

**Demi-journée scientifique et technique
« Recommandations relatives à l'instrumentation des ouvrages géotechniques »**

CHAPITRE 4 : CHOIX DES CAPTEURS ET MESURES INTEGRANTES

Didier DUPUIS

Sommaire du chapitre

- 4.1 Grandeurs mesurées
- 4.2 Choix de technologie d'instrumentation possible
- 4.3 Ampleur spatiale et temporelle de l'instrumentation
- 4.4 Contexte de mise en œuvre et d'exploitation de l'instrumentation
- 4.5 Facilité d'usage, de traitement et d'interprétation
- 4.6 Aide au choix des solutions



4.1 Grandeurs mesurées

4.2 Choix de technologie d'instrumentation possible

Paramètres d'entrée

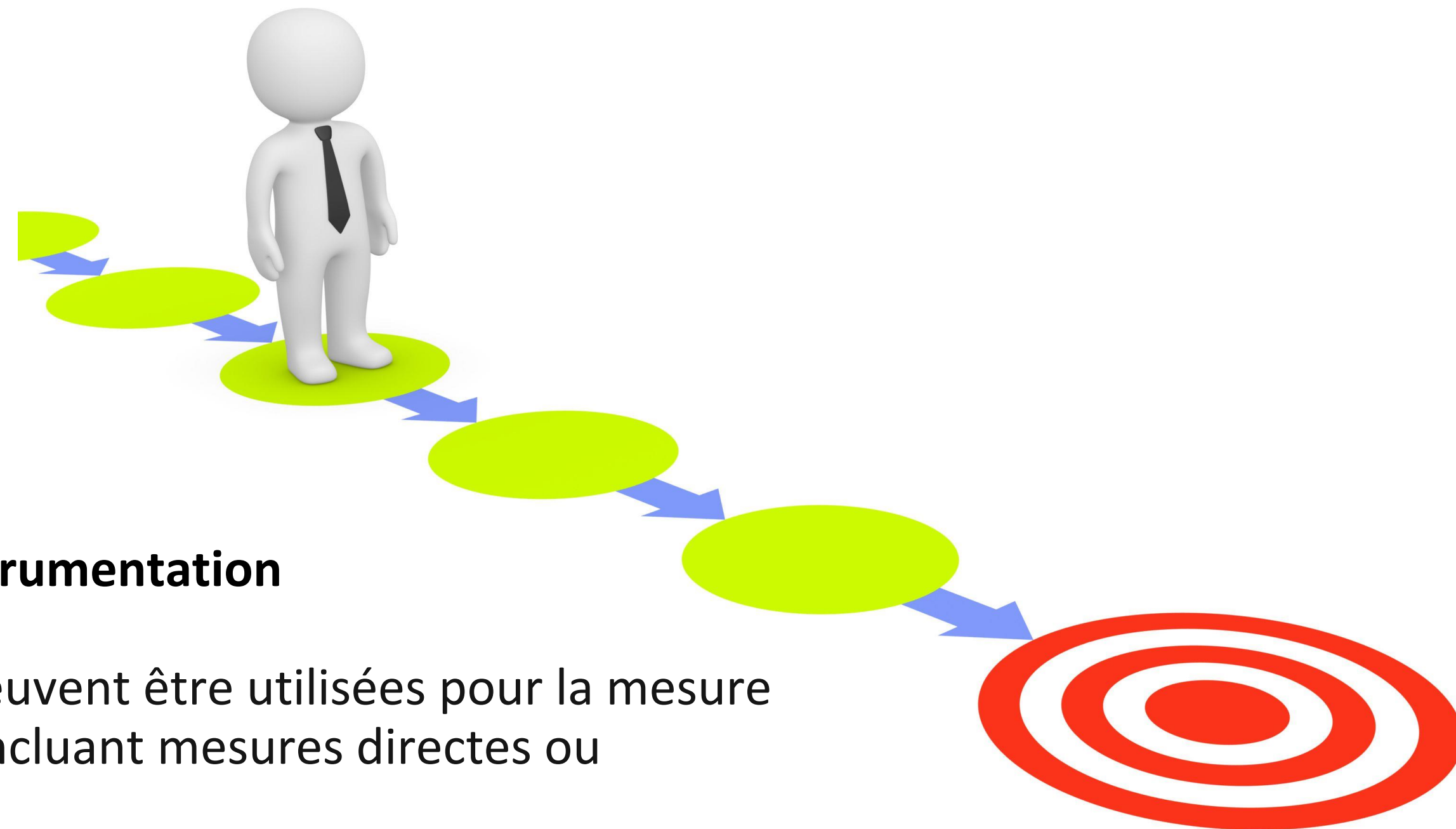
➤ Grandeur(s) mesurée(s)

Les grandeurs mesurées nécessaires au monitoring des différents types d'ouvrages sont listées chapitre 6.

➤ Technologies d'instrumentation

Plusieurs technologies peuvent être utilisées pour la mesure d'une même grandeur (incluant mesures directes ou indirectes)

Les différentes technologies sont discutées au chapitre 3.



