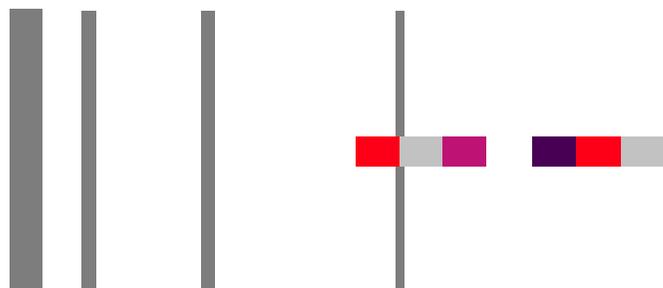




Ingénierie SNCF

Confortement des OT par clouage vertical sur le réseau ferré national



V. TALFUMIERE

- Ouvrages ferroviaires spécifiques
 - + Nécessité de maintenir les circulations ferroviaires
 - + Accès difficiles
 - + Matériels nécessitant un encombrement minimum
 - + Techniques de confortement efficaces
- Ouvrages suivis et connus
 - + Classement des ouvrages (courants, sensibles)
 - + Visites périodiques
 - + Visites quinquennales des OT
 - + Suivis de l'instrumentation (topo, inclino, ...)

Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Présentation

- + Ligne ferroviaire à double voie électrifiée MANTES – CHERBOURG
(desserte PARIS-CHERBOURG)

- vitesse 150 km/h – électrification en 1996 -

- + Remblai sur versant instable km 203, à proximité de LISIEUX dit
remblai des BAS

- hauteur : 7m – mise en place d'installations permanentes de contresens en
1996

- + Contexte géologique défavorable sur 8 Km : présence de marnes de
l'Oxfordien – Historique important pour les ouvrages situés à proximité
(entre km 199 et 207: 15 secteurs sensibles)

Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Expertise :

Elle consiste à examiner l'ensemble des indices de désordres aussi bien dans les emprises qu'à proximité des emprises (nécessité de visiter le site après débroussaillage ou en hiver)

+ Désordres au niveau de la voie sur 60 ml (suivi par cumulées de reprises de nivellements)

