

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

QUESTIONS POSEES PAR LA REALISATION D'UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENTS A MASQUE BETON

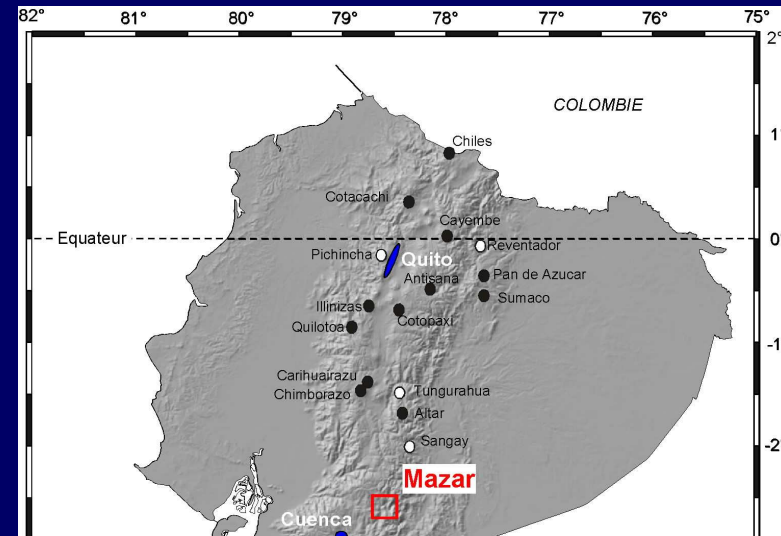
Etienne FROSSARD

Expert

Direction Scientifique

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Projet de Mazar, Rio Paute (Andes équatoriennes, versant est, Province de Cuenca)



Journée Technique CFGB-CFIGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006

⚡
PROYECTO HIDROELECTRICO PAUTE

INECEL
Instituto Ecuatoriano de Electrificación
PROYECTO HIDROELECTRICO PAUTE
DESARROLLO DEL PROYECTO-PERFIL

ETAPA	FASE	PRESA	CENTRAL	CAPACIDAD INSTALADA (MW)
I	A y B	AMALUZA	MOLINO	500
I	C	AMALUZA	MOLINO	575
II		MAZAR	MAZAR	180
III		MARCA YACU	SOPLADORA	400
TOTAL				1655

Al término de la construcción de todas sus Etapas y Fases, el Proyecto Hidroeléctrico Paute alcanzará una cifra equivalente a 1 655.000 Kw de potencia instalada.

DESARROLLO GENERAL - PLANTA Y CORTE LONGITUDINAL

PRESA - PLANTA, VISTAS Y CORTE

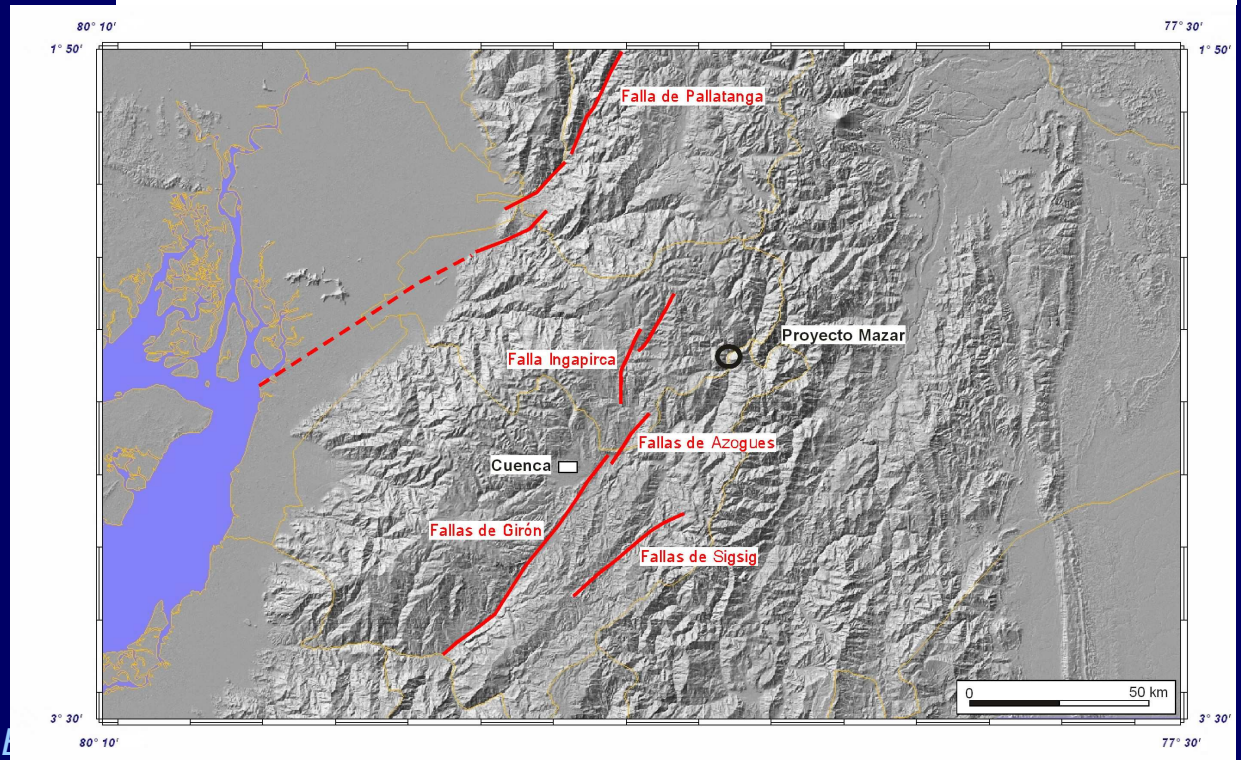
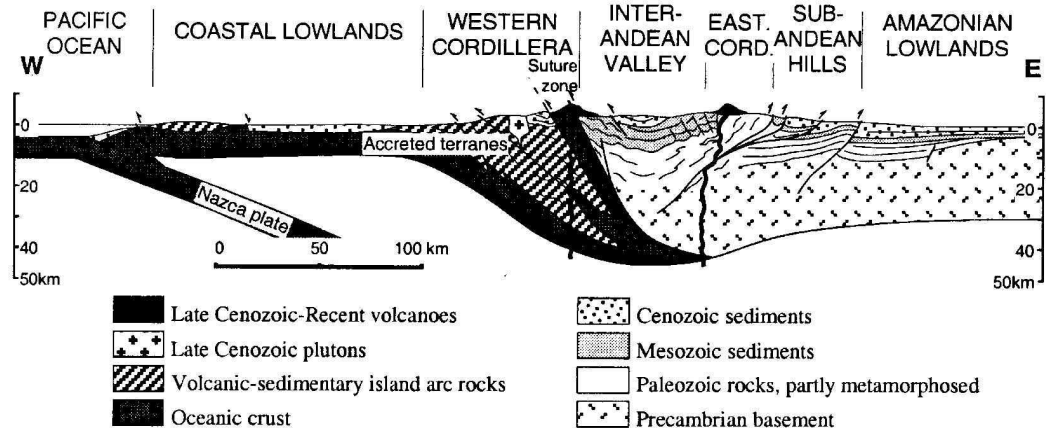
QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006

