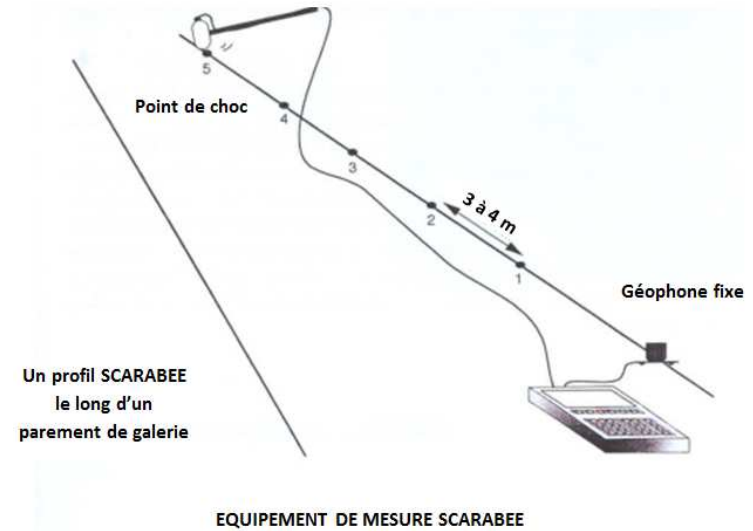
LA MÉTHODE "SCARABÉE"

■ Mesures de Terrain:

- Repérage des profils (25-30m)
- Géophone recevant le signal placé à une extrémité
- Points d'impact répartis tous les 3 à 4m d'intervalle
- Vérification instantanée des traces
- Données enregistrées et stockées numériquement
- Une mesure sclérométrique sur chaque point
- Essais non-destructifs, sans impact nuisible pour l'environnement