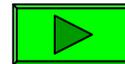
+ Affaissement de piste visible

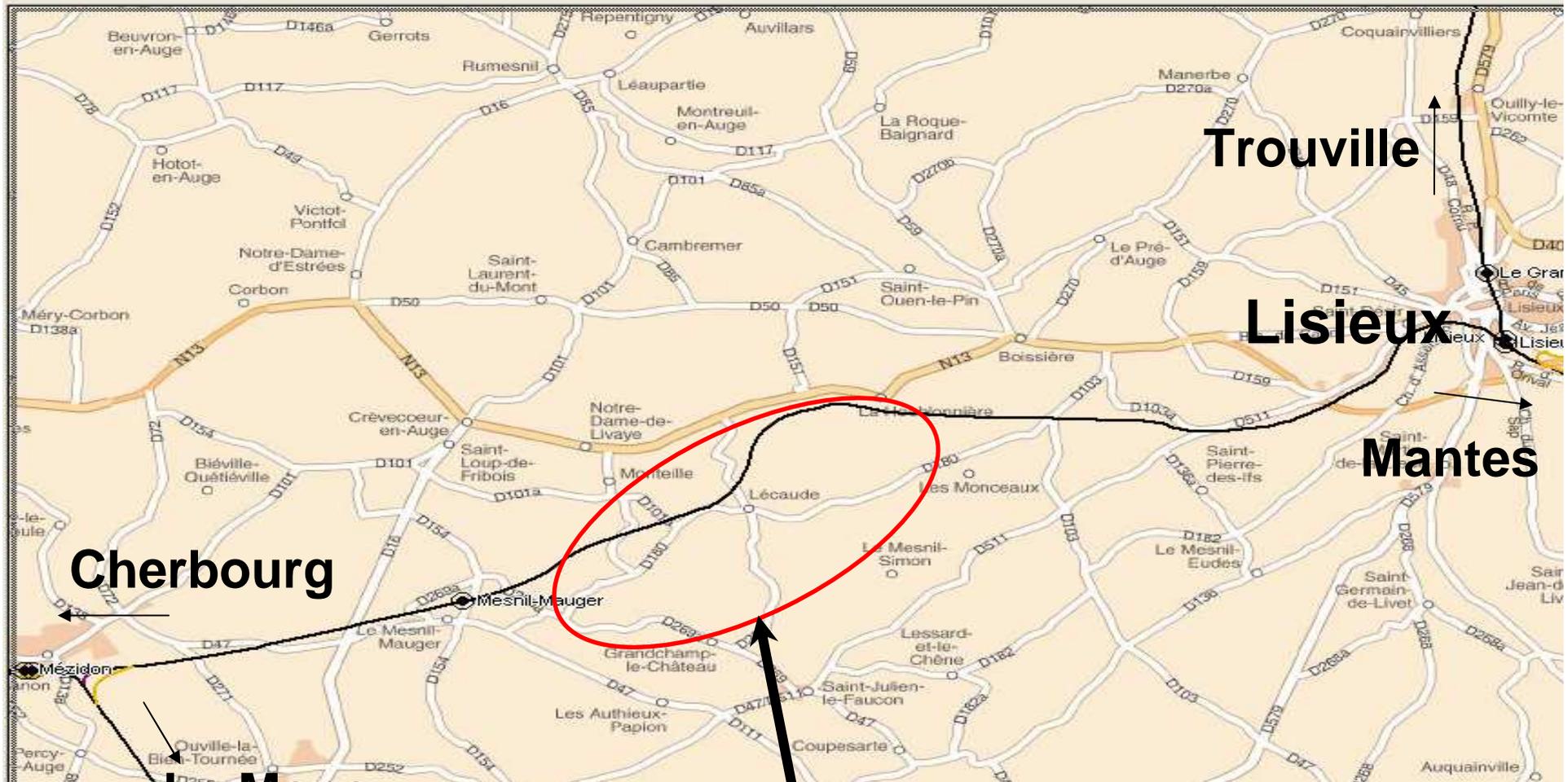
+ Déversement de supports caténares

+ Déformations dans le versant

+ Drainage amont et aval

+ Confortements existants





Cherbourg

Le Mans

Trouville

Lisieux

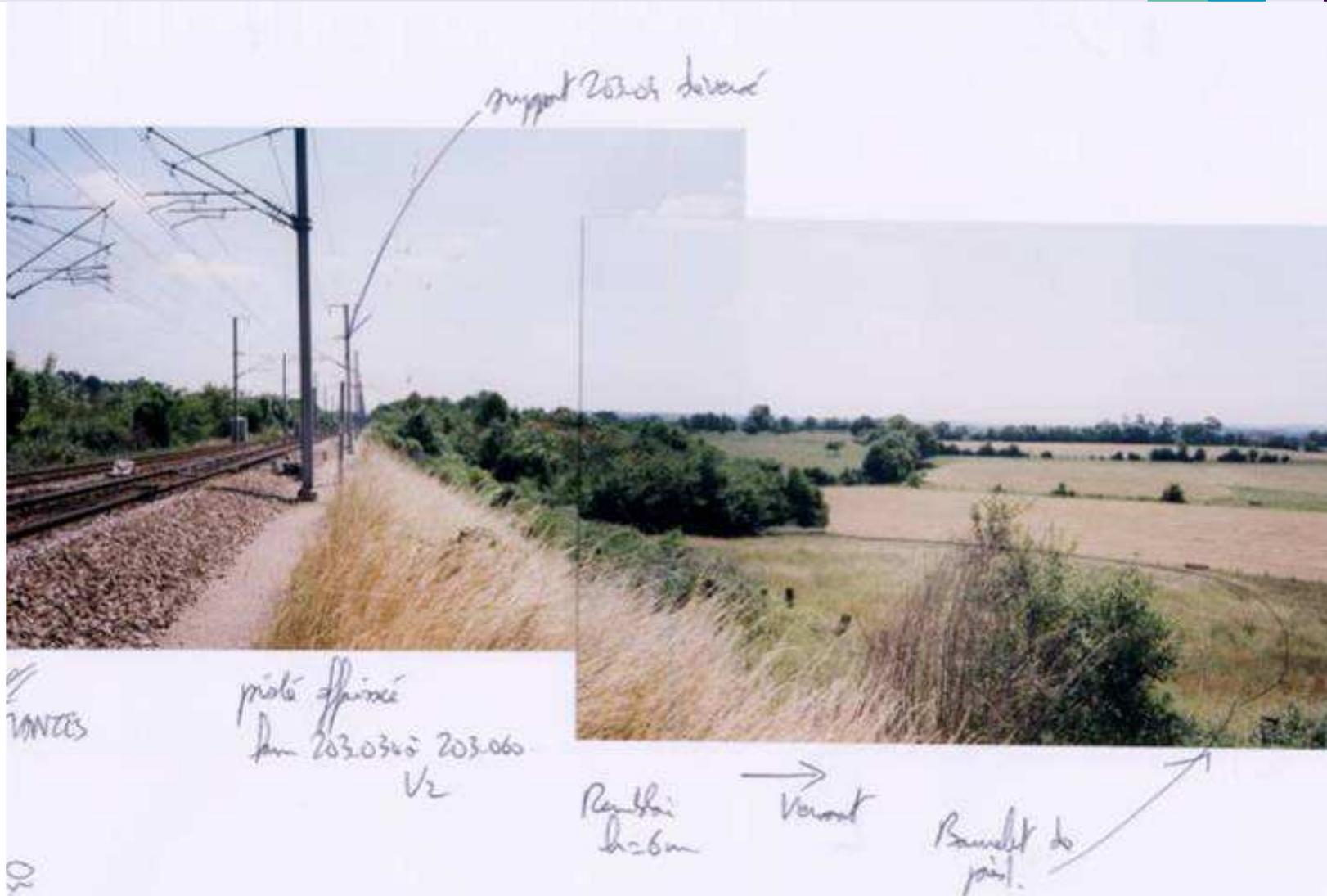
Mantes

Zone km 199 à 207



Vue générale du site





Affaissement
très prononcé
de la piste en
2004





Bourrelet en
pied de
remblai

MANTES - CHERBOURG



Photo n°99LBAS9

26/08/1999

LE BAS

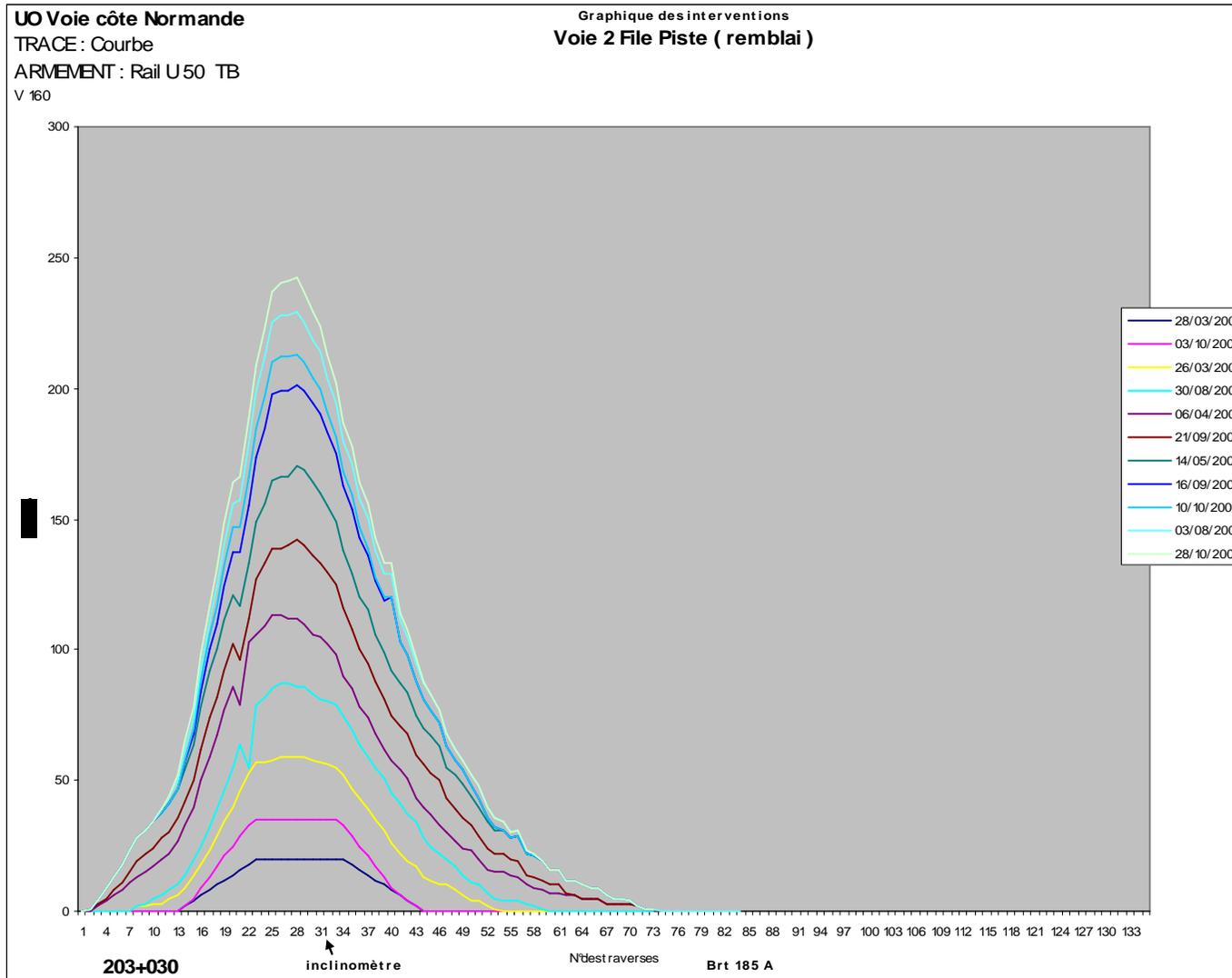


Clouage d'un remblai par pieux verticaux

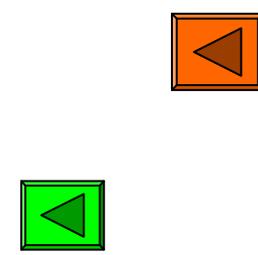
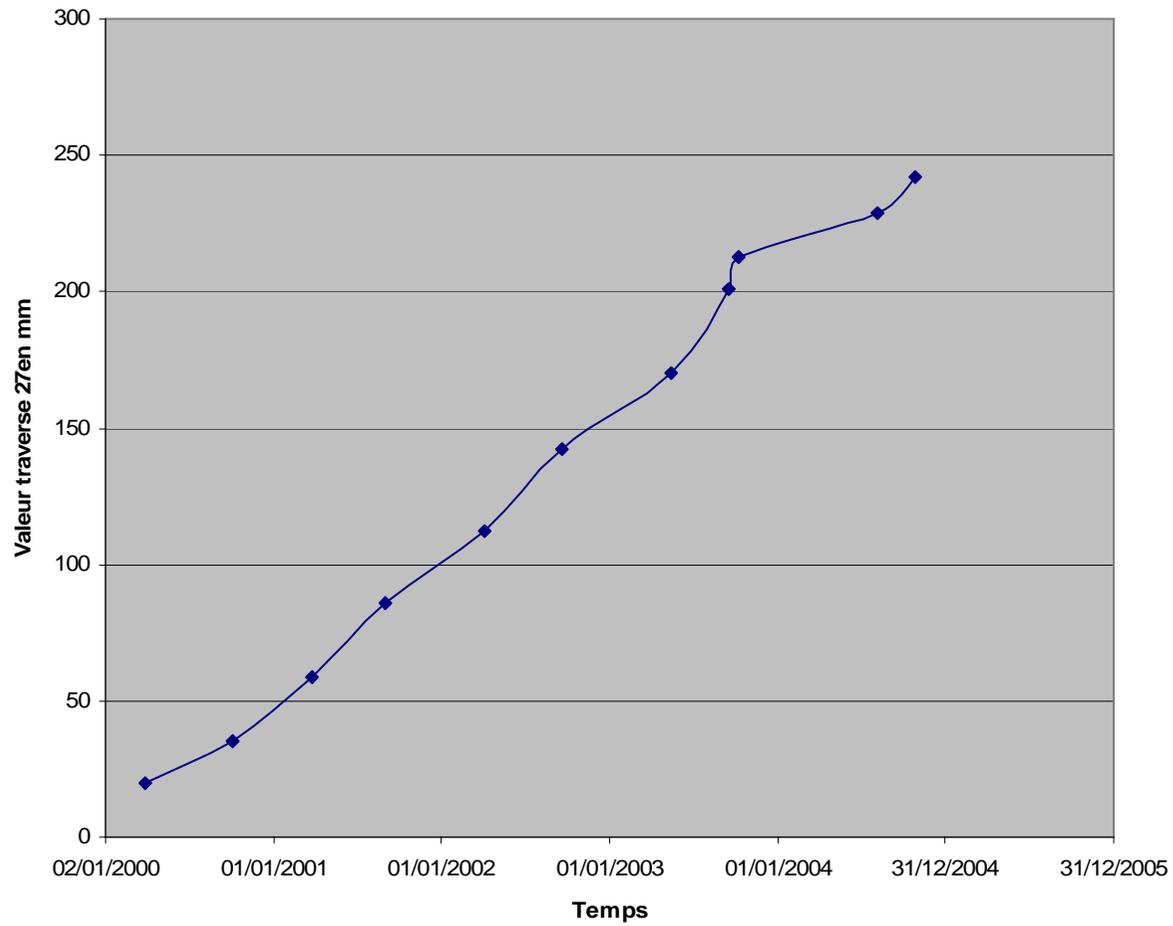
- Suivis :
 - + Tassement des deux files de rail aval (v2) de 7mm par mois
 - + Instrumentation d'un profil inclinométrique complet
 - + Déplacement des tubes inclinométriques de 5mm par mois
- Décision du traitement :
 - + Forte activité
 - + Position du glissement au niveau d'un appareil de voie (nombreuses et coûteuses interventions en voie)
 - + Ligne à trafic important et vitesse de 150 km/h



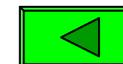
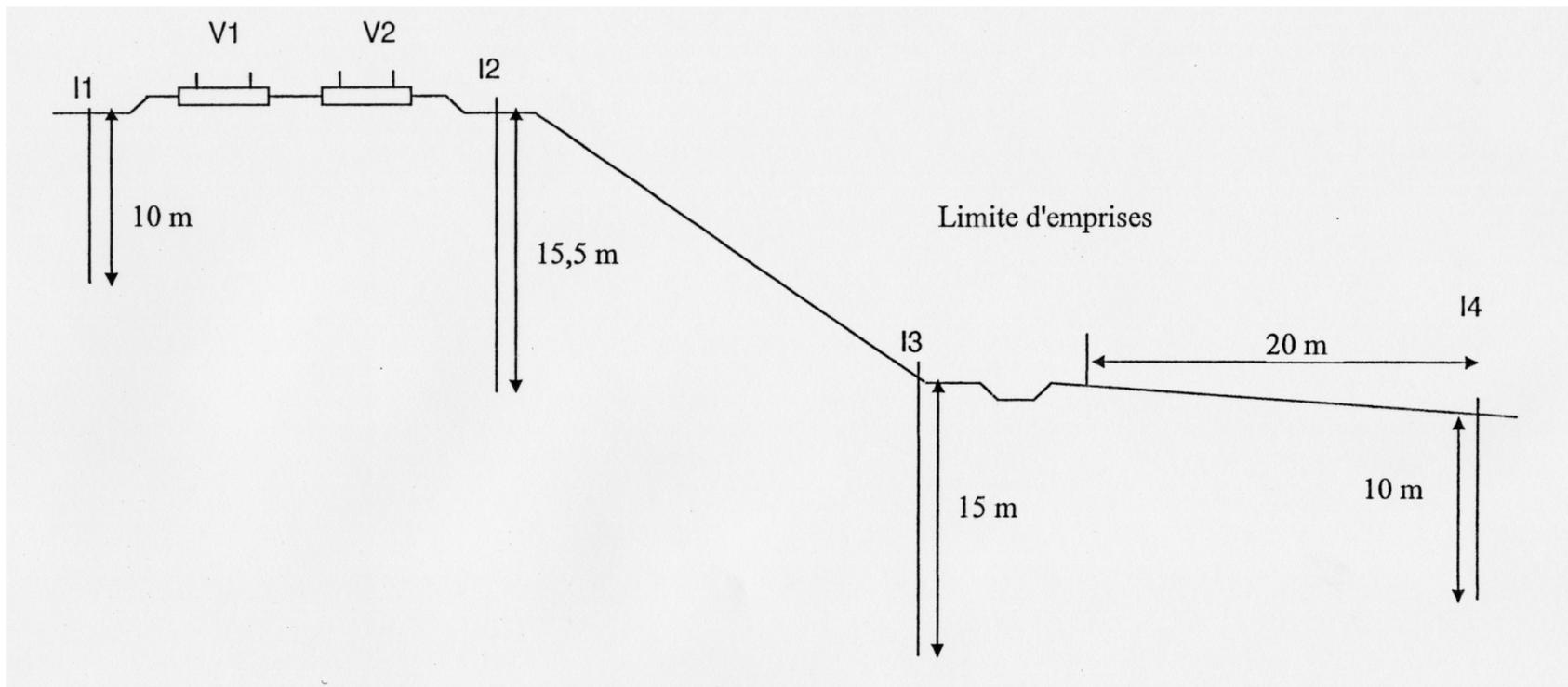
Graphique de cumulées de nivellement



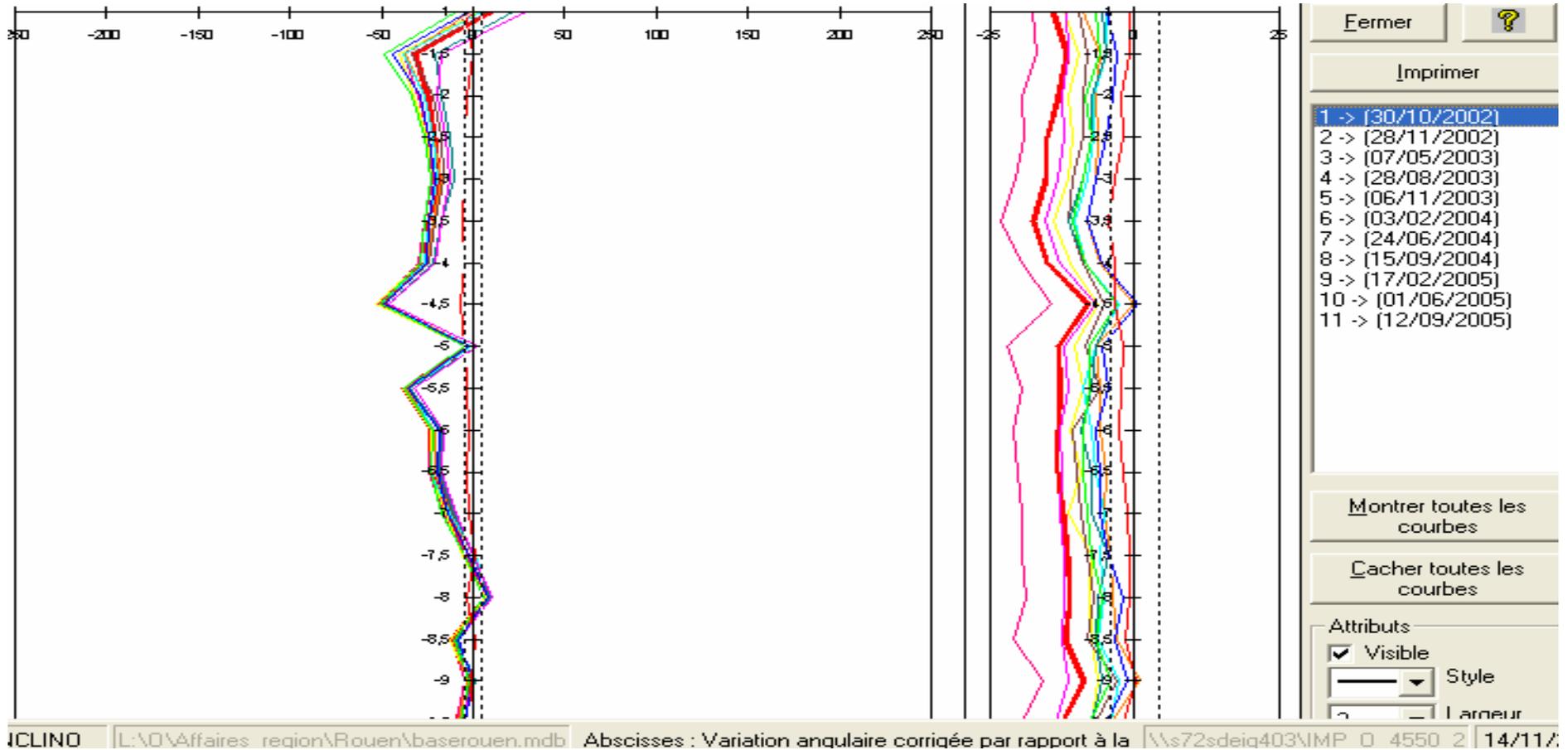
Nivellement traverse 27 en fonction du temps