Contexte

Sismo-tectonique

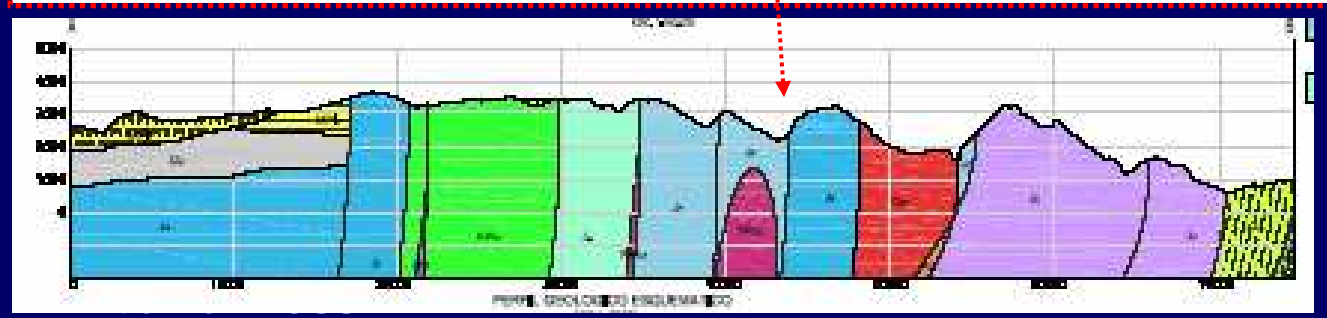
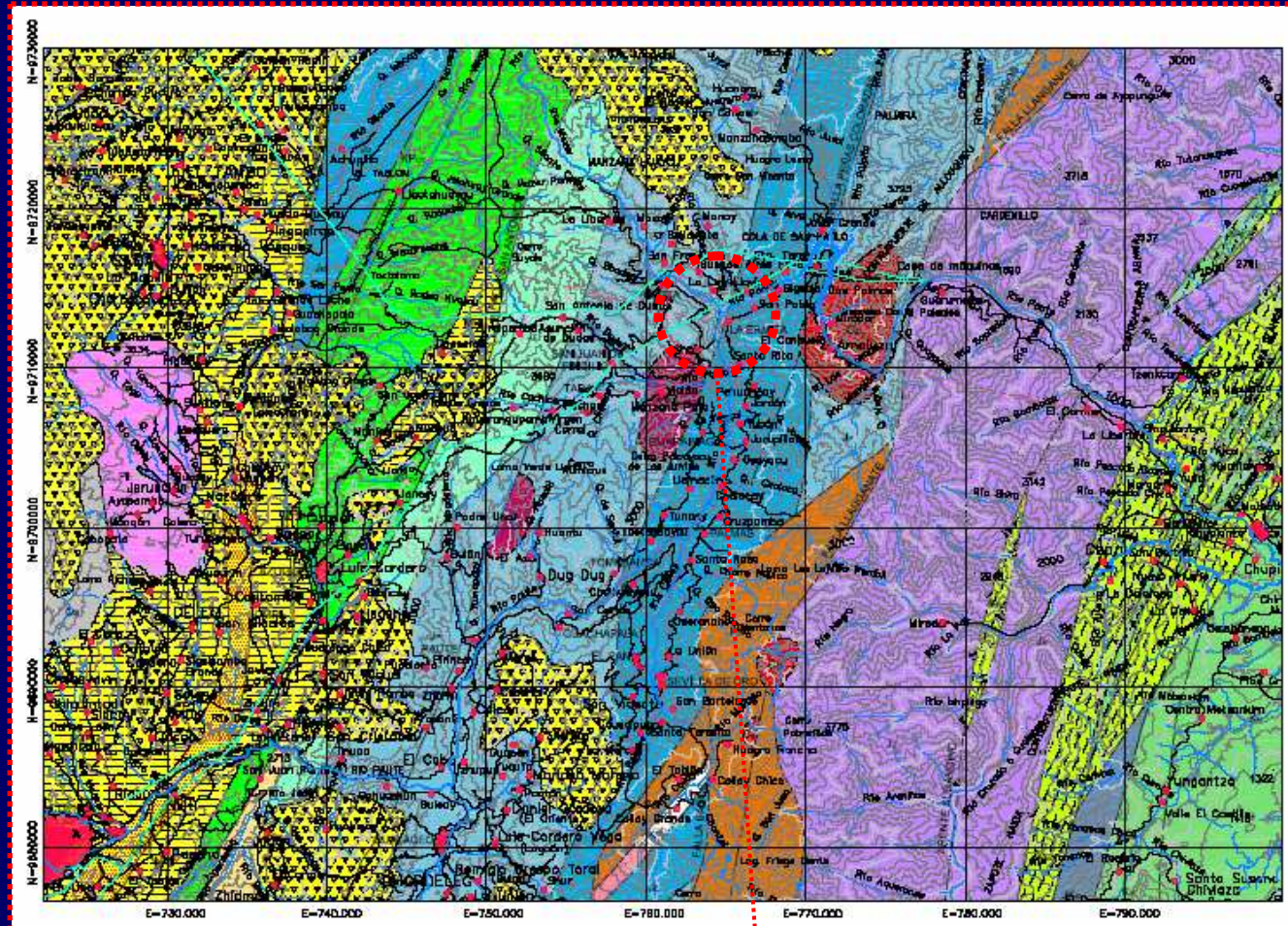
ECUADOR ($\approx 0-2^{\circ}\text{S}$)



