

# Contrôle et Monitoring

De la conception jusqu'au suivi de l'ouvrage



Philippe WELTER, SPW – Direction de la Géotechnique  
([philippe.welter@spw.wallonie.be](mailto:philippe.welter@spw.wallonie.be))



Journée d'étude SBGIMR – 10/03/2015  
Les techniques de clouage des parois

Documents de référence.

1. *norme belge  
enregistrée*

**NBN EN 1537**

2e éd., septembre 2013

Indice de classement: **B 03**

---

**Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Tirants d'ancrage**

Uitvoering van bijzonder grondwerk - Grondankers

Execution of special geotechnical works - Ground anchors

2. *norme belge  
enregistrée*

**NBN EN 14490**

1e éd., août 2010

Indice de classement: **B 03**

---

**Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Clouage**

Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Grondvernageling

Execution of special geotechnical works - Soil nailing



Documents de référence.

# Tirants d'ancrage

Recommandations concernant la conception,  
le calcul, l'exécution et le contrôle

RECOMMANDATIONS T.A. 95

Comité Français de la Mécanique des Sols  
et des Travaux de Fondations

*Remplace  
Troisième édition*



Les techniques de clouage des parois – SBGIMR – 10/03/2015



# norme européenne

# norme française

**NF EN 1997-1**

Jun 2005

Indice de classement : P 94-251-1

ICS : 93.020

## **Eurocode 7 : Calcul géotechnique**

### **Partie 1 : Règles générales**

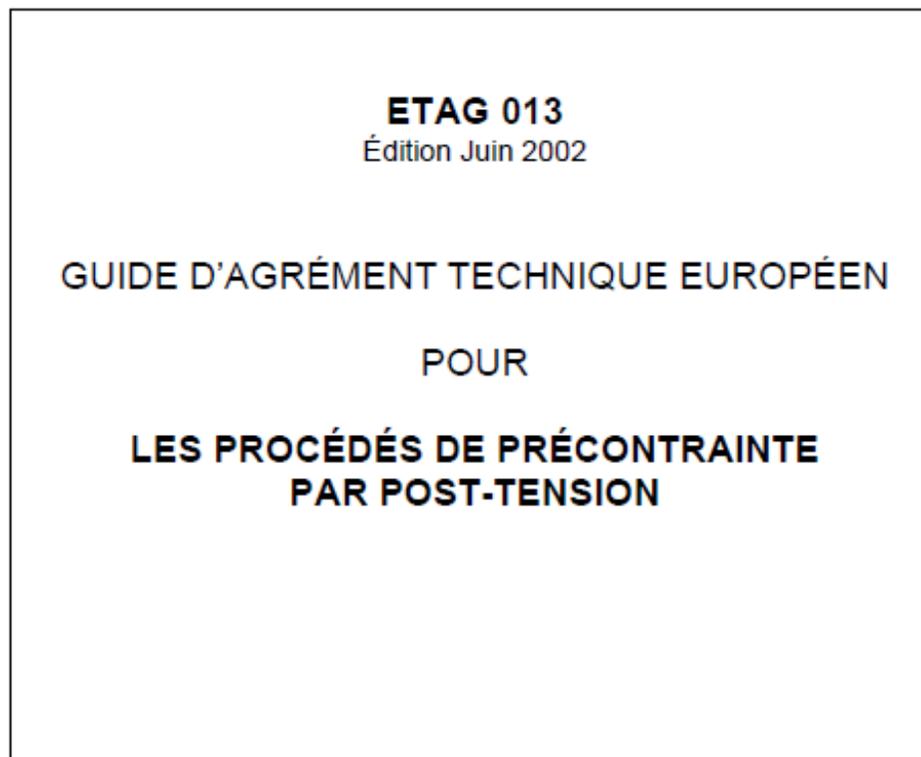
<b>Section 8</b>	<b>Ancrages</b> .....	<b>77</b>
8.1	Généralités .....	77
8.2	États limites .....	78
8.3	Situations et actions de calcul .....	78
8.4	Considérations sur le calcul et la construction .....	78
8.5	Calcul à l'état limite ultime .....	79
8.6	Calcul à l'état limite de service .....	80
8.7	Essais de contrôle .....	81
8.8	Essais de réception .....	81
8.9	Surveillance de l'exécution et suivi .....	81



Documents de référence.