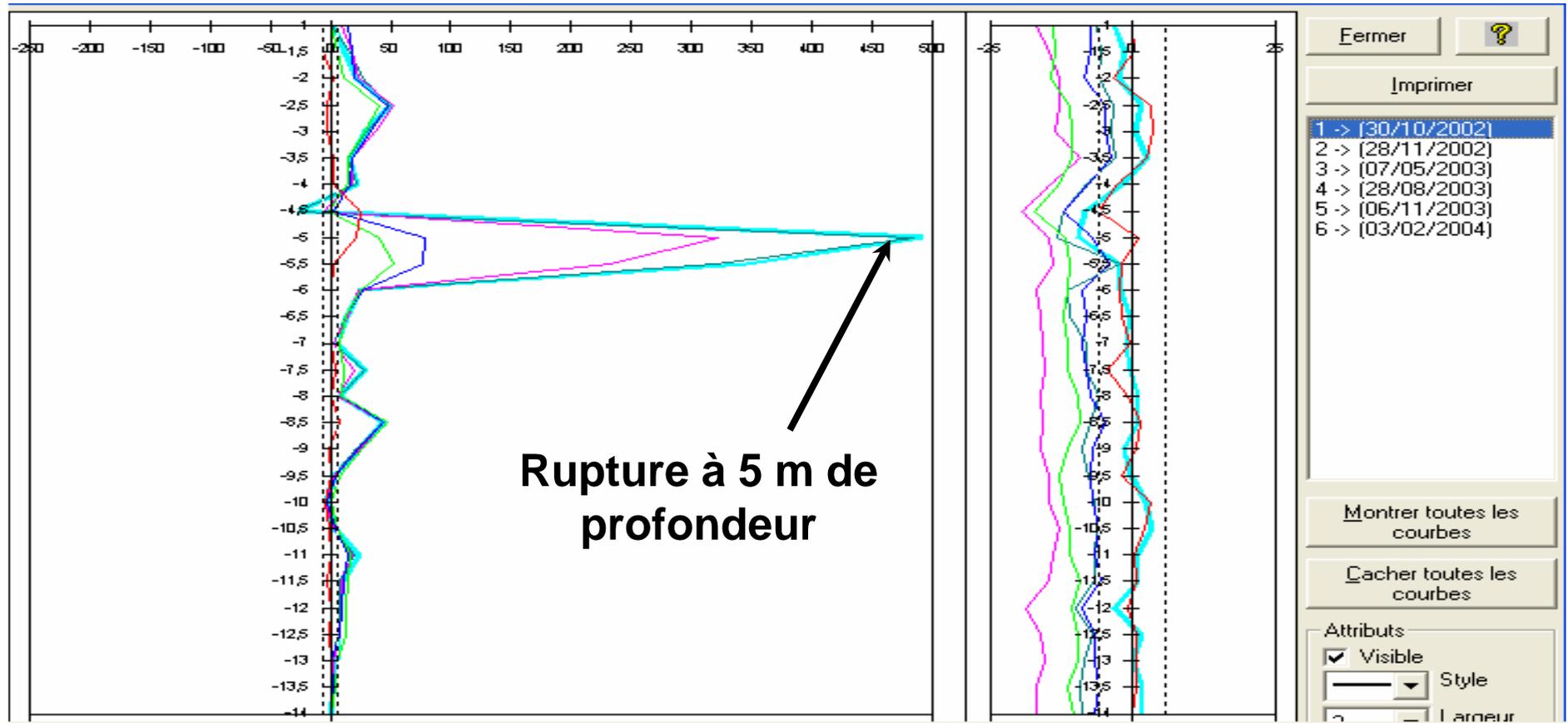
Instrumentation du versant



Inclino I1

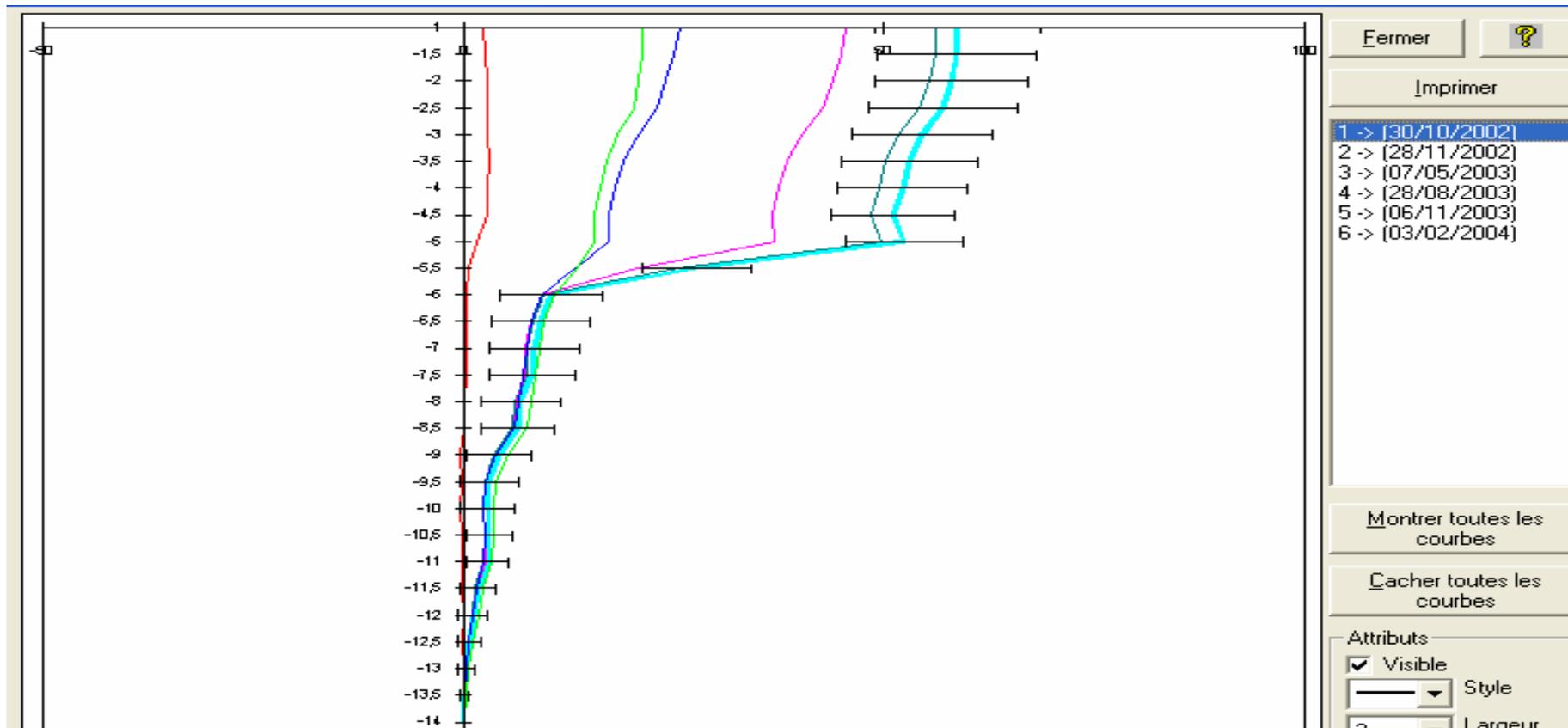


Inclino I2 en piste (variation angulaire)

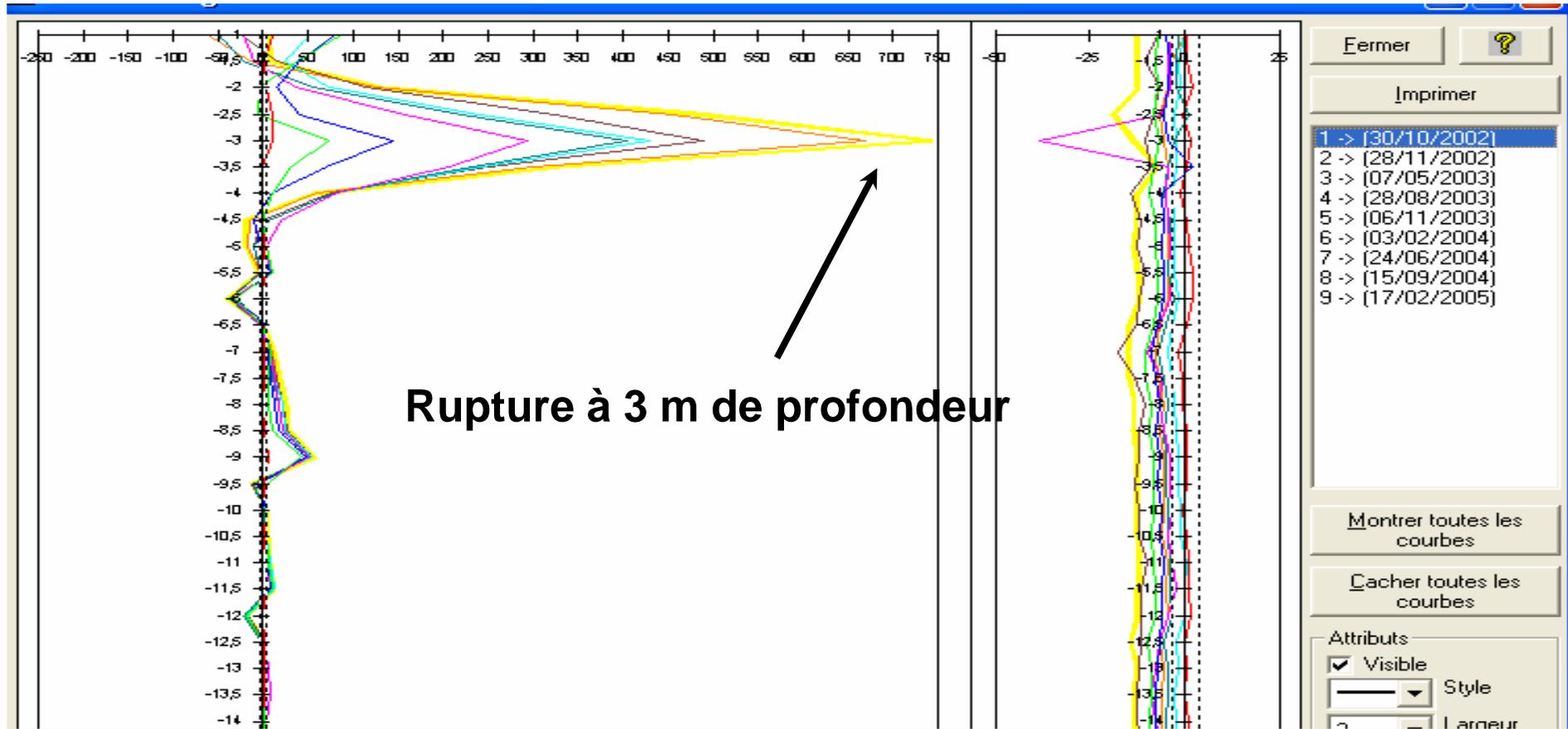


INCLINO | L:\O\Affaires_region\Rouen\baserouen.mdb | Abscisses : Variation angulaire corrigée par rapport à la | \\s72sdeig403\NMP_0_4550_2 | 14/11/2009