4.3 Ampleur Spatiale et temporelle de l'instrumentation

La quantité et la répartition des moyens de mesure déployés sur un site, la durée du suivi et la fréquence des mesures sont à prendre en compte pour définir une instrumentation et les opérations de maintenance associées.

► Densité spatiale :

- Choix en fonction du caractère +/- intrusif des capteurs et des conséquences pouvant être induites (ex : capteurs + câble → défaut de bétonnage)
- Choix en fonction du temps de mise en œuvre
- Impact sur le temps d'interrogation (et de traitement) donc sur la densité temporelle.

► Densité temporelle :

- Choix de la fréquence des mesures en fonction du phasage des travaux, de la structure, de l'environnement... → mesures « manuelle », mesure automatisée...



Barrage Dumanoir - Guadeloupe (2008) - Dynaopt

4.4 Contexte de mise en œuvre et d'exploitation de l'instrumentation

➤ Intrusivité

- Intrusivité métrologique : la taille du capteur (système) peut impacter la mesure ou la réponse de l'élément instrumenté.
- Intrusivité spatiale : La présence du système de mesure peut impacter les travaux et leur qualité.

➤ Les conditions environnementales

- La présence d'activités connexes pendant la phase d'instrumentation et de suivi.
- Les conditions météorologiques
 - possibles nécessités de corrections
 - exclusion de certaines méthodes
- La situation géographique : zones difficiles d'accès (alimentation ? récupération des données ?..)



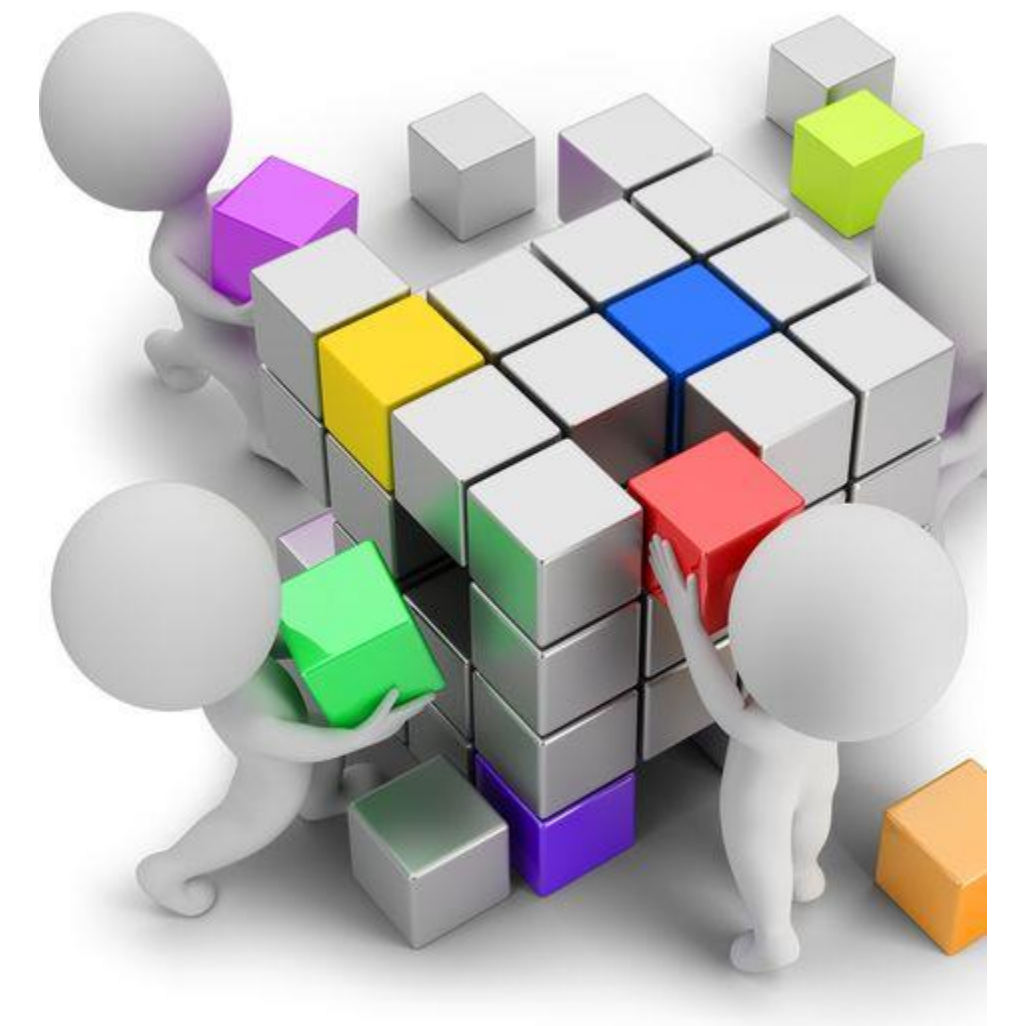
Maldegem (Belgique) (2024) – Chaque zone limitée par des rubalisees est équipée de capteurs de tassement - Dynaopt

4.5 Facilité d'usage, de traitement et d'interprétation

Usage = Mise en œuvre + acquisition des données

Il est important d'analyser la totalité de la chaîne de mesure car :

- Une solution peut être simple à mettre en œuvre mais nécessite un traitement long fait par des spécialistes.
- Une autre solution peut être compliquée à déployer mais la mesure est directe, le traitement aisé et une interprétation facilitée.