European Organisation for Technical Approvals  
Europäische Organisation für Technische Zulassungen  
Organisation européenne pour l'agrément technique



Documents de référence.

**PROCEEDINGS INTERNATIONAL SYMPOSIUM**

**GROUND ANCHORS**  
Limelette test field results

**VOLUME 1**

14 May 2008  
Hotel Métropole – Brussels

**PROCEEDINGS INTERNATIONAL SYMPOSIUM**

**GROUND ANCHORS**  
Limelette test field results

**VOLUME 2**

Report & Annexes A, B, C, D, E, F

14 May 2008  
Hotel Métropole – Brussels



## Contrôle à la conception.

- **Elaboration/vérification de la note de calcul :**
  - stabilité d'ensemble
  - stabilité du tirant/clou (ancrage)
  - dimensionnement du tirant
  - dimensionnement du système d'ancrage
  - interaction entre les tirants/clous
  - choix des matériaux (corrosion, méthode de scellement,...)
  - **définition des essais: préalables, de contrôle, de réception.**

**=> Éléments à préciser dans le Cahier Spécial des Charges**



## Contrôles à l'entame du chantier.

### Exemple pour le clouage (NBN EN 14490)

#### 6 Matériaux et produits

##### 6.1 Généralités

6.1.1 La construction d'un ouvrage en sol cloué peut impliquer l'utilisation des composants suivants :

- a) un système de clouage ;
- b) un système de parement ;
- c) un système de drainage.

6.1.2 Toutes les exigences sur les matériaux et les produits doivent être spécifiées au préalable pour les travaux, basées sur une Norme européenne ou nationale. Lorsqu'il n'existe pas de Norme européenne ou nationale de convenance appropriée, les spécifications seront soumises aux recommandations des fabricants et les certificats pertinents. La conformité avec les exigences spécifiques sera documentée pendant l'exécution des travaux.



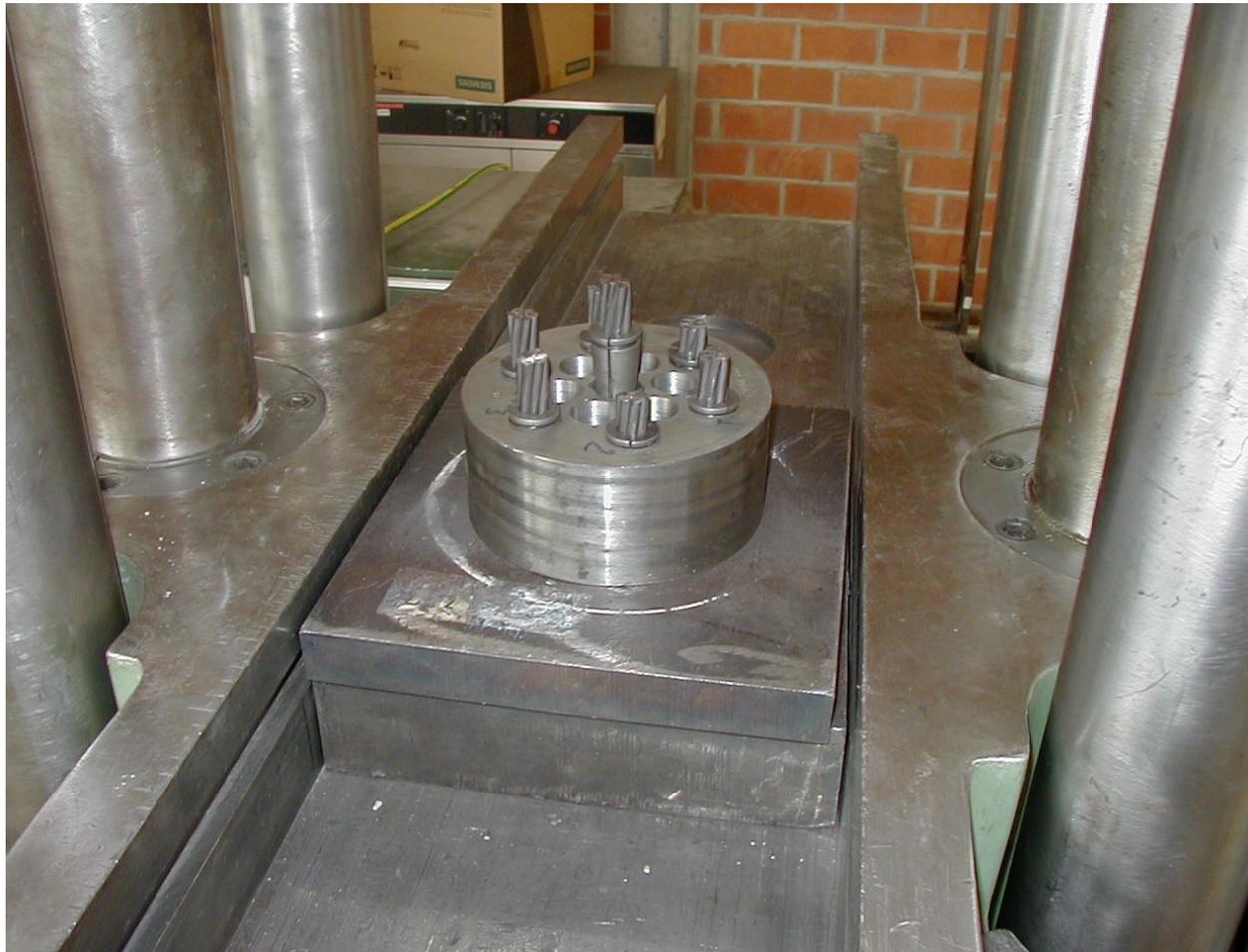
## Contrôles à l'entame du chantier.