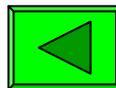
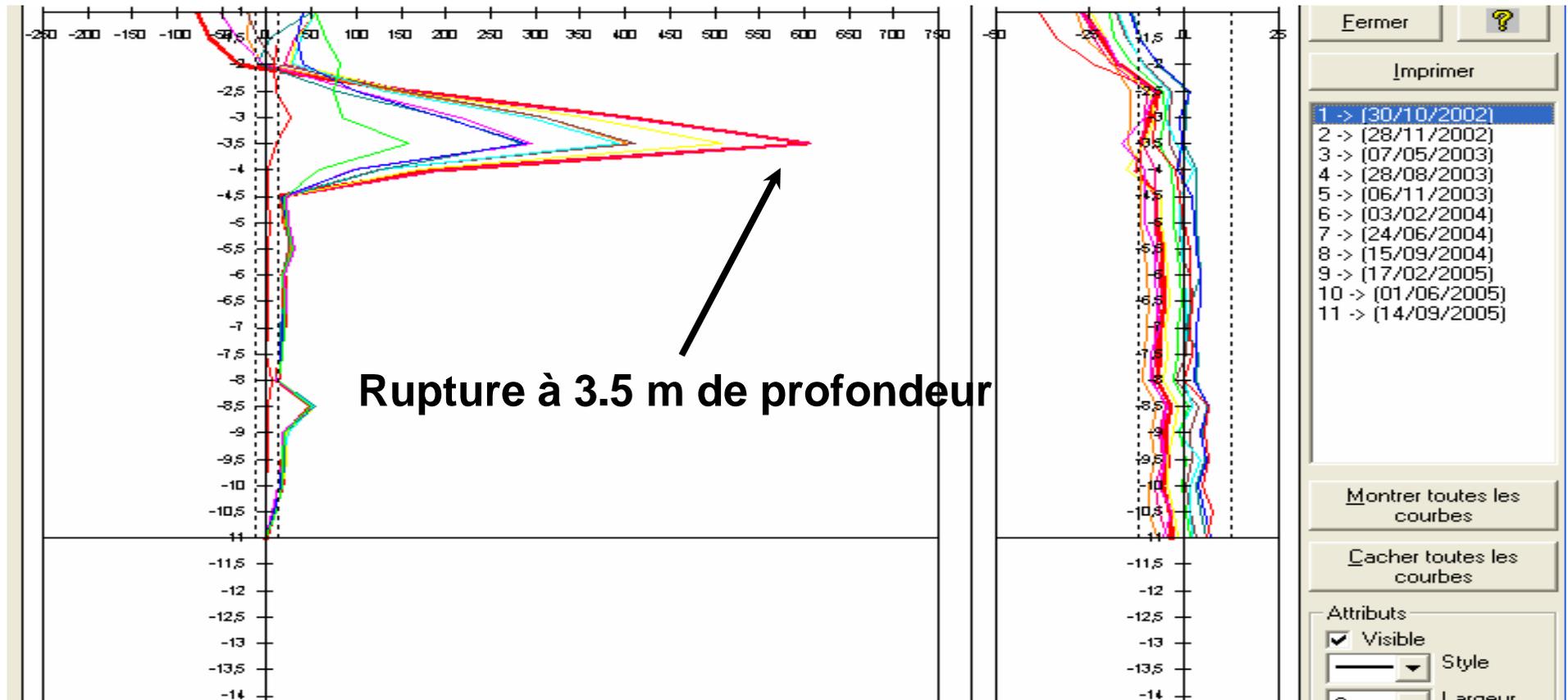
Inclino I2 : Déformée



Inclino I3 : variation angulaire



Inclino I4 : Variation angulaire



Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Établissement d'un modèle
 - + Profil en travers représentatif
 - + Log des sondages de reconnaissances
 - + Résultats des essais in situ et en laboratoire
 - + Définition d'horizons géologiques homogènes
 - + Détermination du niveau de la nappe (piézométrie)
 - + Détermination de la surface de rupture (inclinométrie)

Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Choix du type de confortement :
 - + Examen en premier choix d'un confortement par terrassement (butée de pied avec bêche)
 - Pas efficace pour un contexte de versant
 - + Drainage superficiel: fossés béton côté amont existant et fossé terre à l'aval
 - + Drainage profond : tranchée drainante amont
 - Faible efficacité (nappe légèrement au dessus de la surface de rupture) – Problème d'entretien et de pérennité
 - + Pieux forés : coût important; possibilité de réaliser des pieux battus

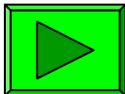
Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Choix du type de confortement :
 - + Sol support concerné (mouvement de versant)
 - + Retour d'expérience d'autres confortements à proximité
 - + Terrains assez résistants en profondeur (Em de 20 MPa)
 - + Accès possible par le pied
 - + Travaux depuis la voie impossibles
- **Décision : confortement par pieux battus unitaires, type palplanches**

Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Dimensionnement :

- + Etude sur profils en travers (géométrie du glissement)
- + Sondages pressiométriques
- + Activité inclinométrique
- + Utilisation de la méthode des modules de réaction (Ks)



Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Méthode des modules de réaction

La partie du massif en mouvement engendre par les efforts appliqués sur les clous une déformation de ceux-ci. Les efforts résultants (travail essentiellement en flexion) transmis par le pieu aux terrains sous la surface de rupture s'opposent ainsi aux déplacements.

- Méthodologie d'étude

- + Calcul de stabilité d'un état initial ($F = \frac{\Sigma M_{res}}{\Sigma M_{mot}}$ proche de 1)

- + Amélioration de la stabilité du glissement par augmentation des efforts résistants du glissement de 20 % soit une augmentation de F de 25 % (pieu avec effort de cisaillement au niveau de la surface de rupture)

Clouage d'un remblai par pieux verticaux

- Méthode des modules de réaction

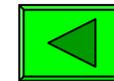
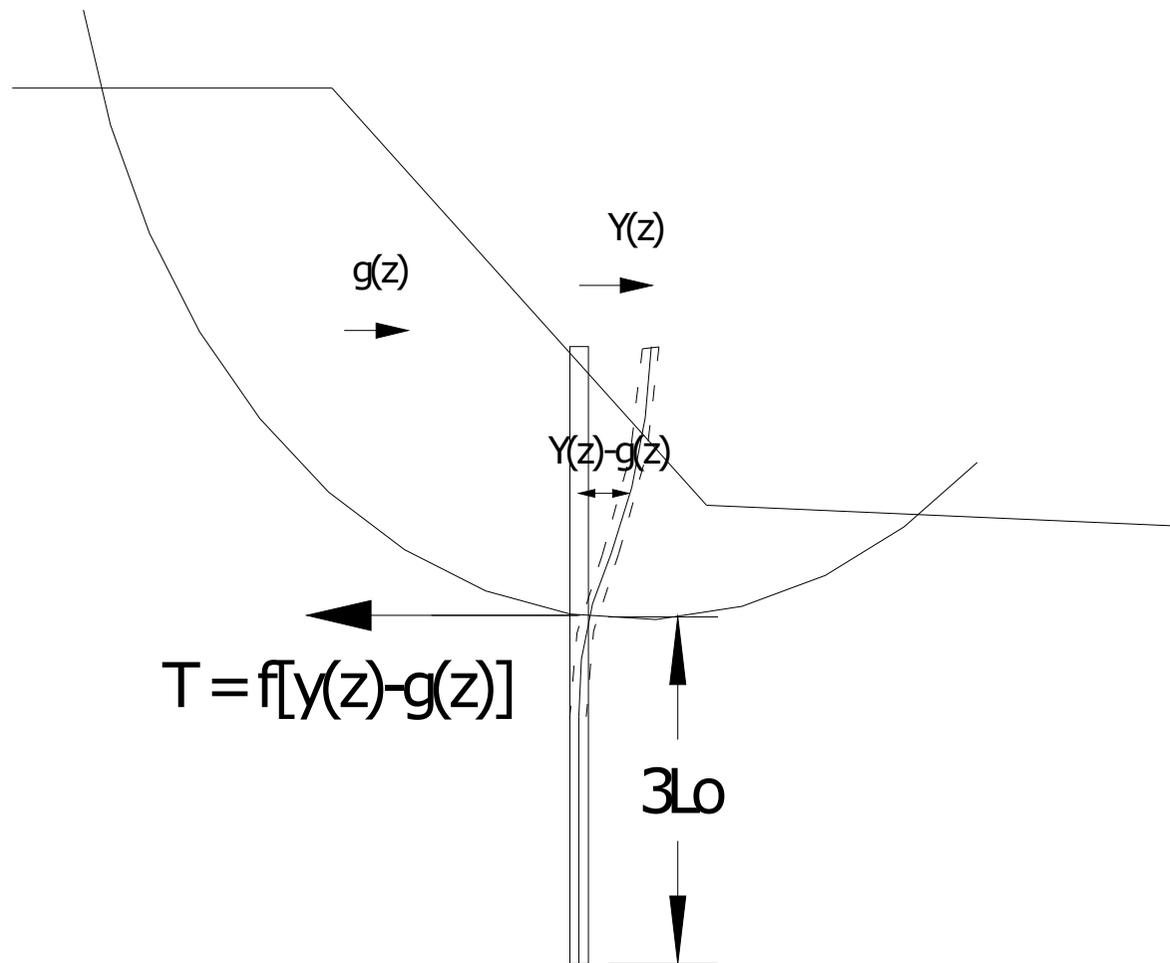
Résolution de l'équation d'équilibre des pressions sur le pieu:

$$EI \cdot \frac{d^4 y}{dz^4} = K_s [y(z) - g(z)]$$

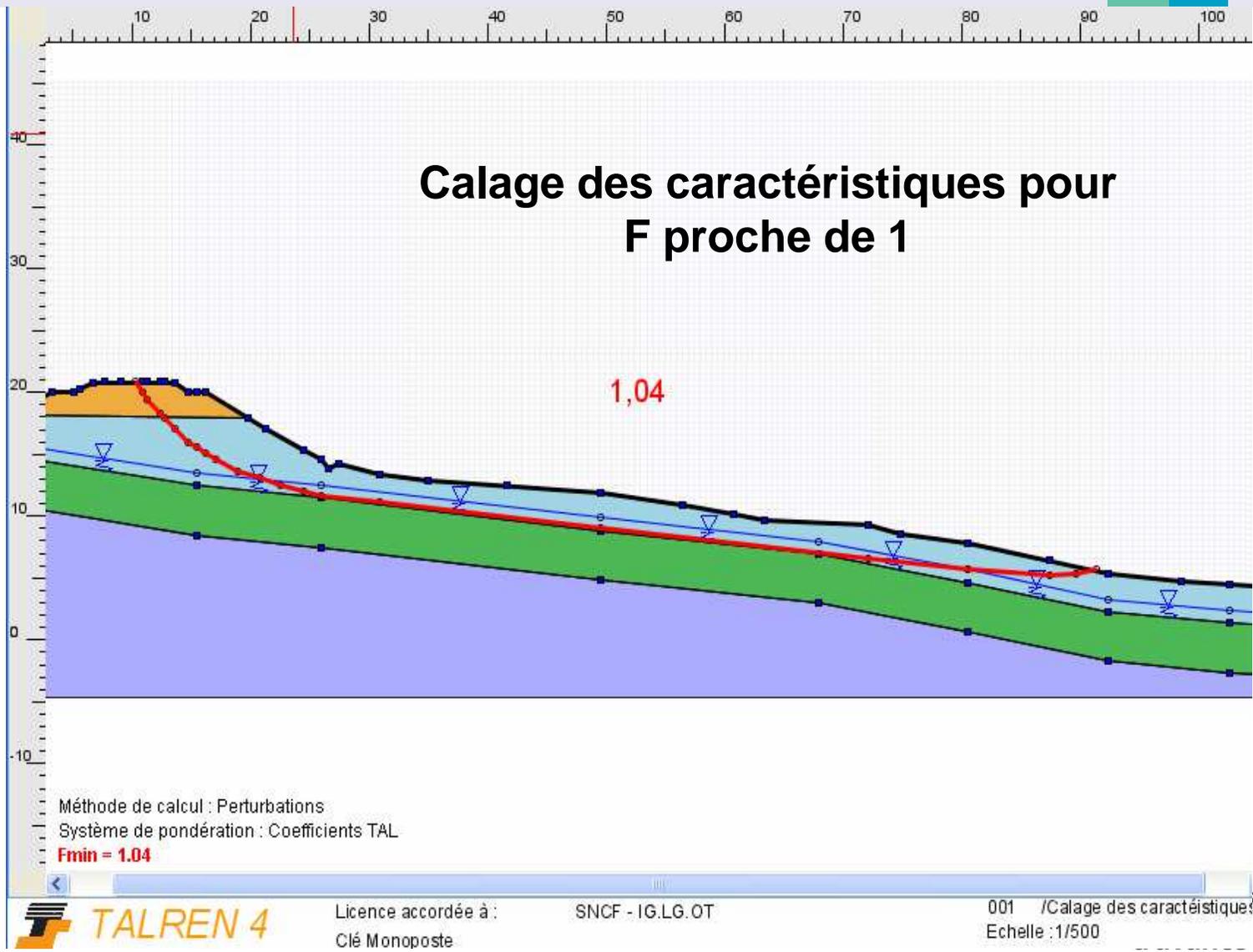
E est le module d'Young de l'acier,
I le module d'inertie du pieu;
K_s le module de réaction du sol;
y(z) et g(z) respectivement le déplacement horizontal du pieu
et du sol en fonction de la profondeur