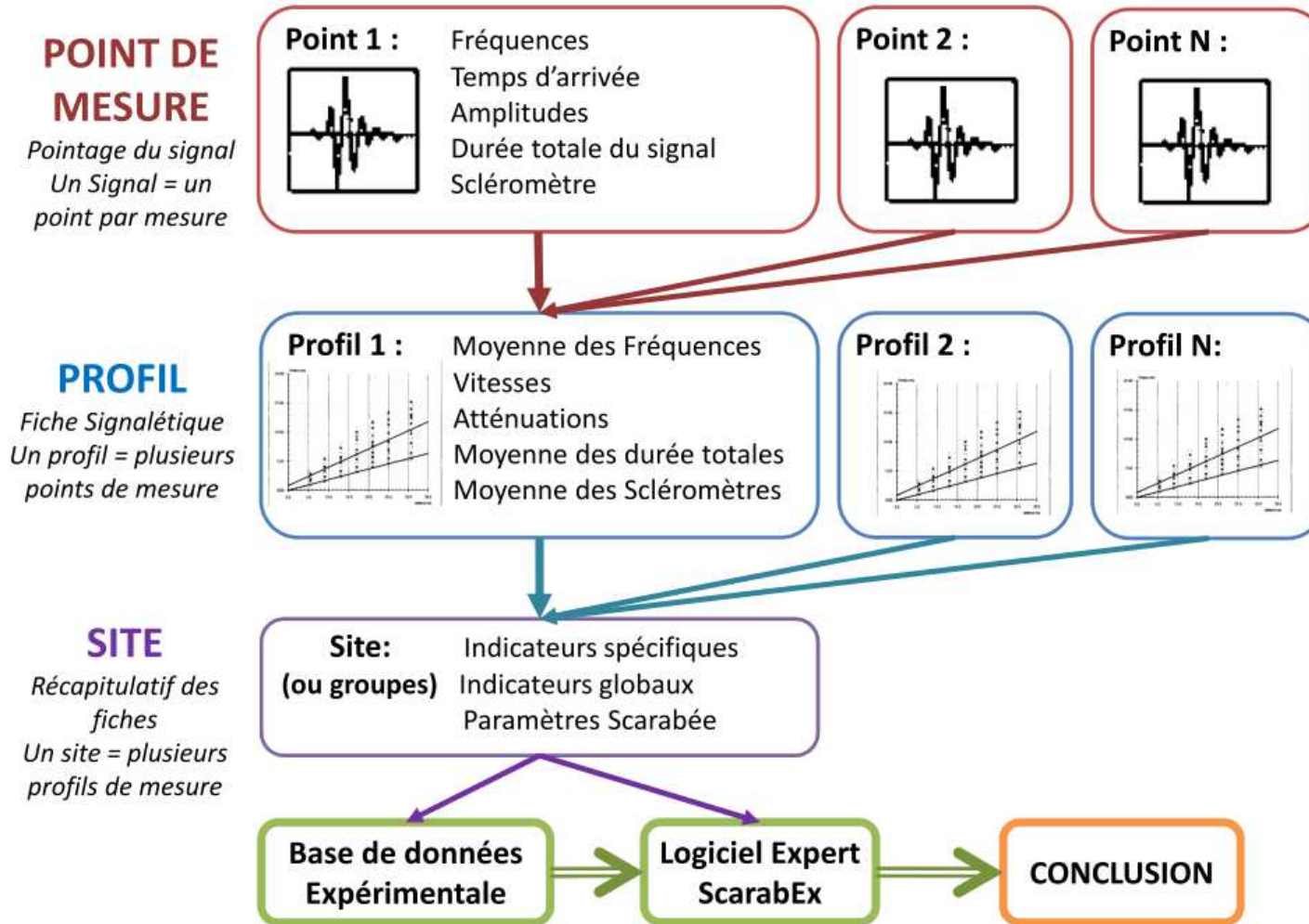


Exemple de signal enregistré (Népal 2014)



LA MÉTHODE "SCARABÉE"

- Analyse progressive en 3 étapes:



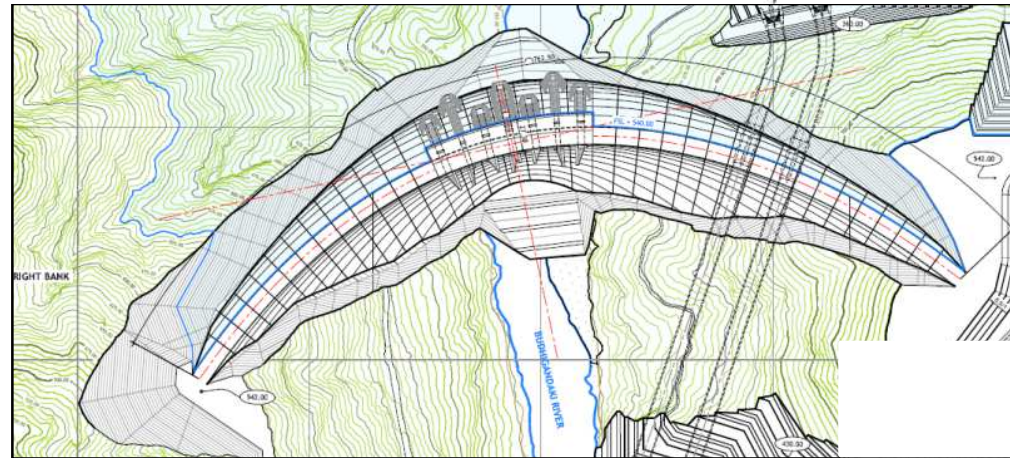
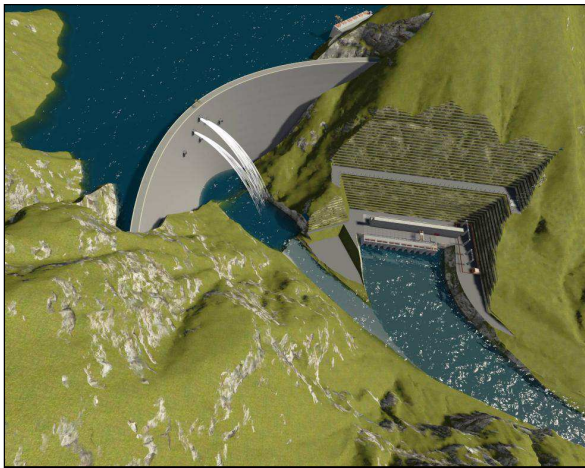
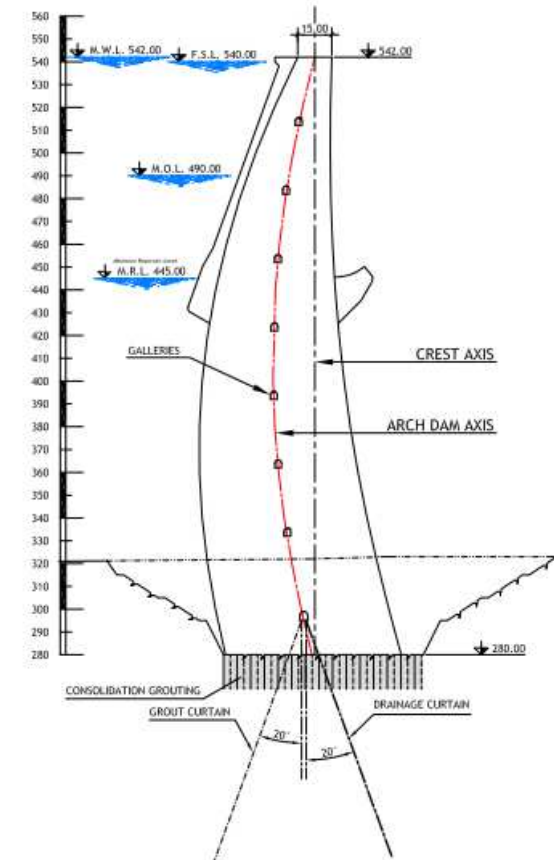
LA MÉTHODE "SCARABÉE"