- Fiche technique décrivant le type de tirant/clou, les méthodes et les moyens de mise en œuvre.
- Description des produits utilisés: acier pour post-contrainte, acier pour béton armé, tête d'ancrage, coulis d'injection, coupleurs,.....
- Pour chacun de ces produits, faire référence au processus de contrôle de fabrication : marquage obligatoire ou volontaire, essais de réception sur les matériaux et les dispositifs,.....



Contrôles à l'entame du chantier.

Exemple pour les tirants multi-torons (NBN EN 01537)



## Contrôles à l'entame du chantier.

### Exemple pour l'ancrage (NBN EN 01537)

9.1.2 Les essais préalables ont pour objet d'établir, avant l'exécution des tirants de l'ouvrage :

- a) la résistance  $R_a$  du tirant, à l'interface terrain/coulis ;
- b) la traction critique de fluage du système d'ancrage ; ou
- c) les caractéristiques de fluage du système d'ancrage sous différents niveaux de traction jusqu'à la rupture ;  
ou
- d) les caractéristiques de perte de tension du système d'ancrage à l'état limite de service  $P_0$  ;
- e) une longueur libre équivalente de l'armature  $L_{app}$ .



## Contrôles à l'entame du chantier.

### Exemple pour l'ancrage (NBN EN 01537)



Contrôles pendant le chantier.

Exemple pour l'ancrage/clou.



## Contrôles pendant le chantier. Exemple pour l'ancrage (NBN EN 01537)

**10.2** Les comptes-rendus d'exécution des tirants doivent être rédigés conformément à l'EN 1997-1 et doivent contenir, lorsque cela est pertinent :

- a) le nombre de tirants d'ancrage et leur implantation
- b) les détails des livraisons de tous les matériaux à base de ciment, de résines et de durcisseurs, ainsi que les coulis de ciment et de résine ;
- c) la reconnaissance géotechnique ;
- d) la technique et le matériel de forage ;
- e) la mise en place et géométrie des éléments des tirants ;
- f) la date et la durée de mise en œuvre de chaque tirant ;
- g) les conditions d'eau ;
- h) composition du coulis, pression, volume injecté, longueur injectée, durée d'injection ; injection préalable, post injection ;
- i) la mise en œuvre de la protection contre la corrosion choisie ;
- j) les exigences relatives aux essais de tirants y compris les certificats d'étalonnage ;
- k) la mise en tension incluant la traction finale de blocage ;
- l) l'équipement de contrôle ;
- m) l'entreprise de forage ;
- n) le nom du foreur/de l'opérateur de mise en tension/ du chef d'équipe/de l'ingénieur.