Clouage d'un remblai par pieux verticaux

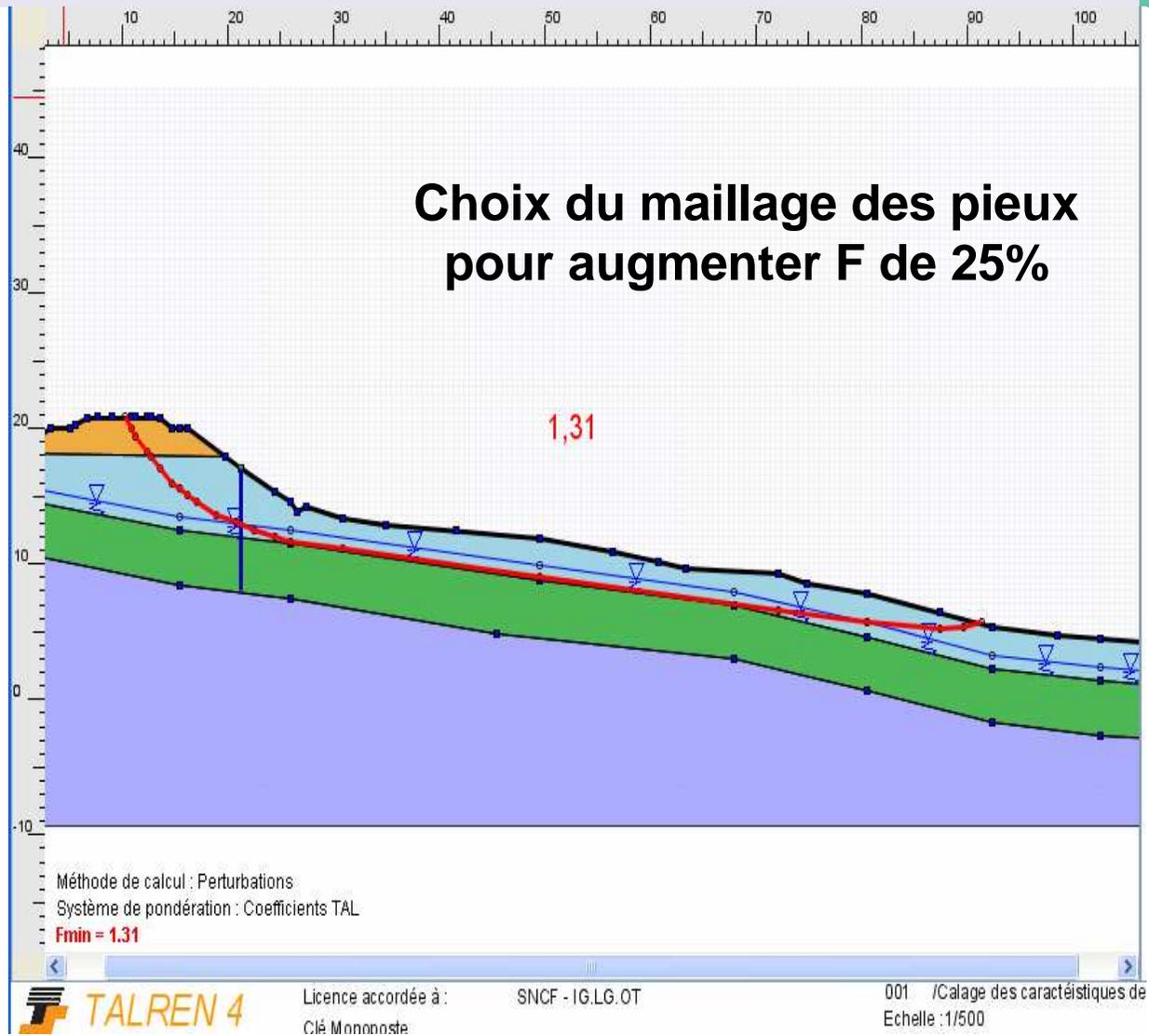
- Méthode des modules de réaction



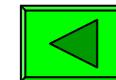
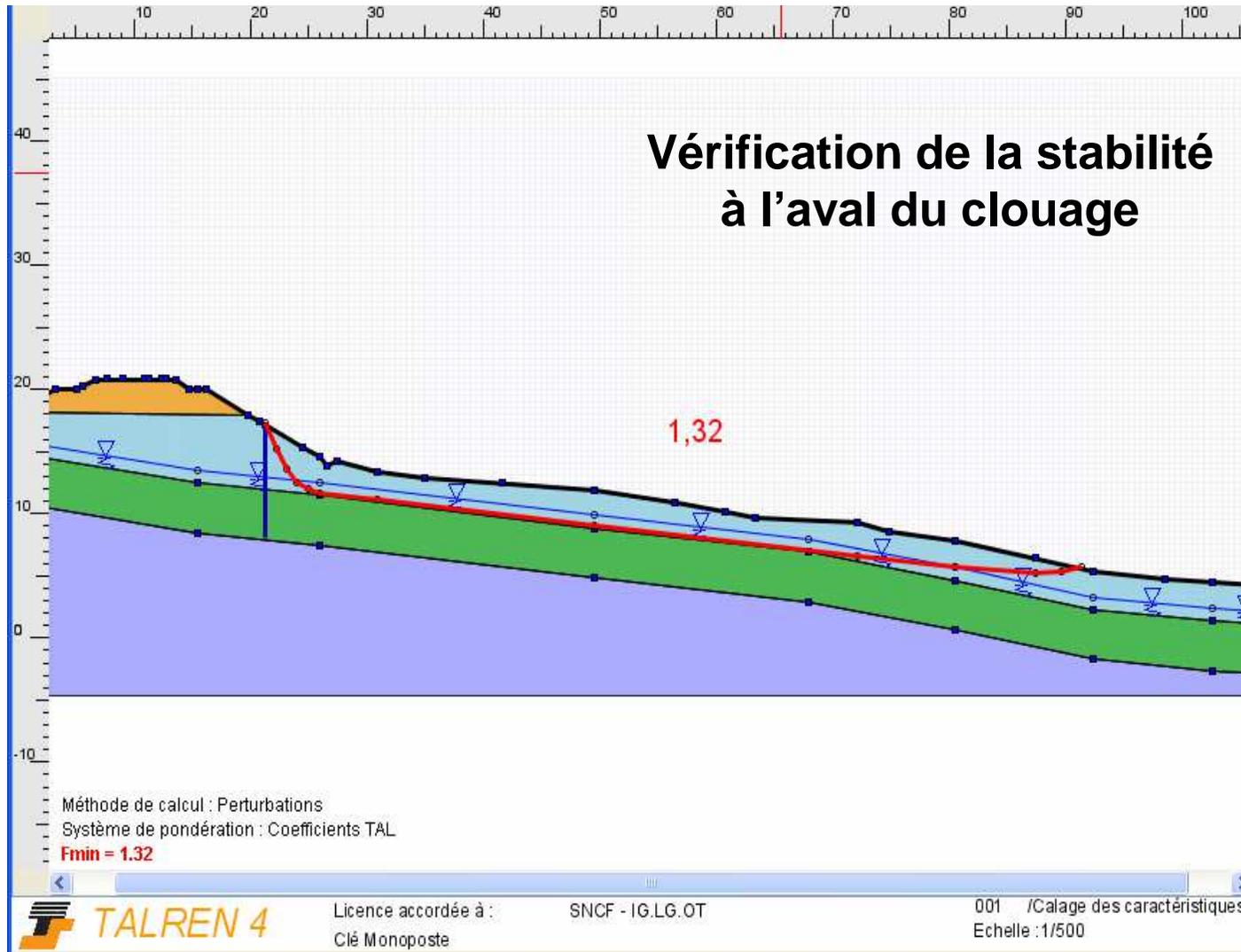
Calcul de stabilité initial