■ Interprétation des résultats:

- Le module statique de la fondation
- L'état de compacité de la roche
- La présence dans les milieux rocheux de matériaux argileux
- La fracturation
- La détérioration superficielle
- L'estimation préliminaire de la consolidation potentielle du rocher par injection de coulis
- Le critère de qualification du site étudié ou Paramètre SCARABÉE (PS), regroupant 4 critères individuels

APPLICATION: BUDHI GANDAKI

- **Projet Hydroélectrique au Népal**
- **TEF : Faisabilité, Avant-Projet Détaillé et Documents d'Appel d'Offres**
 - Barrage voûte de 260m de haut
 - Usine de 1200 MW



APPLICATION: BUDHI GANDAKI

■ Géologie :

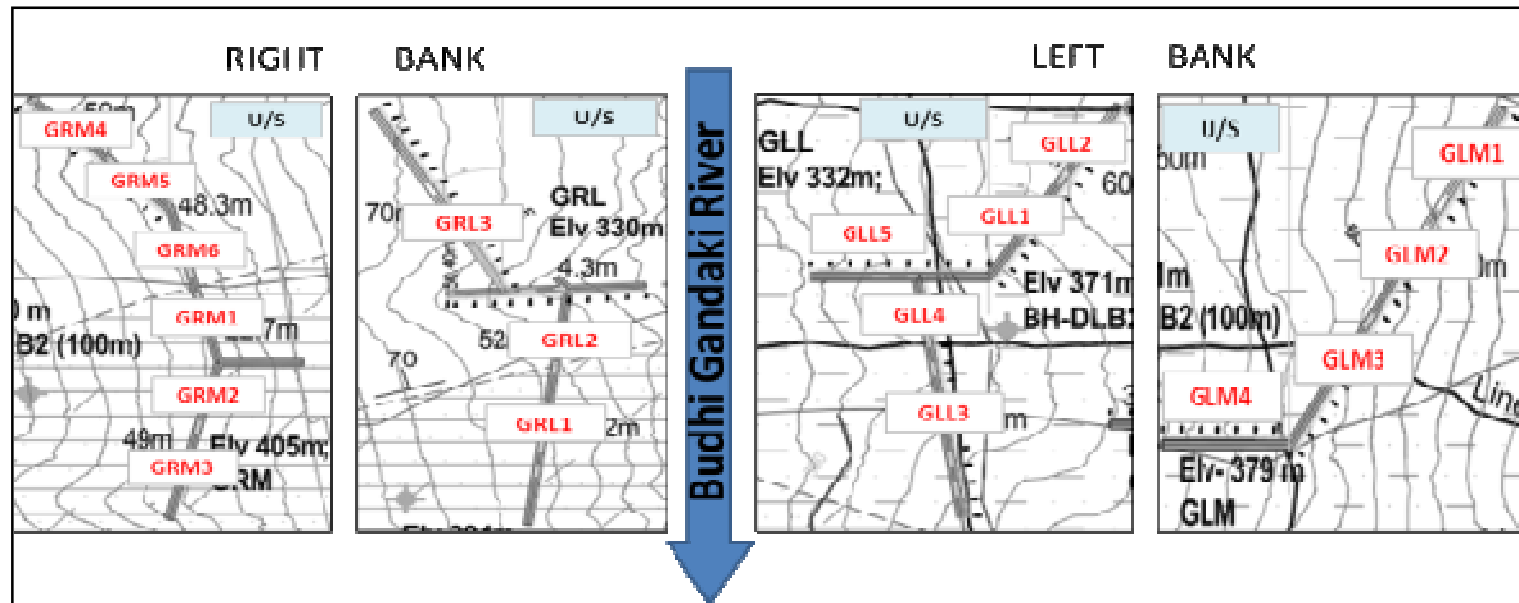
- Contexte tectonique himalayen
- Roches faiblement métamorphisées
- Alternances de phyllites/quartzites ayant subi une forte déformation
- Zones de cisaillement souvent parallèles à la foliation