4.6 Aide au choix des solutions

Abréviations utilisées :

- cv** Corde vibrante
- fo** Fibre optique
- e** électrique (LVDT, potentiomètre...)
- m** mesure « manuelle »
- a** mesure automatique

Critères d'évaluation:

- - Très mauvais / vraiment non adapté
- Mauvais / peu adapté
- + Bon / adapté
- + + Très bon / très adapté

Tableau 4.2 : Techniques de mesures des grandeurs physiques : efforts et contraintes

Grandeur mesurée	Plage de mesure usuelle	Ordre de grandeur de fidélité sur site	Choix possibles		Type de mesure	Adapté suivi long terme (> 2 ans) sans maintenance	Densité temporelle	Densité spatiale	Intrusivité	Impact des conditions environnementales	Facilité d'usage, de traitement et d'interprétation	Prix	Commentaire
Effort	5000 kN	1 à 2 % P.E.	Capteur de force		directe	++	+	-	--	-	+	-	Le capteur est nettement plus précis que la fidélité annoncée ici mais les problèmes d'alignement/planéité impactent fortement la mesure
		2 à 3 µdef	Jauge de déformation électrique		Indirecte	-	++	-	-	+	-	+	
		2 à 3 µdef	Jauge de déformation à corde vibrante		Indirecte	++	+	-	-	+	+	+	
		2 à 3 µdef	Fibre optique	Bragg	Indirecte	++	+	-	-	+	-	-	-
		2 à 3 µdef		Rayleigh	Indirecte	++	++	++	-	-	--	--	-
		20 µdef		Brillouin	Indirecte	++	+	+	-	-	--	--	-
Contrainte	10 MPa	1% P.E.	Cellule de pression totale		directe	++	+	-	-	+	-	+	Capteur controversé dans le sol : difficile de ne pas modifier le champ de contraintes
		2 à 3 µdef	Jauge de déformation à corde vibrante		Indirecte	+	+	-	-	+	+	+	
		2 à 3 µdef	Fibre optique	Bragg	Indirecte	++	+	-	-	+	-	-	
		2 à 3 µdef		Rayleigh	Indirecte	++	++	++	-	-	--	--	
		20 µdef		Brillouin	Indirecte	++	+	+	-	-	--	--	

4.6 Aide au choix des solutions : les coûts



Le coût est également un paramètre à prendre en compte **mais, difficile de donner des informations précises et valables pour plusieurs années**

Les raisons :

- Maturité de la technologie,
- Démocratisation de la technologie,
- De la disponibilité des composants,
- Du quantitatif commandé,
- Des coûts de transport ...

Liste non exhaustive...

Tableau 4.2 : Techniques de mesures des grandeurs physiques : efforts et contraintes

Grandeur mesurée	Plage de mesure usuelle	Ordre de grandeur de fidélité sur site	Choix possibles		Type de mesure	Adapté suivi long terme (> 2 ans) sans maintenance	Densité temporelle	Densité spatiale	Intrusivité	Impact des conditions environnementales	Facilité d'usage, de traitement et d'interprétation	Prix	Commentaire
Effort	5000 kN	1 à 2 % P.E.	Capteur de force		directe	++	+	-	--	-	+	-	Le capteur est nettement plus précis que la fidélité annoncée ici mais les problèmes d'alignement/planéité impactent fortement la mesure
		2 à 3 µdef	Jauge de déformation électrique		Indirecte	-	++	-	-	+	-	+	
		2 à 3 µdef	Jauge de déformation à corde vibrante		Indirecte	++	+	-	-	+	+	+	
		2 à 3 µdef	Fibre optique	Bragg	Indirecte	++	+	-	-	+	-	-	-
		2 à 3 µdef		Rayleigh	Indirecte	++	++	++	-	-	--	--	-
		20 µdef		Brillouin	Indirecte	++	+	+	-	-	--	--	-
Contrainte	10 MPa	1% P.E.	Cellule de pression totale		directe	++	+	-	-	+	-	+	Capteur controversé dans le sol : difficile de ne pas modifier le champ de contraintes
		2 à 3 µdef	Jauge de déformation à corde vibrante		Indirecte	+	+	-	-	+	+	+	
		2 à 3 µdef	Fibre optique	Bragg	Indirecte	++	+	-	-	+	-	-	
		2 à 3 µdef		Rayleigh	Indirecte	++	++	++	-	-	--	--	
		20 µdef		Brillouin	Indirecte	++	+	+	-	-	--	--	