## Contrôles pendant le chantier.

### Exemple pour l'ancrage (NBN EN 01537)

**10.3** Un compte-rendu signé doit être conservé pour chaque tirant mis en œuvre et ce compte-rendu doit inclure toutes les caractéristiques particulières d'exécution.

**10.4** Tous les comptes-rendus de mise en œuvre et d'essais doivent être conservés après l'achèvement des travaux.

**10.5** Après l'achèvement des tirants, des plans de récolement doivent être établis et conservés avec les comptes-rendus d'exécution.

**10.6** Les certificats de conformité délivrés par les autorités réglementaires, pour tous les matériaux utilisés lors de la mise en œuvre des tirants, doivent être conservés avec les comptes-rendus d'exécution.



## Contrôles pendant le chantier.

### Exemple pour l'ancrage (NBN EN 01537)

**9.1.3** Les essais de contrôle ont pour objet de confirmer, pour une situation de calcul particulière :

- a) la capacité du tirant à supporter une traction d'épreuve  $P_p$  ;
- b) les caractéristiques de fluage ou de perte de tension du système d'ancrage jusqu'à la traction d'épreuve ;
- c) une longueur libre équivalente de l'armature  $L_{app}$ .



## Contrôles pendant le chantier.

## Exemple pour l'ancrage (NBN EN 01537)

D45.xlsx

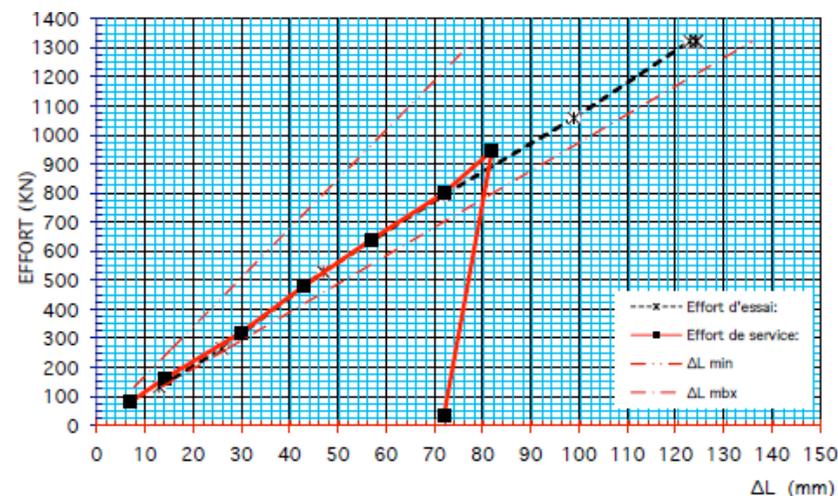


Datum :	10-01-13
Ancrage n°	D45
Vérin N°	2.12.52 + 03.03.14
Effort de service:	1150 kN
Effort d'essai: 115%	1323 kN
Effort de blocage:	800 kN
Section	139 mm <sup>2</sup>
Module d'elast.	195 kN/mm <sup>2</sup>

Ancrage type: 7T15,2 : Lg libre=14 / Lg ancrage=11

	kN	Bars	mm	ΔL mm	ΔL tot mm	ΔL min	ΔL mbx	ΔL	ΔL TOT
10%	132	46	23,00		13,00	8	14		13
20%	265	94	36,00	13,00	26,00	16	27		26
40%	529	189	57,00	21,00	47,00	31	54		47
60%	794	285	82,00	25,00	72,00	47	82		72
80%	1058	381	109,00	27,00	99,00	62	109		99
100%	1323	476	133,00	24,00	123,00	78	136		123
0	1323	476	133,87		123,00				123,00
1	1323	476	135,14	1,27	124,27				124,27
5	1323	476	135,14	1,27	124,27				124,27
15	1323	476	135,14	1,27	124,27				124,27
30	1323	476	135,19	0,05	124,32	0,15			124,32
60	1323	476	135,29	0,10	124,42				124,42
	80	27	34	7	7	5	8		7
	160	56	41	7	14	9	16		14
	320	114	57	16	30	19	33		30
	480	172	70	13	43	28	49		43
	640	229	84	14	57	38	66		57
100%	800	287	99	15	72	47	82		72
	946	340	109	10	82				82
	33	10	99						72

Ancrage 7C15 Lot n°: 501893  
Mors 3/3 T15U Lot n°: 58108



## Contrôles pendant le chantier.

### Exemple pour l'ancrage (NBN EN 01537)

**9.1.4** Les essais de réception ont pour objet de confirmer pour chaque tirant :

- a) la capacité du tirant à supporter une traction d'épreuve ;
- b) les caractéristiques de fluage ou de perte de tension à l'état limite de service, si nécessaire ;
- c) la longueur libre équivalente de l'armature  $L_{app}$ .
- d) de s'assurer que la traction de blocage, forces de frottement exclues, se situe au niveau de la traction de calcul.