APPLICATION: BUDHI GANDAKI

▪ Campagne d'investigation SCARABÉE (2014)

- Budhi Gandaki : 18 profils dans 4 galeries d'investigation en 4 jours.
- Par expérience :
 - ❖ Méthode très fiable au-delà de 12 profils sur un même site.
 - ❖ Minimum de 6 profils homogènes nécessaires pour en déduire des informations significatives.

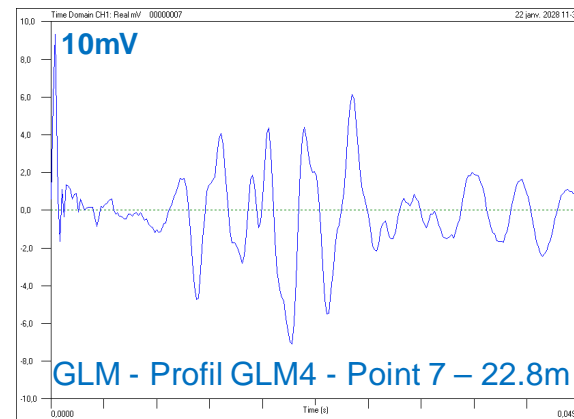
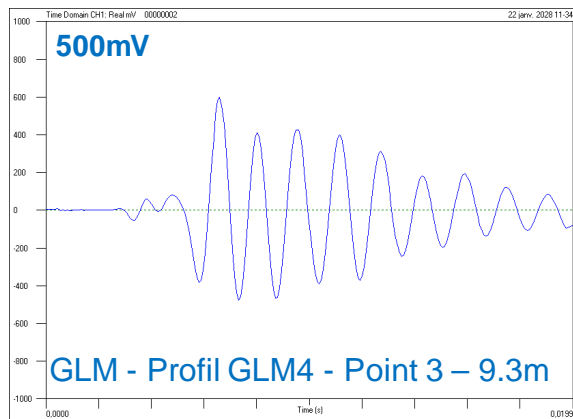


APPLICATION: BUDHI GANDAKI

■ Interprétation des résultats

- Evaluation des modules statiques (fréquence des ondes S):
 - ❖ Rive Gauche, hors zones de faiblesse et quartzite : 5 GPa
 - ❖ Rive Droite, hors zones de faiblesse et quartzite : 6 – 6,5 GPa
 - ❖ Zones de faiblesse : $\leq 1,5$ GPa
 - ❖ Quartzite : 12 GPa
- Interprétation complexe des signaux due à la forte atténuation des amplitudes:

Repérage des zones de faiblesses par la méthode SCARABÉE



- Résultats de 12 essais au vérin en cours d'interprétation,

AUTRES APPLICATIONS

▪ Bakhtyari (Iran)