Calcul de stabilité avec le clouage

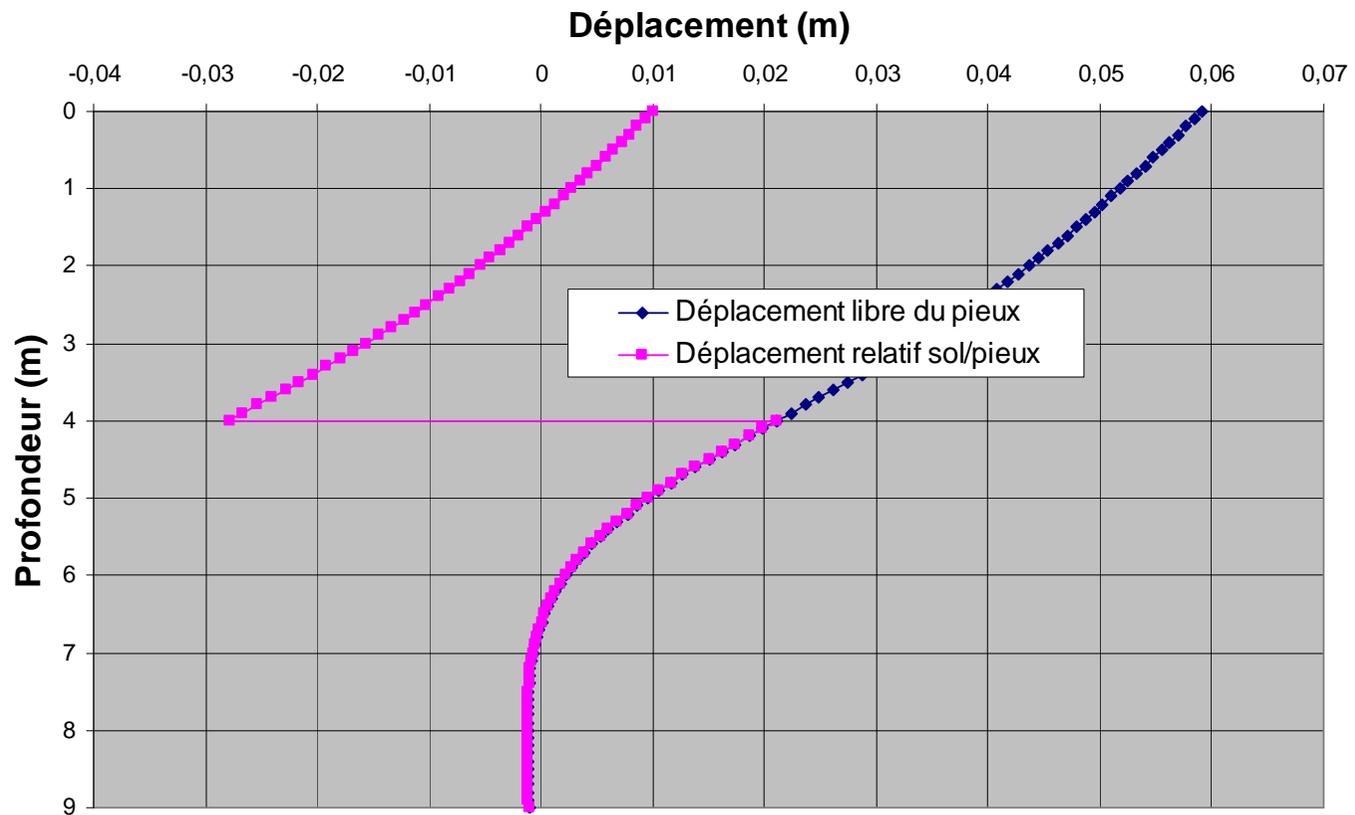


Calcul de la stabilité à l'aval du glissement



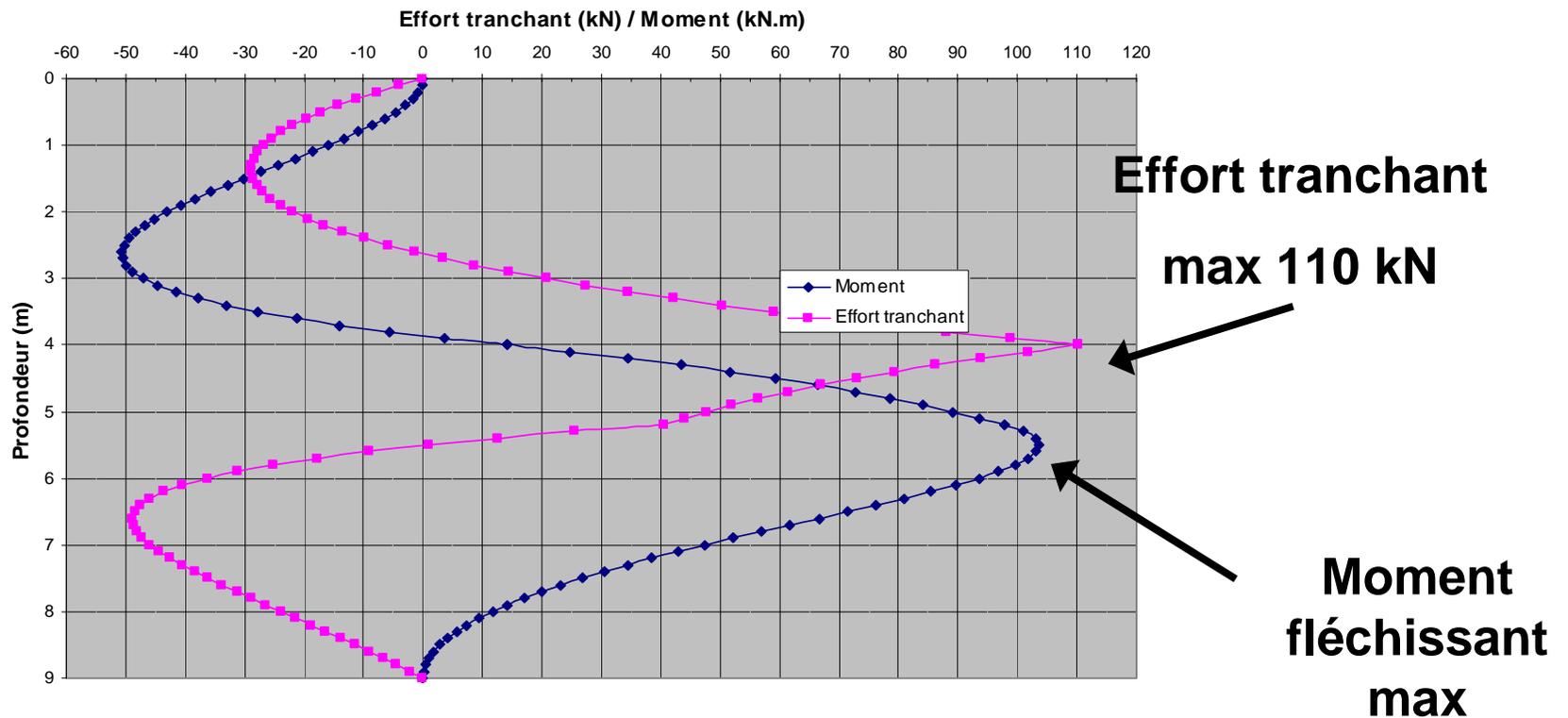
Graphes des calculs PILATE

Courbe de déplacement du pieu et du déplacement relatif sol-pieu



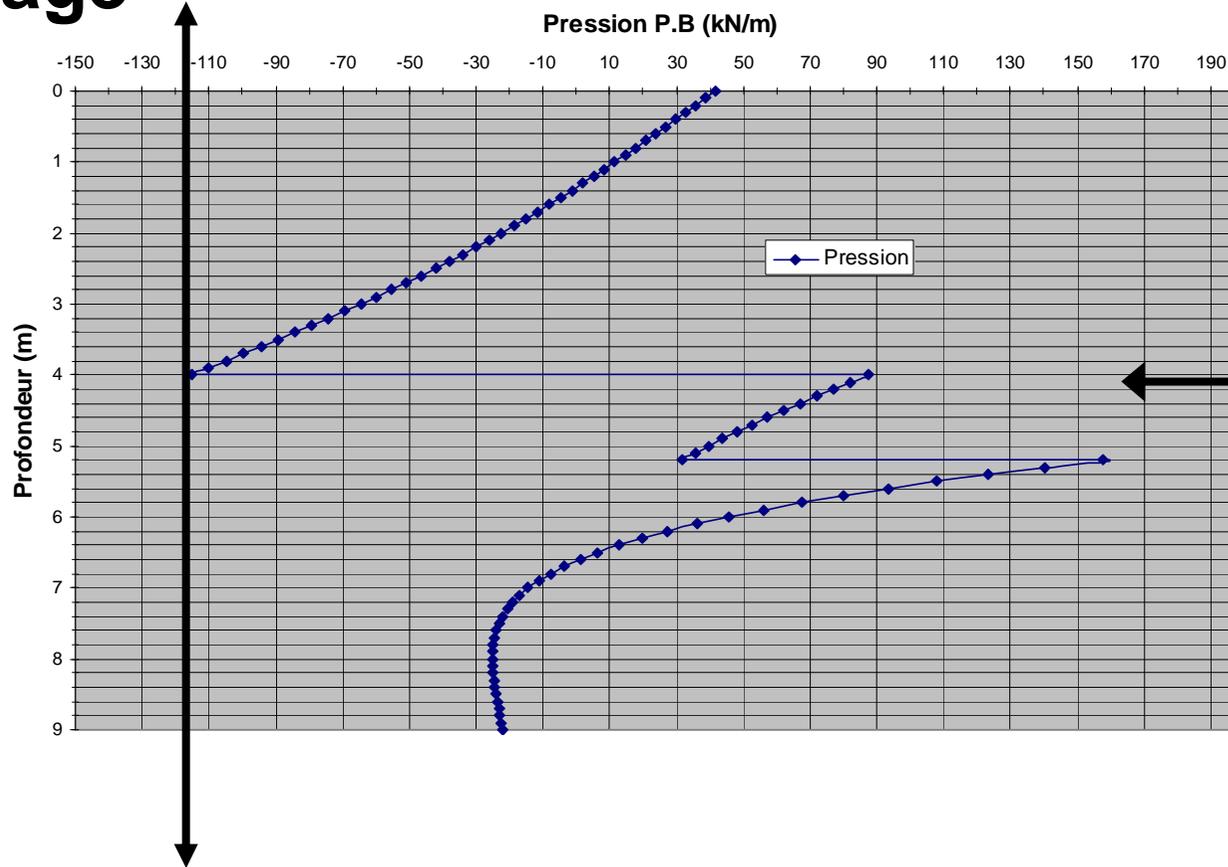
Graphes des calculs PILATE

Courbes de l'effort tranchant et du moment en fonction de la profondeur



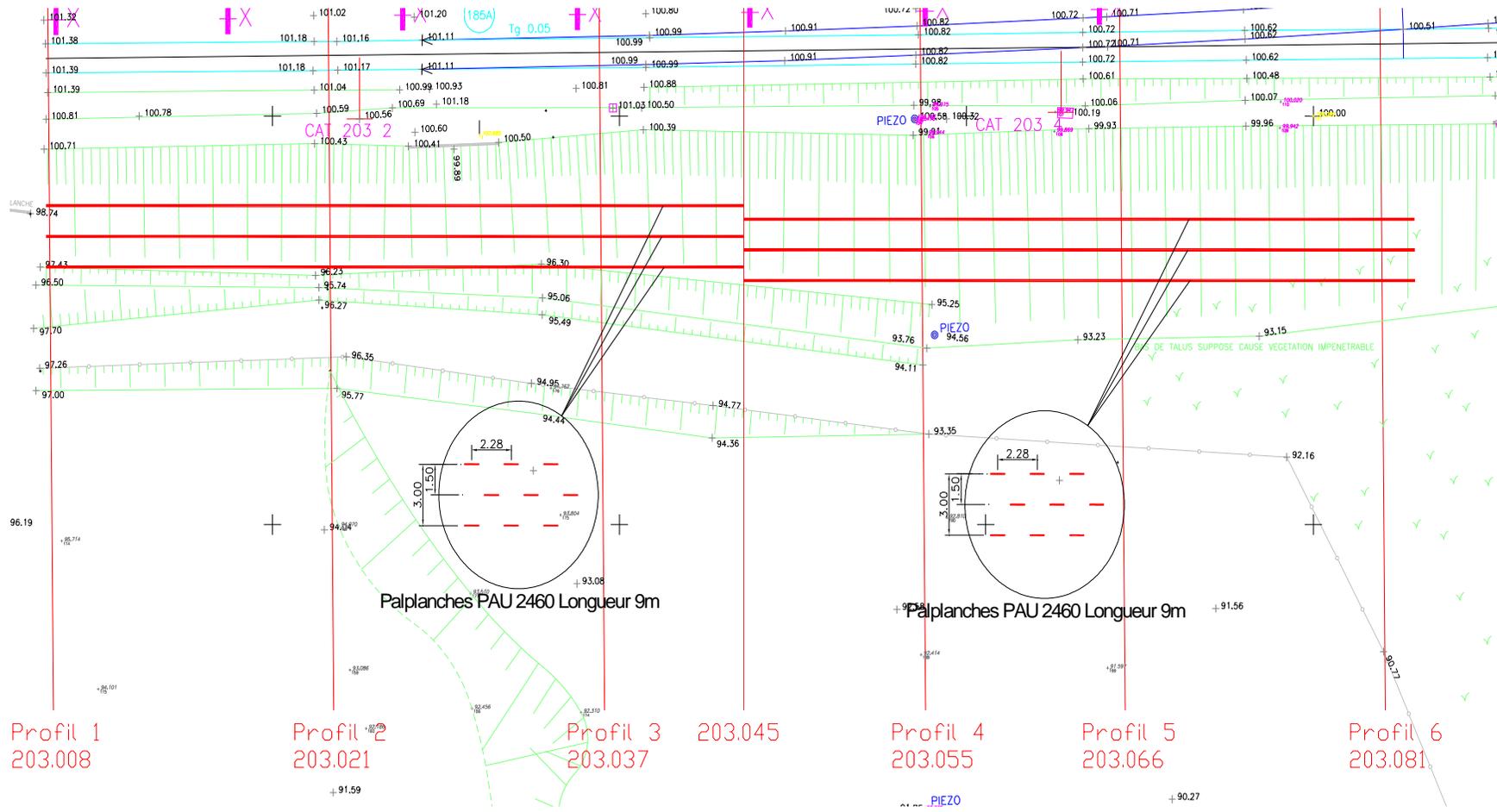
Fluage

Courbe de pression en fonction de la profondeur



Surface de rupture

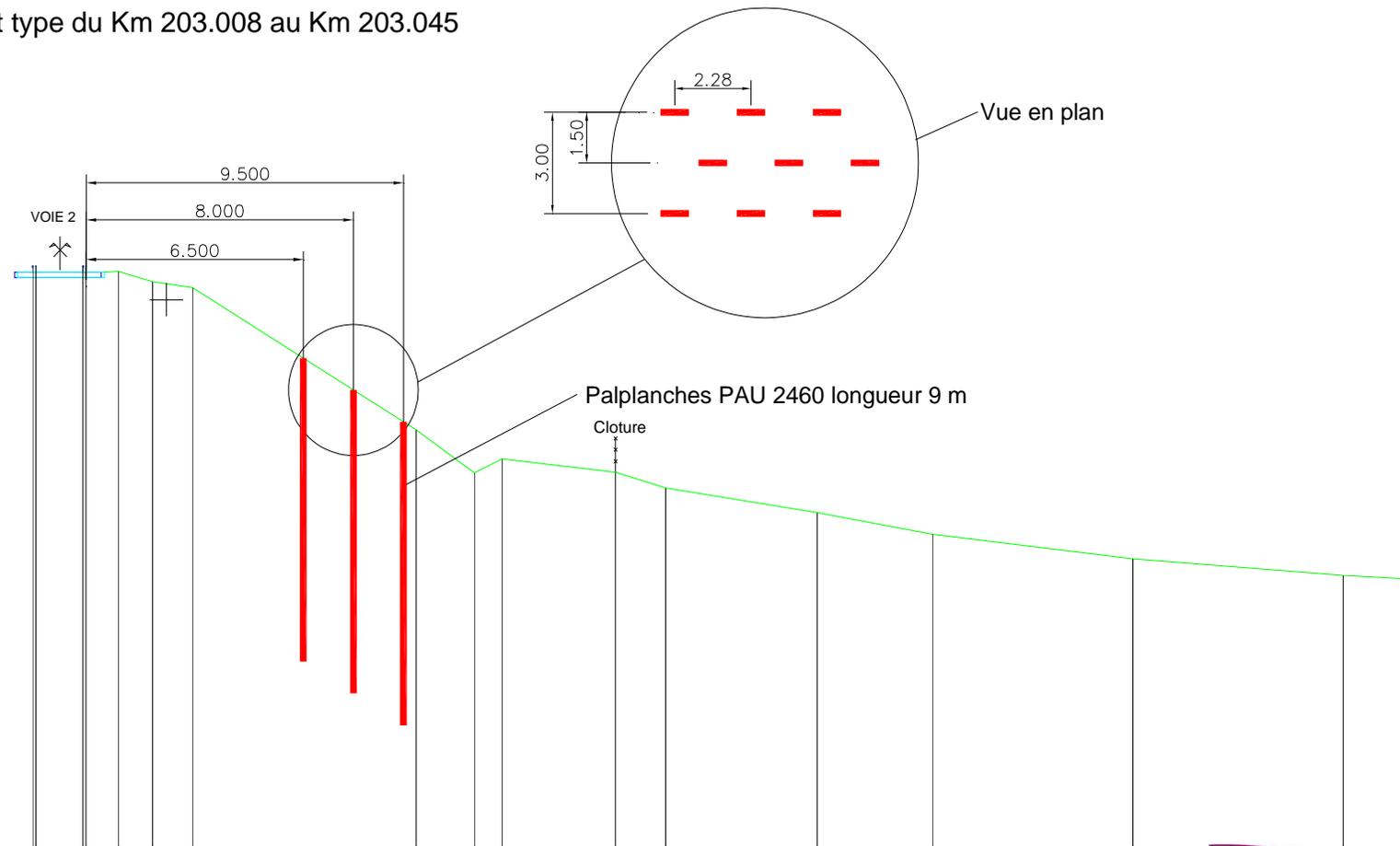
Vue en plan du confortement



Profil confortatif

RO - Ligne n°366 : Remblai des BAS

Profil de confortement type du Km 203.008 au Km 203.045



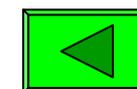
Clouage d'un remblai par pieux verticaux