**9.1.5** La surveillance et l'évaluation de tous les essais de tirants doivent être effectués par une personne compétente et expérimentée dans cette technique.

**NOTE** Les méthodes d'essai pour les essais préalables, de contrôle ou de réception, spécifiées dans la prEN ISO 22477-5 s'appliquent aux tirants provisoires et aux tirants permanents.



## Contrôles pendant le chantier. Exemple pour les clous (NBN EN 14490)

Tableau 1 — Définition des essais de clou

	Types d'essai de clou	
	Essai de clou sacrificiel	Essai de clou de l'ouvrage
<b>But de l'essai</b>	Vérifier la résistance limite des clous au frottement de terrain retenue par la conception (1) le frottement dans la zone passive (2) le frottement dans la zone active (3) le frottement sur toute la longueur du clou	Démontrer le bon comportement des clous sous une charge convenue par la conception.  L'essai est effectué sur la longueur totale du clou.
<b>Moment de l'essai</b>	Avant, pendant ou après les travaux de clouage	Pendant ou à l'issue des travaux de clouage
<b>Type de clou utilisé</b>	Sacrificiel	De l'ouvrage
<b>Actions à entreprendre en cas de résultats non conformes</b>	Revoir la méthode d'installation des clous et/ou envisager d'autres longueurs et disposition de clou	Consulter le projeteur pour définir les actions à entreprendre et avoir son accord pour poursuivre les travaux
<b>Commentaires</b>	Si nécessaire pour chaque couche de terrain différente	Durant les essais des clous de l'ouvrage, faire attention à ne pas surexposer le clou au frottement du coulis ou endommager la protection anti-corrosion.  Lorsqu'un parement structurel est utilisé, le clou d'essai doit être décollé dans la zone d'influence du parement.



## Monitoring de la structure.

### **Geotechnical investigation and testing – Geotechnical monitoring by field instrumentation – General rules**

*Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Geotechnische Messungen – Allgemeine Regeln*

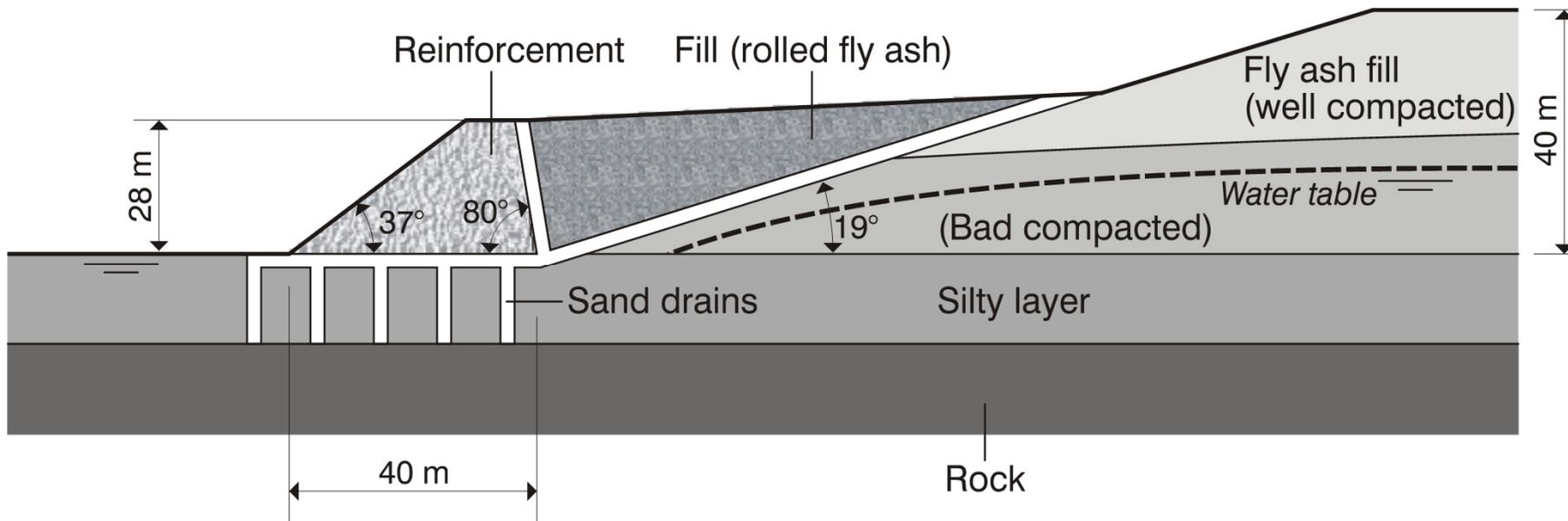
*Reconnaissance et essais géotechniques – Mesures géotechniques – Principes*