- Barrage voûte de plus de 300m de haut en cours de construction,

➔ *SCARABÉE a eu une contribution décisive dans la sélection de l'axe du barrage.*

▪ Gibe III (Ethiopie)

- Barrage poids en BCR, d'une hauteur record de 240 m, actuellement en construction,

➔ *SCARABÉE a confirmé l'inaptitude du site à recevoir un barrage voûte.*

▪ Artvin (Turquie)

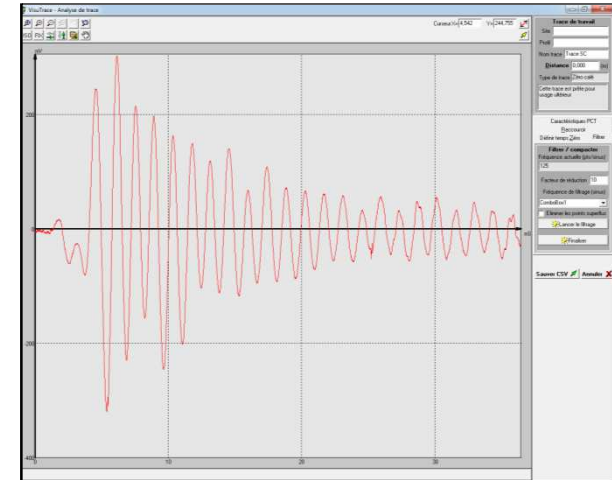
- Barrage voûte de 135m en cours de construction,

➔ *SCARABÉE a confirmé que le site était approprié pour la construction d'un barrage voûte.*

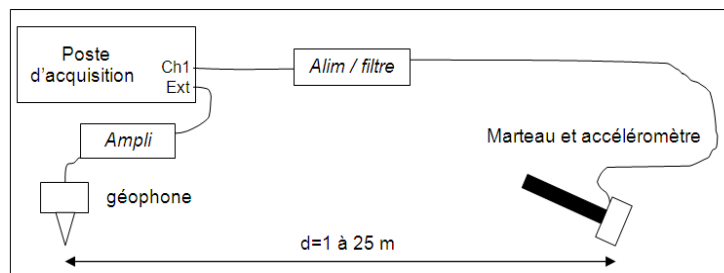


DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS

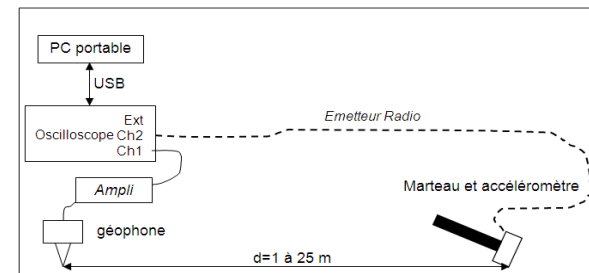
- Origine: années 60 (MD1)
- Premier renouvellement en 1976 (BISON)
- Second renouvellement en 1995
- Nouveau système testé en 2014 au Népal:
 - Poursuite de l'exploitation de la méthode
 - Remplacer les composants vieillissants:
 - ❖ Géophone et masse conservés
 - ❖ Analyseur remplacé par un oscilloscope numérique
 - Nouveau logiciel d'exploitation
- Dernier développement : émetteur radio



Nouvel outil de restitution des traces



Dispositif sismique SCARABÉE (1995)



Nouveau Dispositif SCARABÉE (2014)

CONCLUSIONS

- **A terme: développement d'un logiciel de traitement des données spécifique**
- **A retenir sur la méthode SCARABÉE :**
 - Diagnostic rapide et fiable sur les qualités des fondations rocheuses et bétons de masse
 - Basée sur le principe des mesures sismiques
 - Mesures de terrain simples et standardisées
 - Appareillage de mesure approprié et peu encombrant
 - Base de donnée expérimentale très riche
- **Développer cette méthode à l'intérieur de forages carottés?**

Campagne Scarabée (Népal 2014)



Mesure Sclérométrique (Népal 2014)



MERCI