Cas du remblai des BAS :

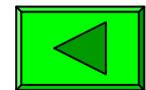
Travaux :

- + Utilisation d'un marteau trépideur ou d'un mouton diesel et d'un vibrofonçeur pour la mise en fiche uniquement
- + Mesures de vibrations (OA à proximité et supports caténares)
- + Casque de battage et guide à 2 niveaux
- + Pb rencontrés liés à la finesse des palplanches (refus prématurés)

Battage des palplanches



Guide pour une bonne verticalité



Déformation des têtes de profilé





Travaux terminés



Vue générale après travaux



Suivi topo après travaux



Évolution après travaux

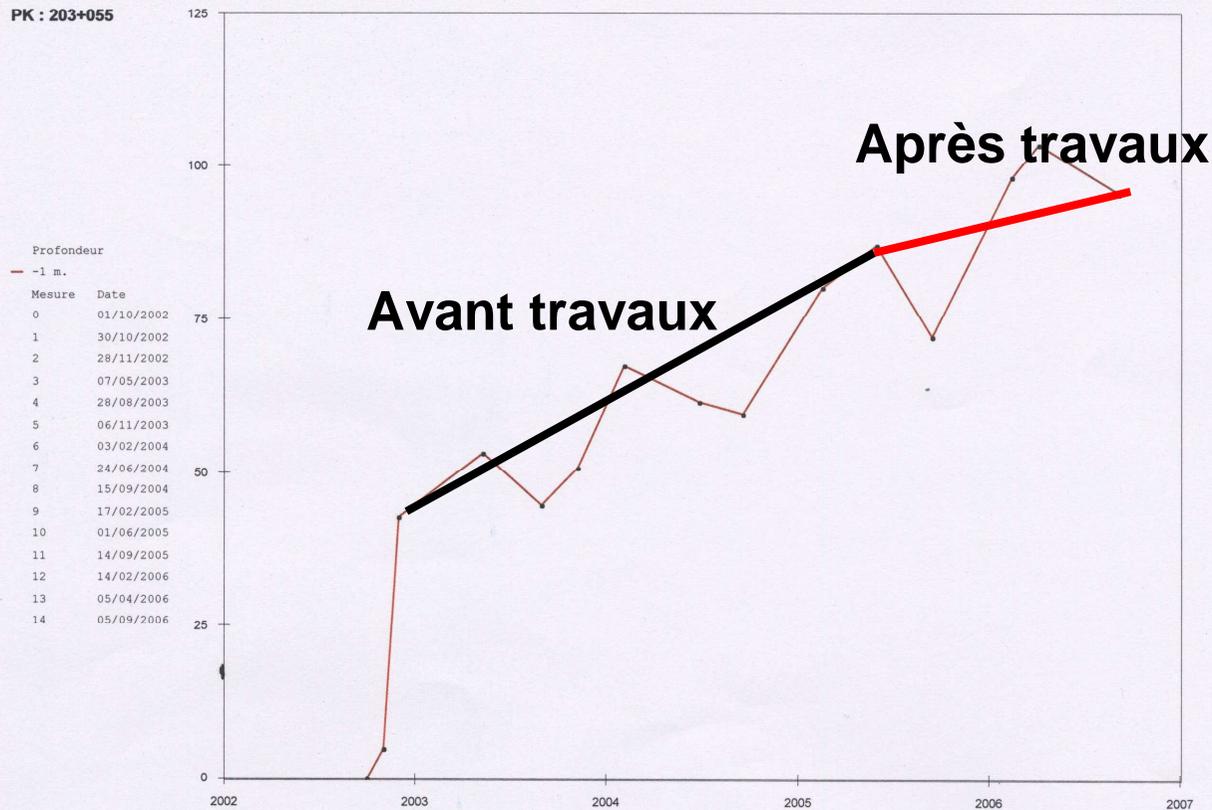
Région : ROUEN
 EVEN : SUD NORMANDIE
 UP : LISIEUX
 Ligne : LIGNE DE MANTES-LA-JOLIE A CHERBOURG (3660000)

Déplacement en fonction du temps

Tube N° 4
 Situation : Aval du remblai V2 à 20 m
 Longueur : 11 m.
 Hauteur hors sol : 0,6 m.
 Mesure N° 14 (AB) du mardi 5 septembre 2006

PK : 203+055

LES BAS



Déplacement en fonction du temps, par rapport à la mesure 0, calculé à partir de la profondeur d'ancrage.