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Journée Technique CFGB-CFMI-CFMS- 2 Février 2006

Géologie Régionale



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Le site



Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Le site

Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Le site



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Le site



Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Très grands glissements:

La Josefina 80 Mm³ (1994), à l'amont

Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Très grands glissements:

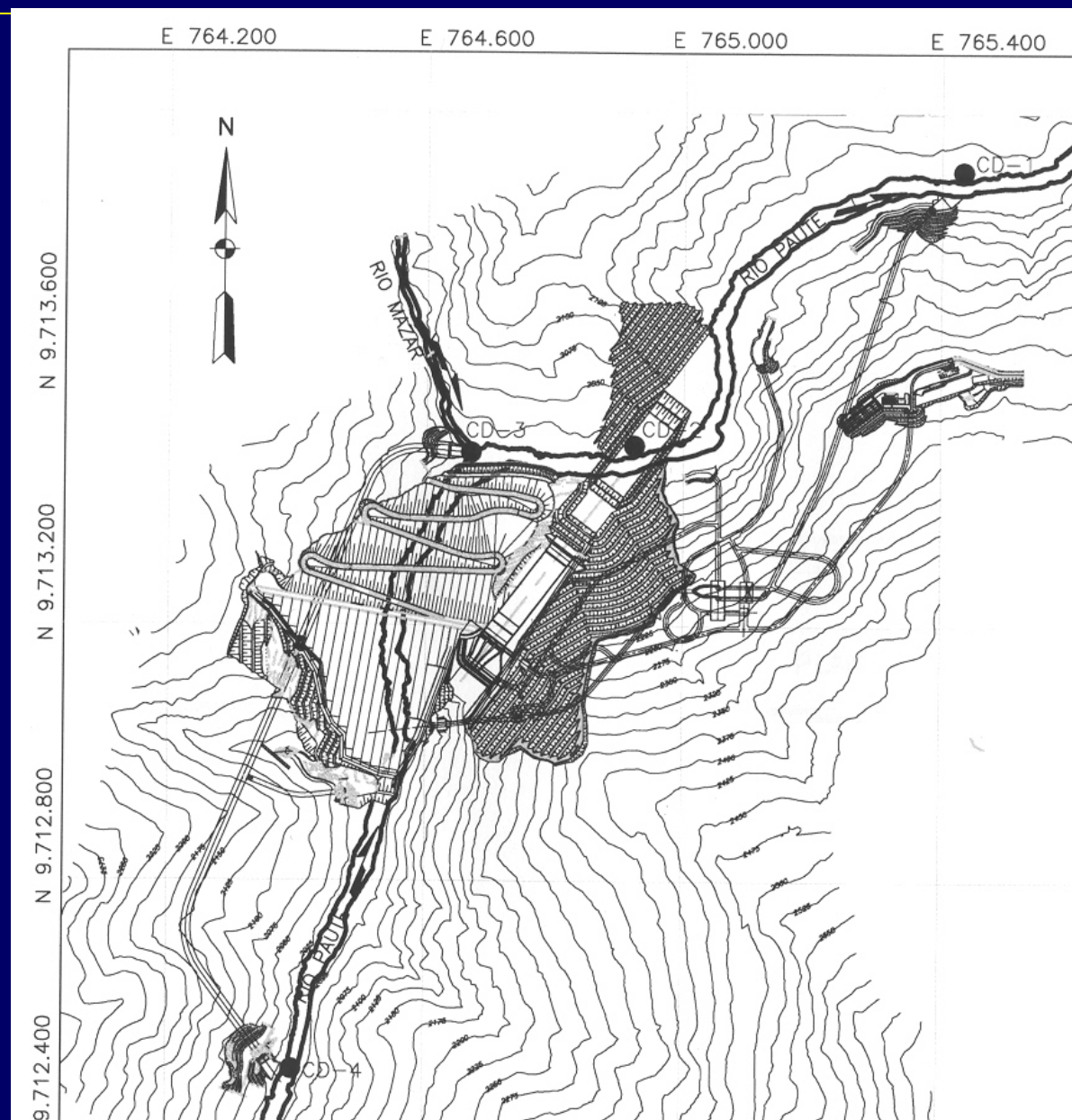