**EN-ISO \*\*\*\*\*(\*) (en cours d'élaboration)**

**Beaucoup de possibilités :**

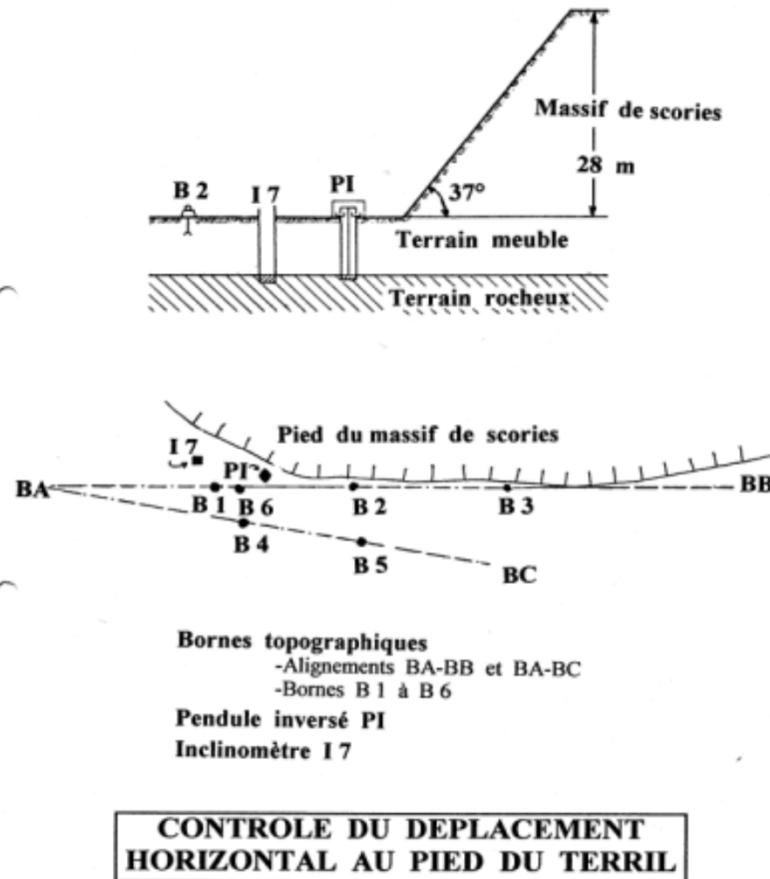
**Inclinomètres, extensomètres, jauges de contraintes, mesures topographiques, tiltmètres,.....**