Abscisses : temps en années
 Ordonnées : Déplacement en mm

S.N.C.F.
 Division Ouvrages en Terre - Hydraulique
 IG.LGOT

Tél. : 01-55-31-13-30
 Fax : 01-55-31-13-31
 E-mail : AUCUN

1 octobre 2006



Autre exemple : Remblai de CHAVILLE



Remblai en ville – $h=10m$

Autre exemple : Remblai de CHAVILLE



Réalisation des pieux de 14 m de longueur

Autre exemple : Remblai de CHAVILLE

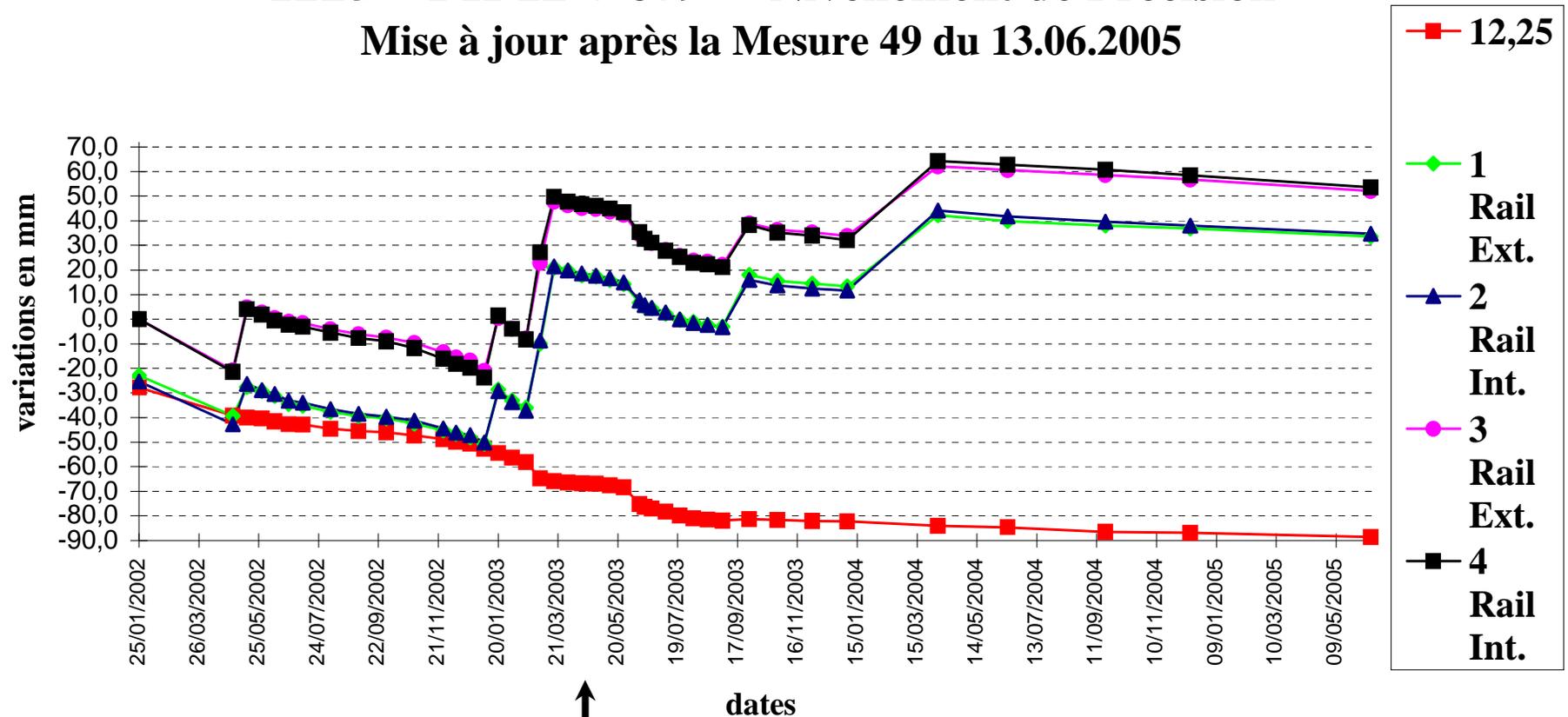


**Clouage pieux forés diamètre
600mm et banquette**

Autre exemple : Remblai de CHAVILLE

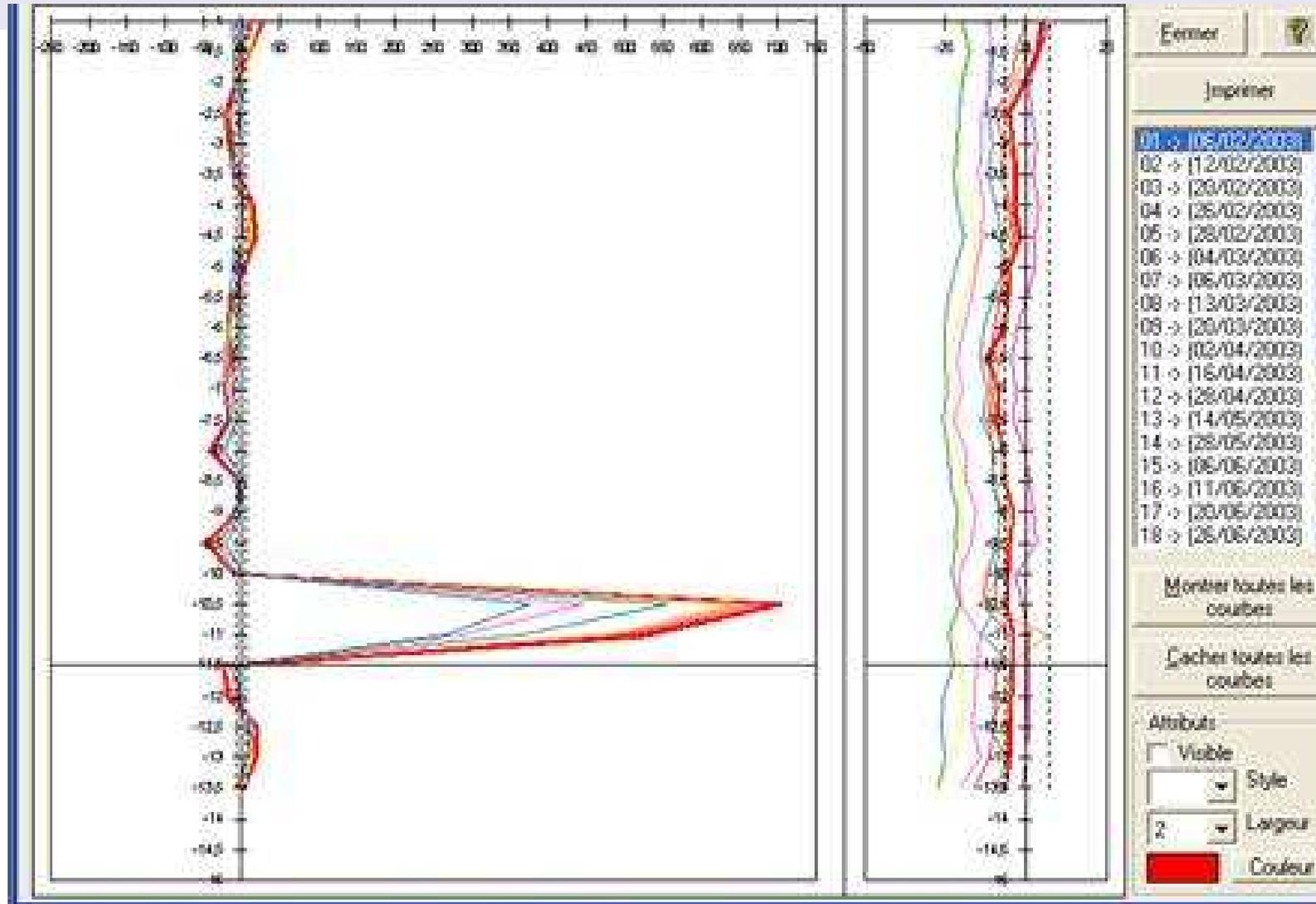


1225 PK 12 + 679 Nivellement de Précision Mise à jour après la Mesure 49 du 13.06.2005

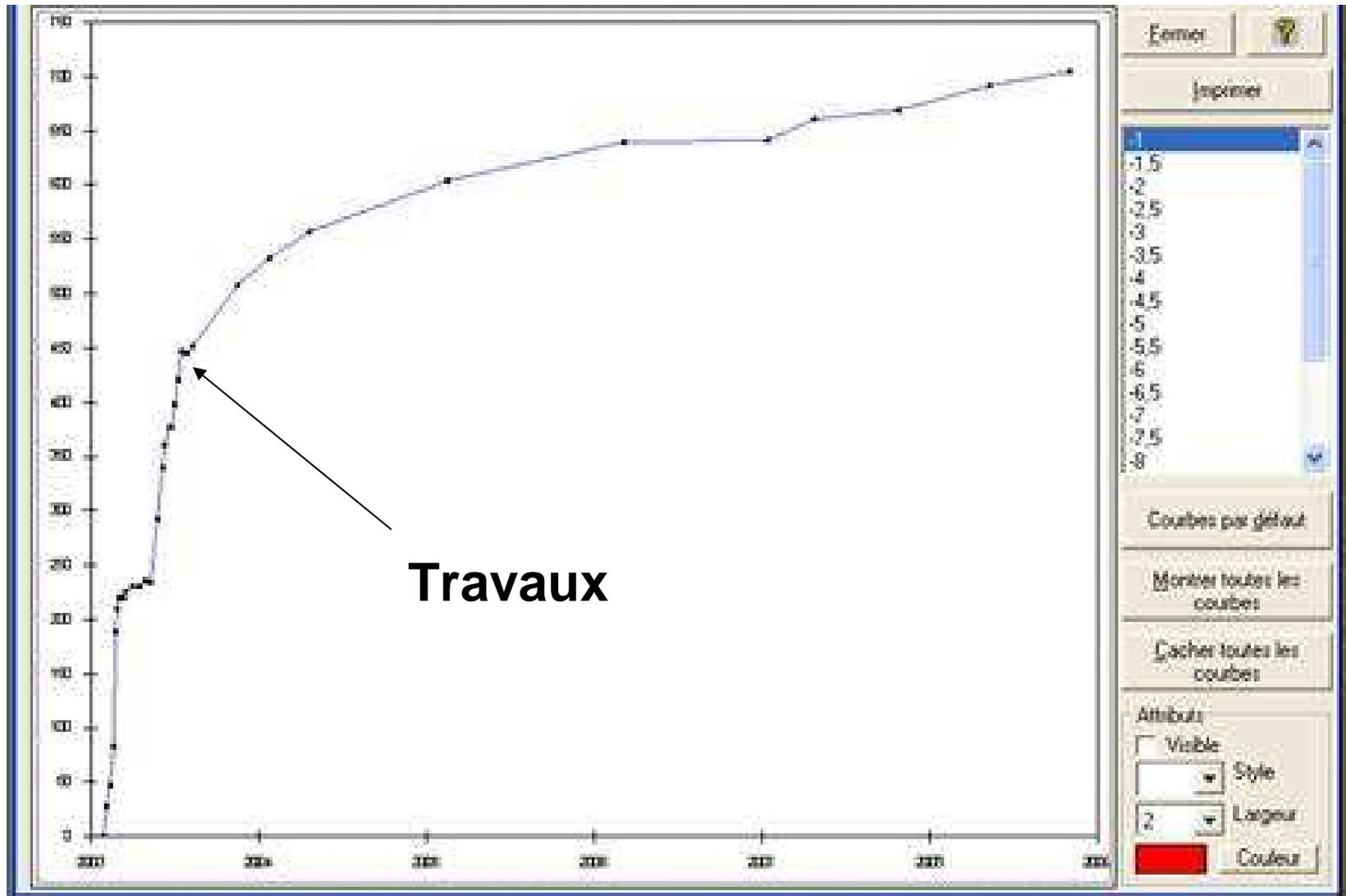


Travaux

Suivi inclino : déformation angulaire

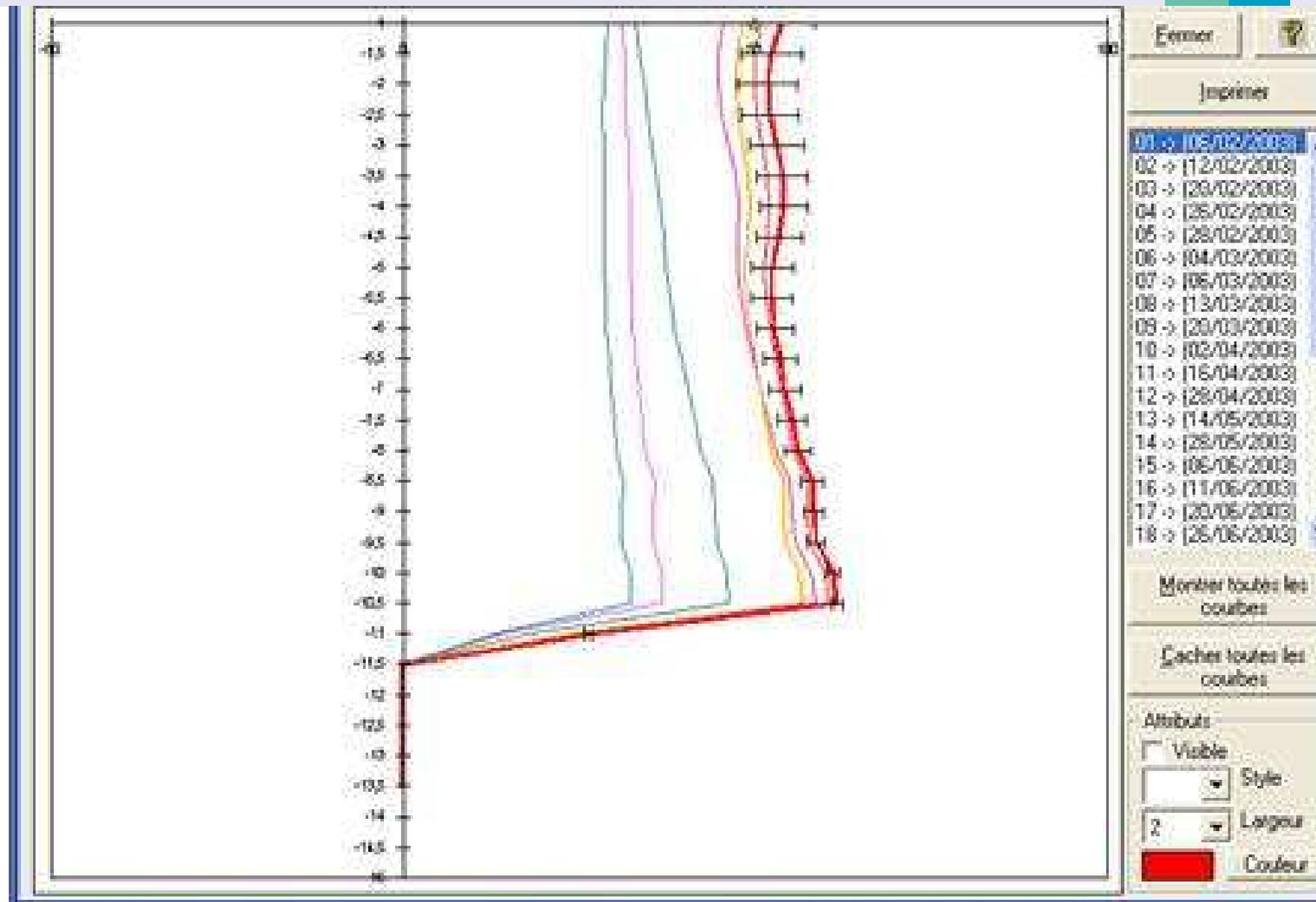


Évolution angulaire en fonction du temps

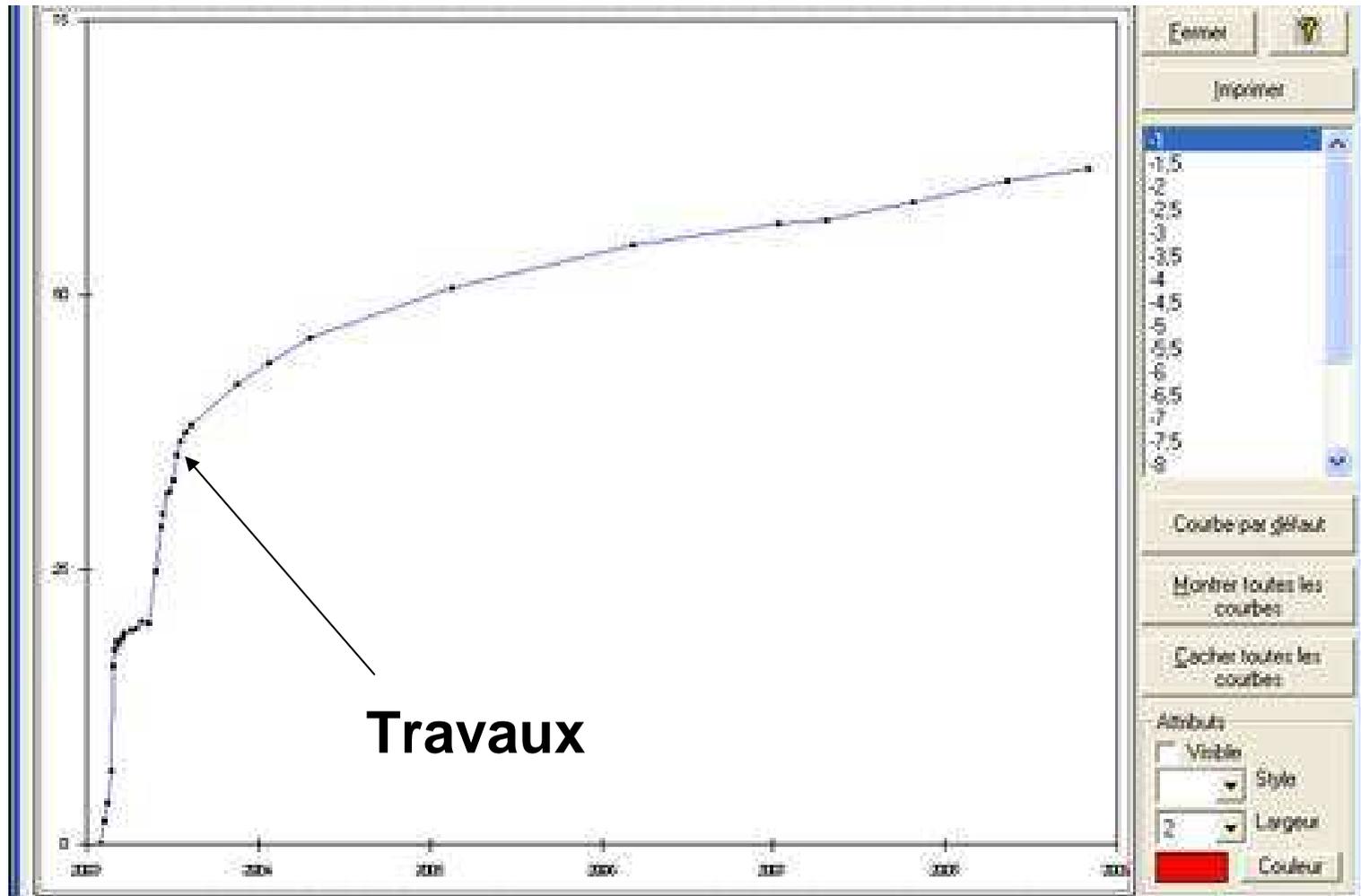


d'avance

Déformée du tube inclinométrique



Évolution des déplacements en fonction du temps



CONCLUSIONS

- ❏ Importance d'une bonne expertise terrain
- ❏ Choix et qualité des reconnaissances
- ❏ Soins sur l'établissement du modèle
- ❏ Importance du choix de la solution confortative
- ❏ Études (examen de l'ensemble des problèmes pouvant être rencontrés pendant les travaux)
- ❏ Suivi du chantier
- ❏ Suivi après travaux pour voir la stabilisation
- ❏ Maintien d'une surveillance (évolution du confortement et des matériaux)