Bomboïsa > 10 Mm³ (2002) à l'aval



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Configuration du projet

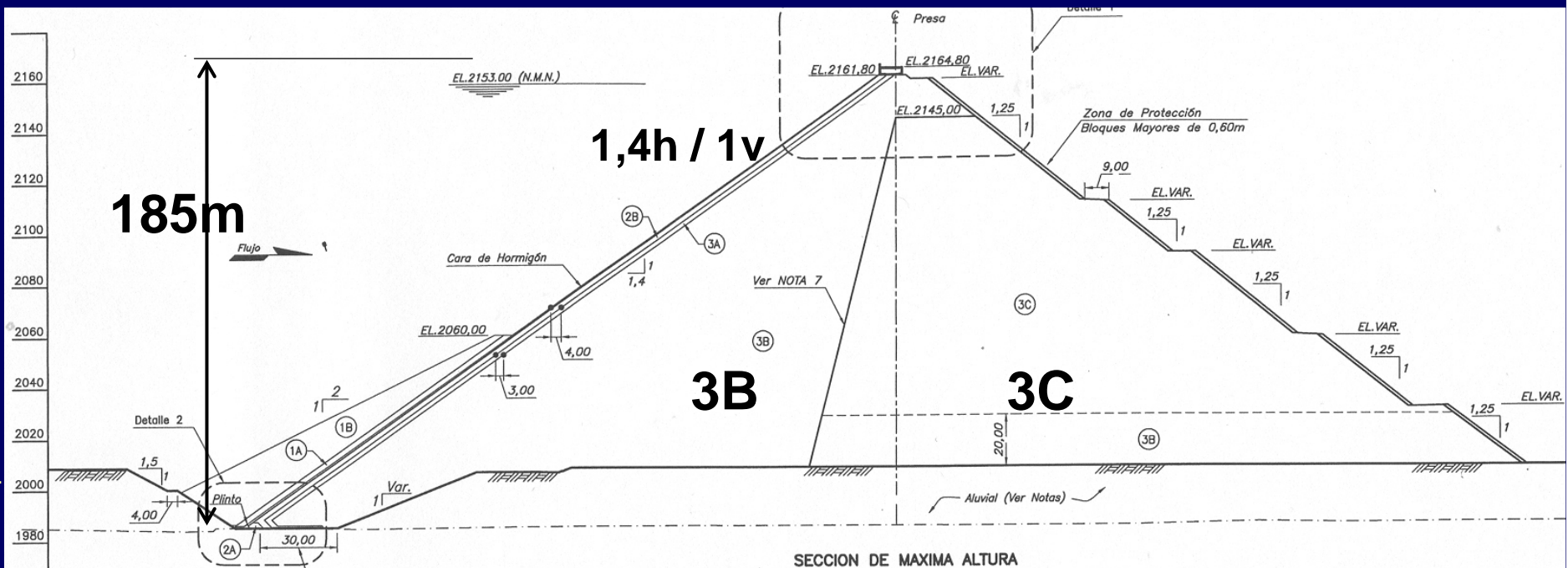
Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Coupe -type

Journée Technique CFGB-CFIGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

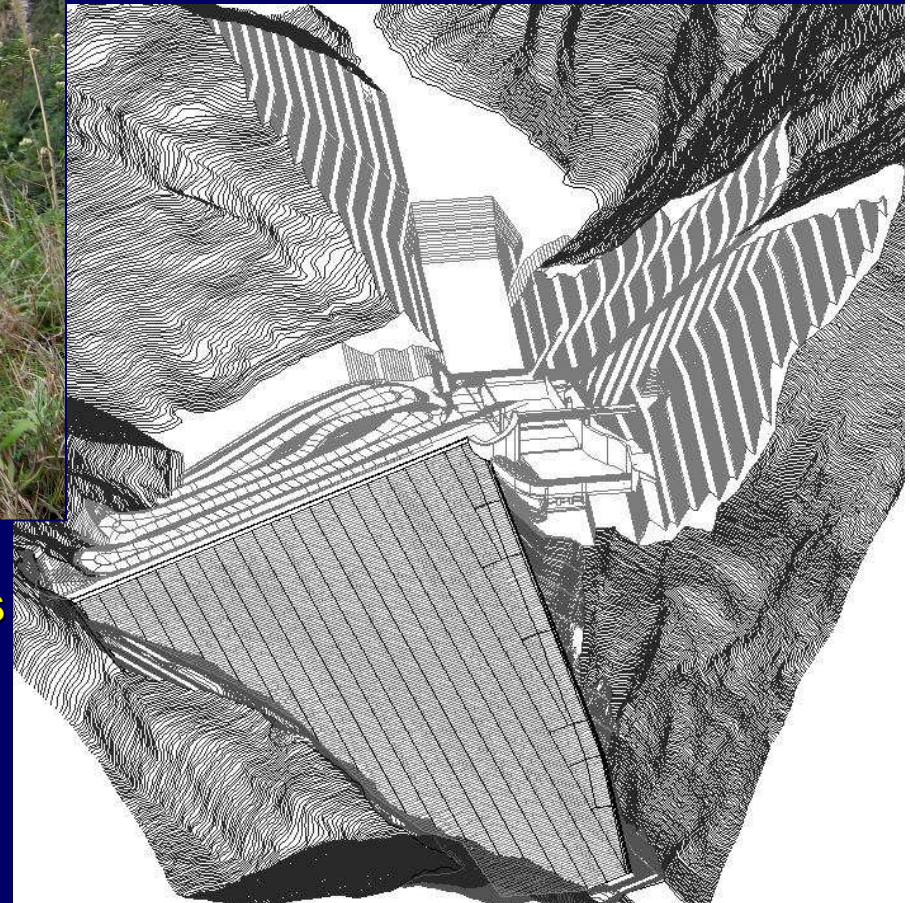
Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



**Cas à la limite , voire au-delà,
du cadre de l'expérience
internationale**

**Projet de base: type qui a présenté des
difficultés -*significatives*- dans le
passé, mais ici d'un format plus grand.**