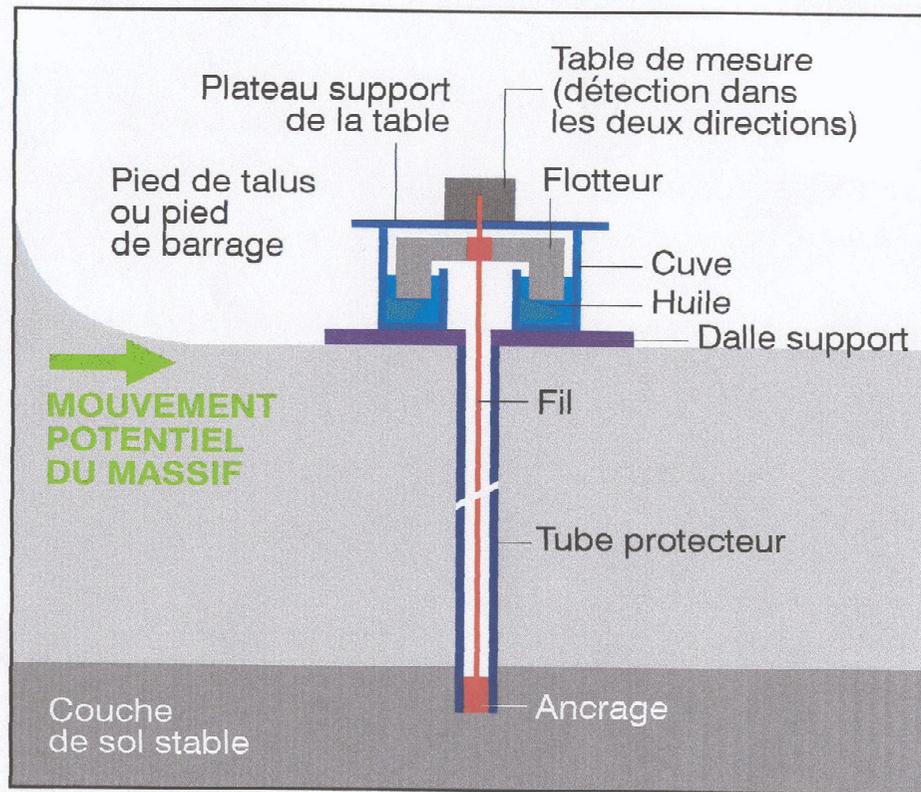
## Site survey program

- ❑ Reversed pendulum
- ❑ Inclinomètres
- ❑ Topographic benchmarks
- ❑ Piezomètres
- ❑ Seals opening
- ❑ Camera control of pipes
- ❑ Water table measurements in the fly ash backfill



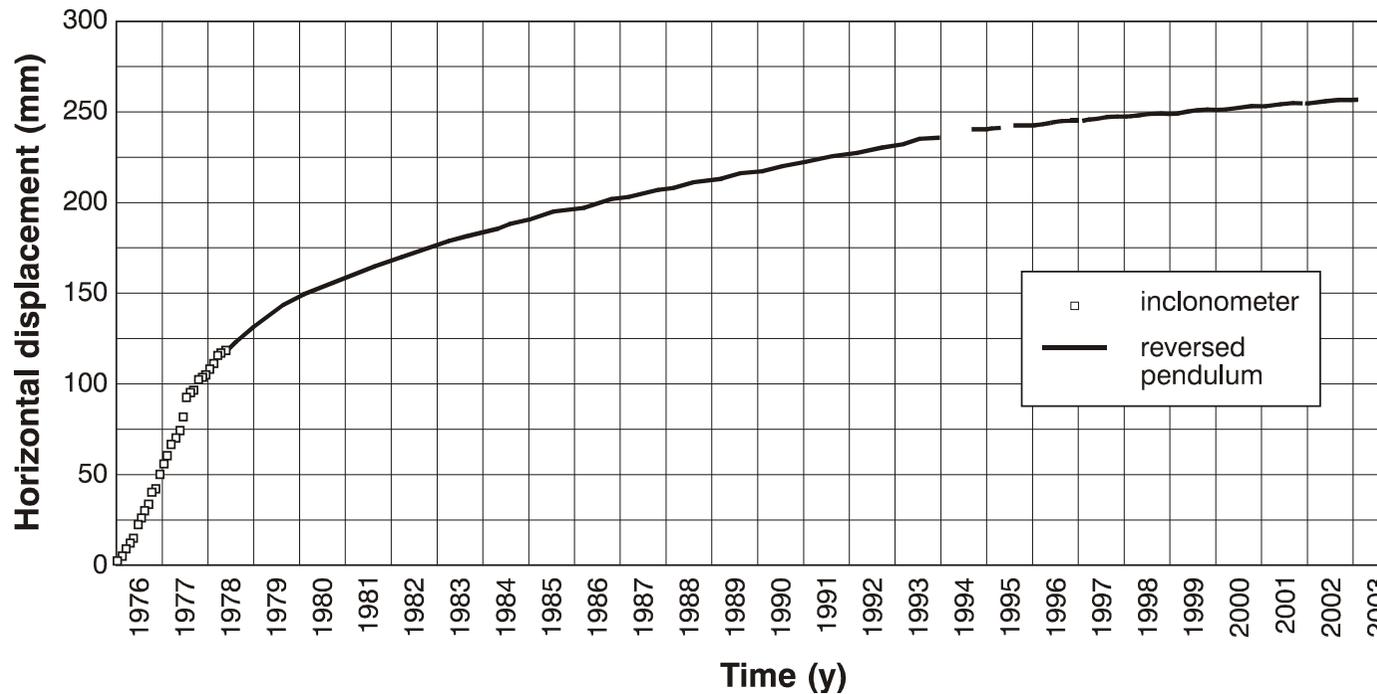
## Monitoring de la structure.