**→ sort du cadre d'extrapolation usuel,
motive des études particulières.**



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

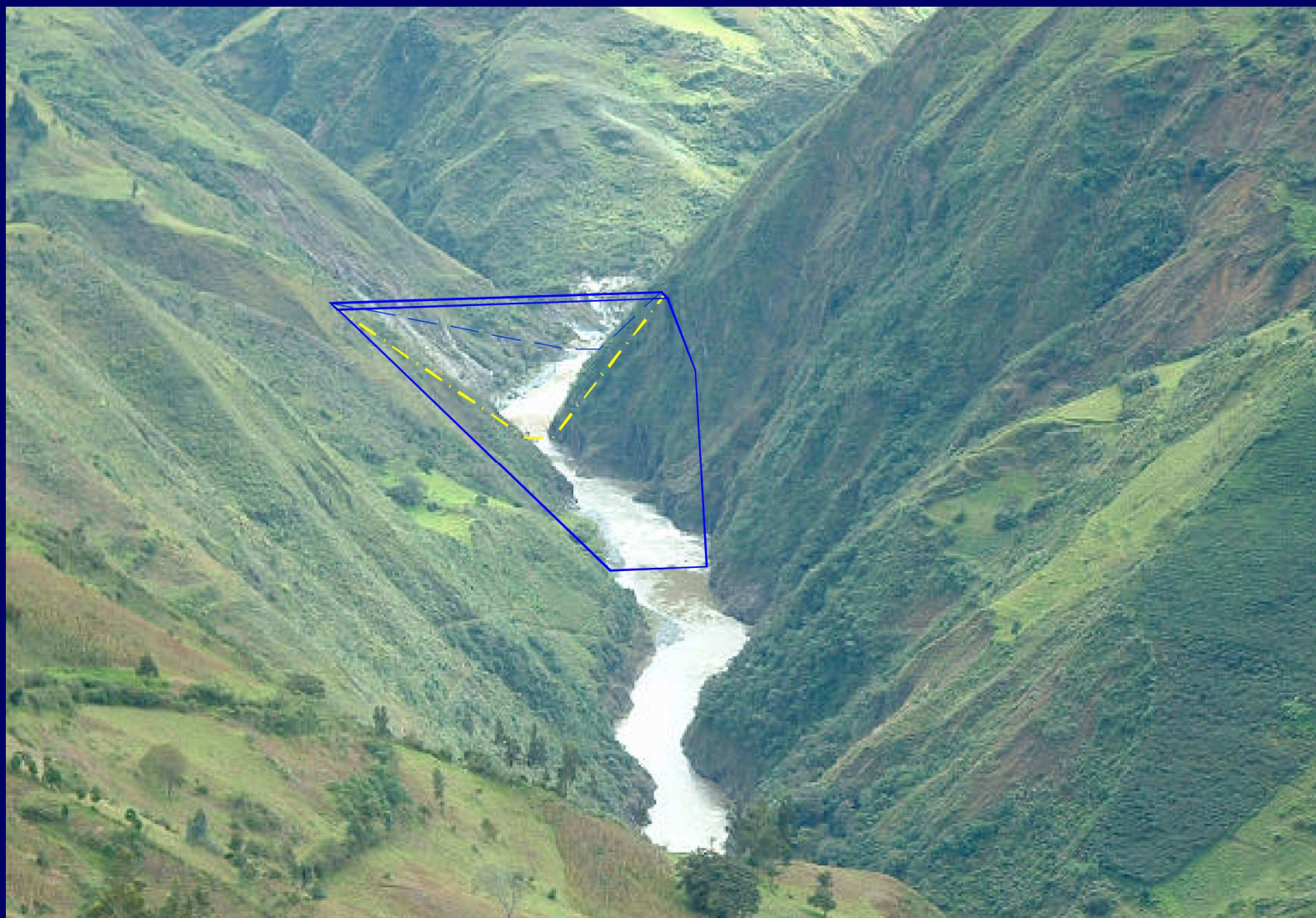
**A - RISQUE TECHNIQUE AVEC LE COMPORTEMENT
DU JOINT PERIMETRAL EN RIVE DROITE, AU PREMIER
REPLISSAGE**

B - ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

**C – INCIDENCES SUR LA CONCEPTION DU MASQUE
(Zone du joint périmétral)**

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

A- RISQUE TECHNIQUE-



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

A- RISQUE TECHNIQUE-



Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



COYNE ET BELLIER

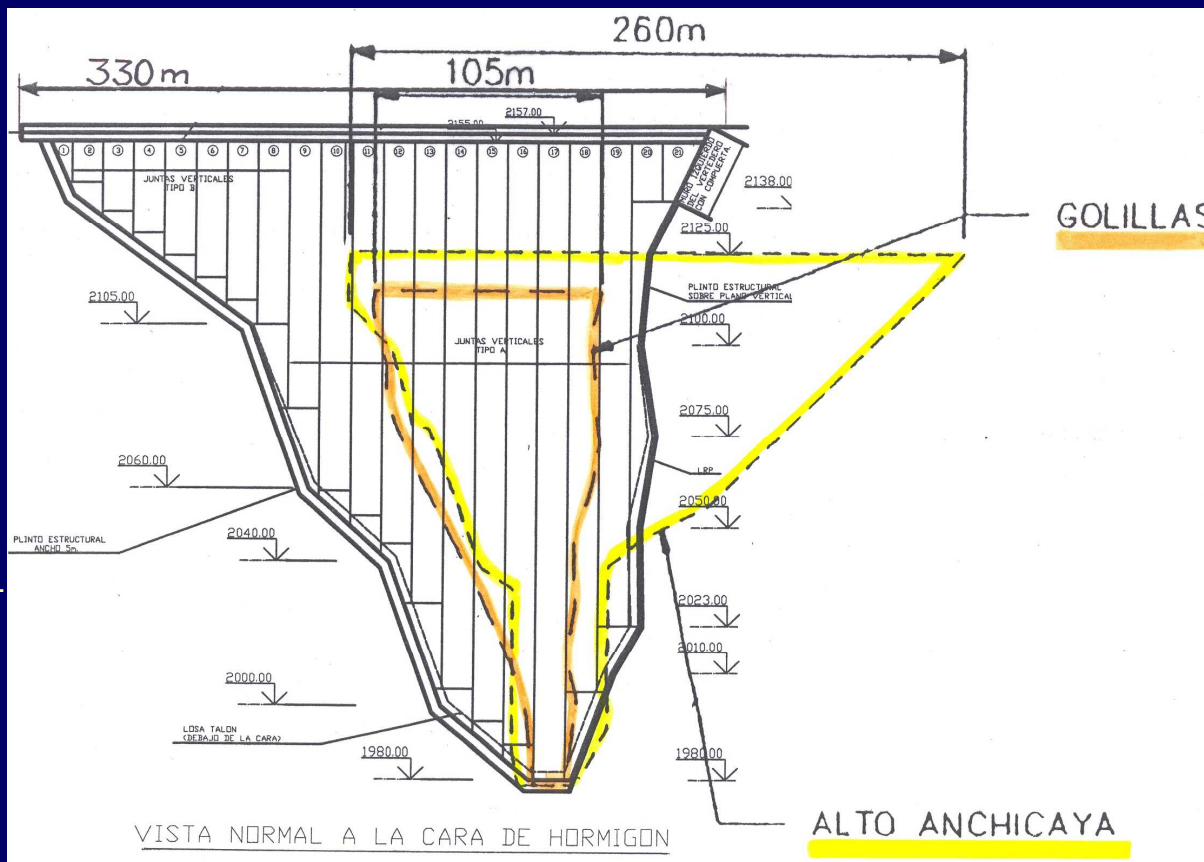
Etienne FROSSARD

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

A- RISQUE TECHNIQUE-

Similitude géométrique, mécanique, et hydraulique, sur les cas de Golillas (1984) et Alto Anchicaya (1974) en Colombie

→ estimation des risques potentiels:



-1) tassements différentiels, et cisaillement de joints dans la zone périmétrale: de l'ordre de 22 à 30 cm, sous 80 m de charge d'eau

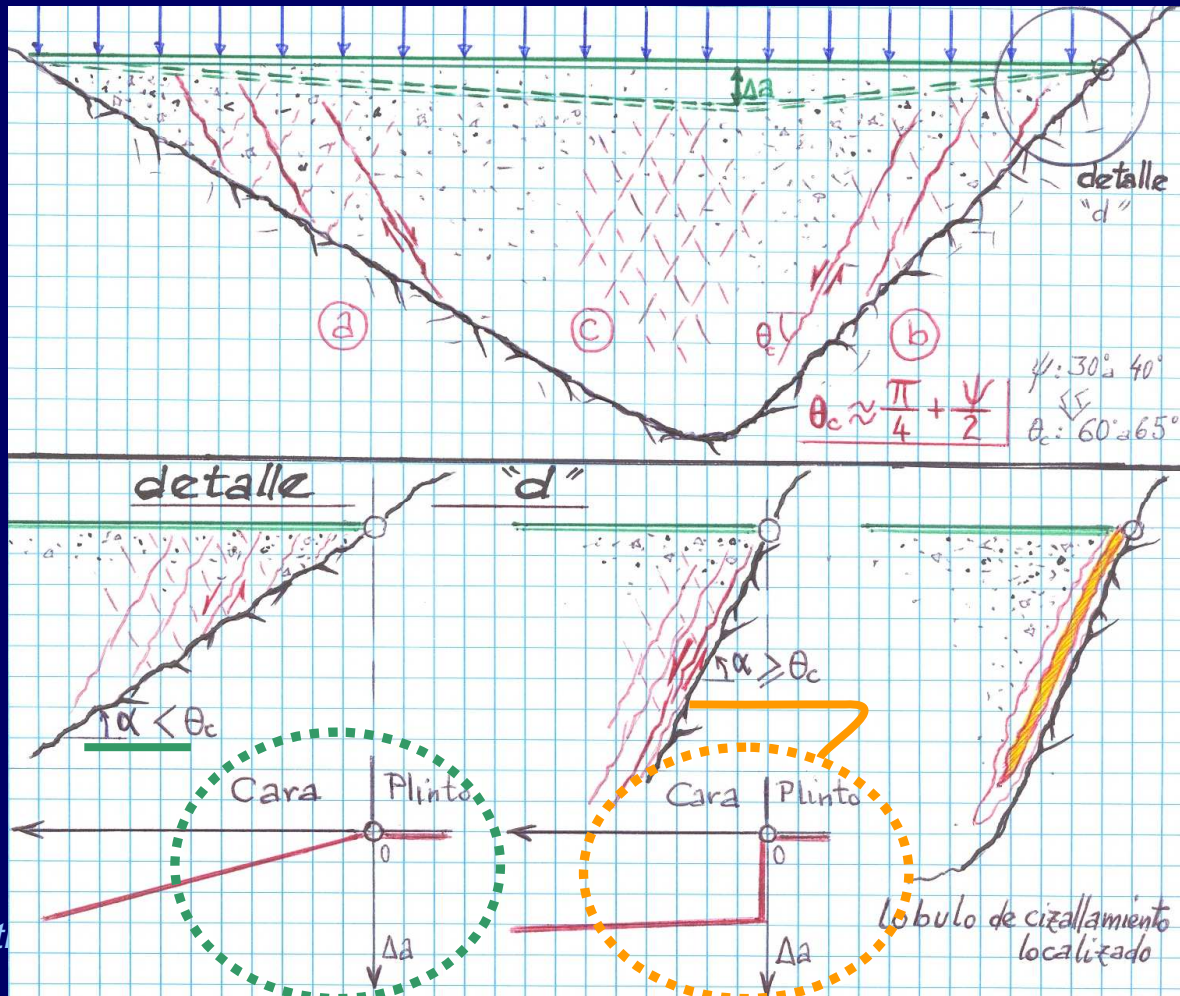
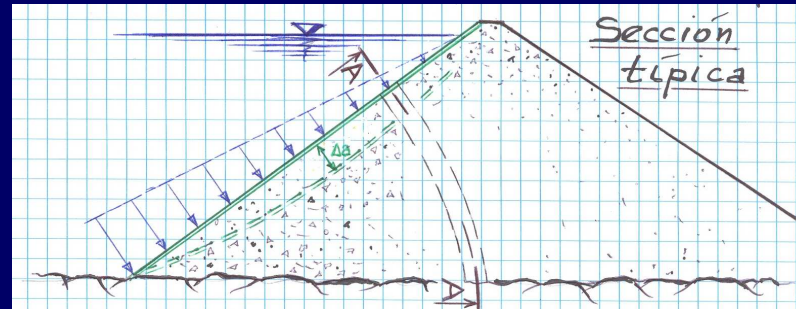
-2) débits de fuite de 3 a 5 m³/s, percolant vers l'aval, à travers le pied de l'ouvrage

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

A- RISQUE TECHNIQUE-

Analyse des causes:

- 1] Tassements par cisaillements distribués dans la masse granulaire
- 2] occurrence de cisaillements localisés au contact, en cas d'inclinaison excessive de la fondation



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

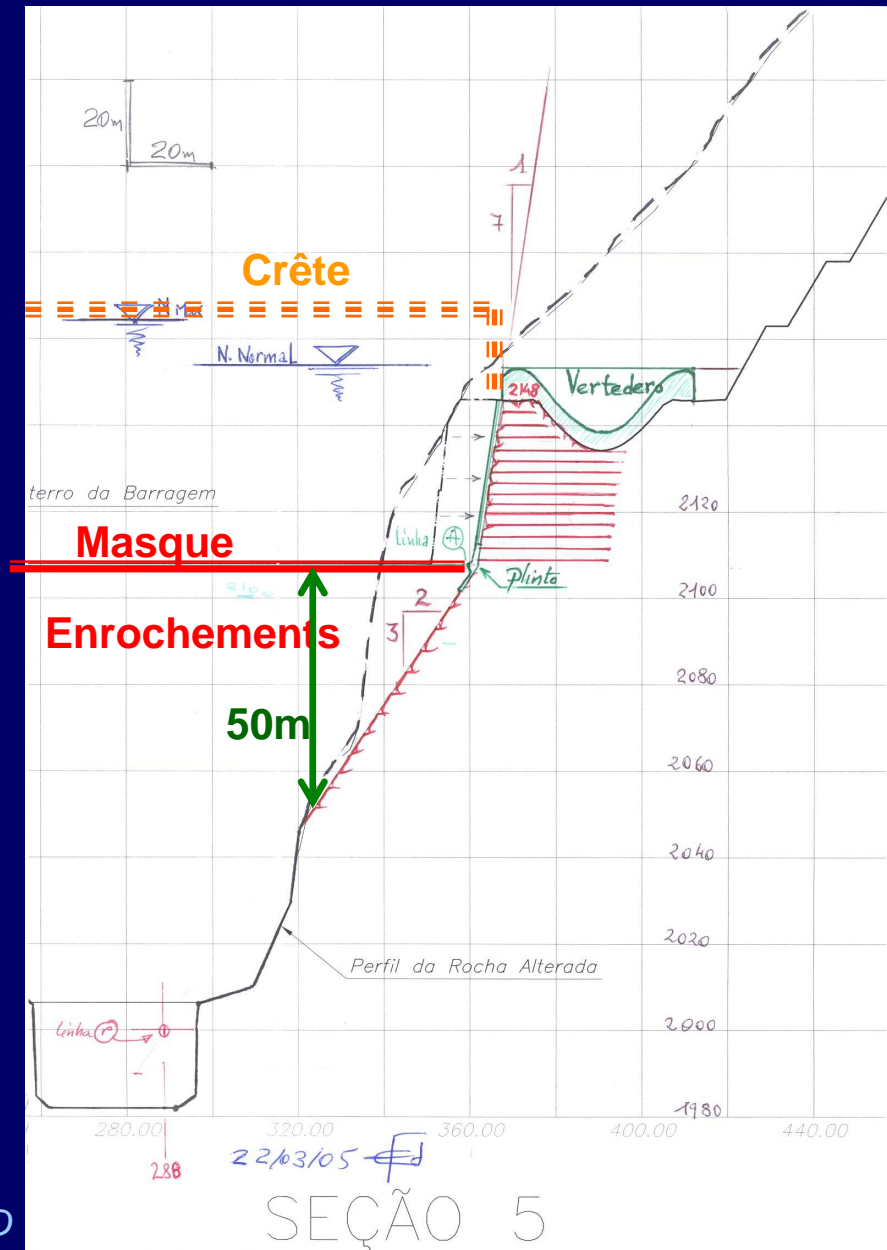
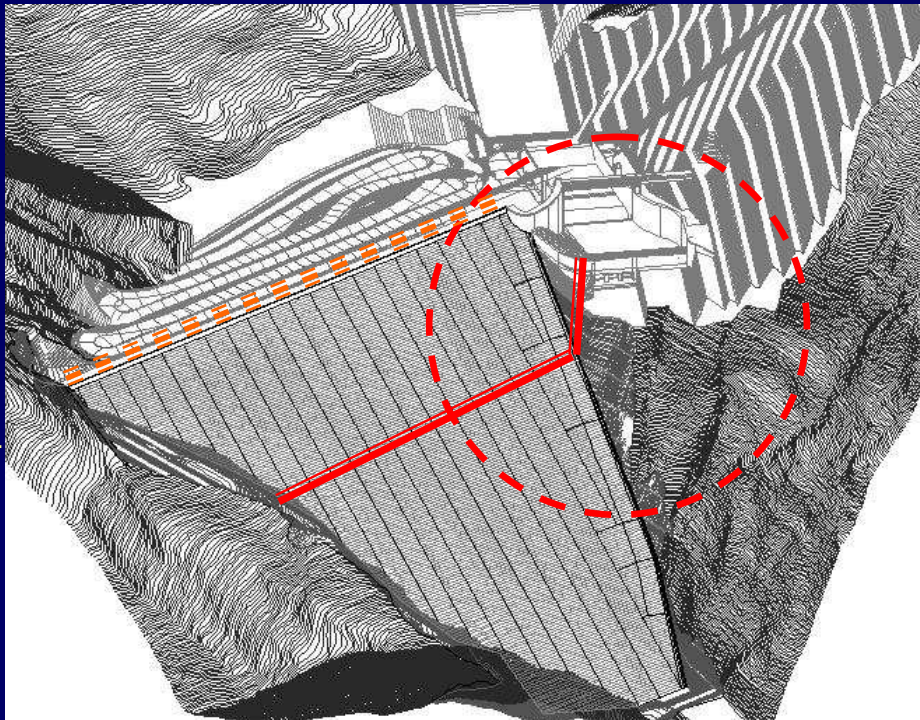
A- RISQUE TECHNIQUE-

Mesures:

→ tenter de réduire la pente de la fondation sous le masque en béton.