## Exemple du Terril du Héna (AWIRS – Flémalle)



- ❑ Measurements each hour with a resolution of 0.02 mm
- ❑ Tests to verify the validity of measurements
- ❑ Automatic transfert to the control room of the power plan



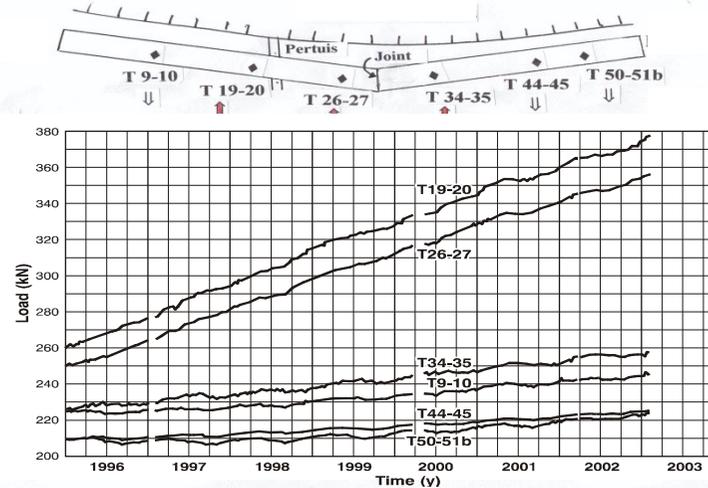
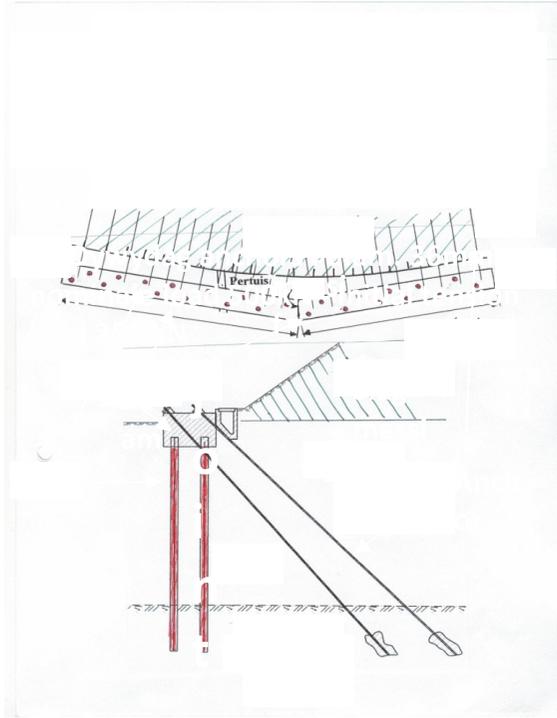


- Horizontal displacement during filling of slag :  
100 mm (1976 - 1978)
- Displacement rate after filling :  
average 5.4 mm/year -> minimum of 4.5 mm/year (1978 - 1994)
- Displacement rate after reinforcement :  
2 mm/year (1995 - 2003)



## Monitoring de la structure.

## Exemple du Terril du Héna (AWIRS – Flémalle)



# Contrôle et Monitoring

De la conception jusqu'au suivi de l'ouvrage



Philippe WELTER, SPW – Direction de la Géotechnique  
([philippe.welter@spw.wallonie.be](mailto:philippe.welter@spw.wallonie.be))



Journée d'étude SBGIMR – 10/03/2015  
Les techniques de clouage des parois