Limitation par la présence du déversoir

Journée Technique CFGB-CFMI-CFMS- 2 Février 2006



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

A- RISQUE TECHNIQUE-

Adoucir davantage cette pente de l'appui Rive Droite, augmenterait le volume et la hauteur de la découpe du déversoir, déjà très grande.

Xiao Wan (China)



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

**A - RISQUE TECHNIQUE AVEC LE COMPORTEMENT
DU JOINT PERIMETRAL EN RIVE DROITE, AU
PREMIER REMPLISSAGE**

B - ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

**C – INCIDENCES SUR LA CONCEPTION MASQUE
(Zone du joint périmétral)**

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

PROGRAMME GEFDYN

1 Modélisation des matériaux

2 Modele du barrage

3 Comparaison résultats sur la Rive Droite

Topographie originale / Excavation
proposée

4 Détail proximité de la plinthe a 2120

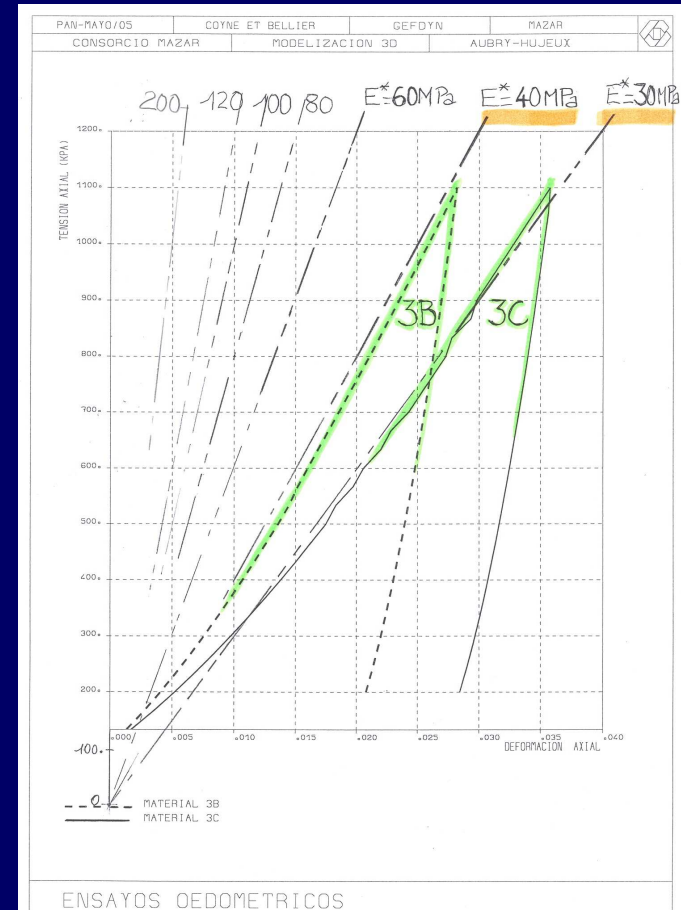
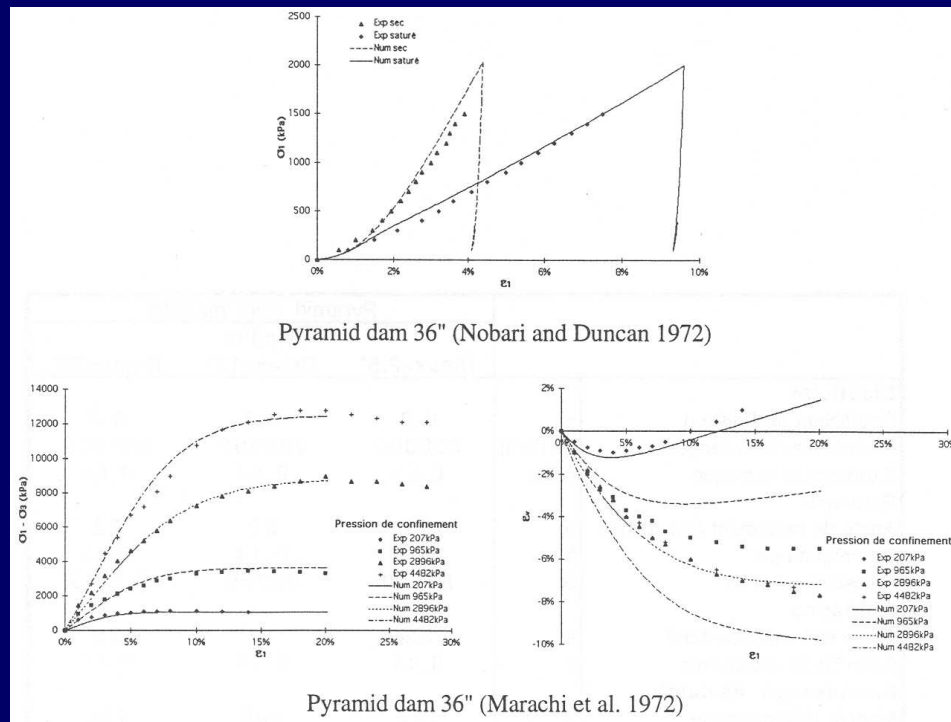


QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

1 – MODELISATION DES MATERIAUX

Données de référence choisies pour le projet:

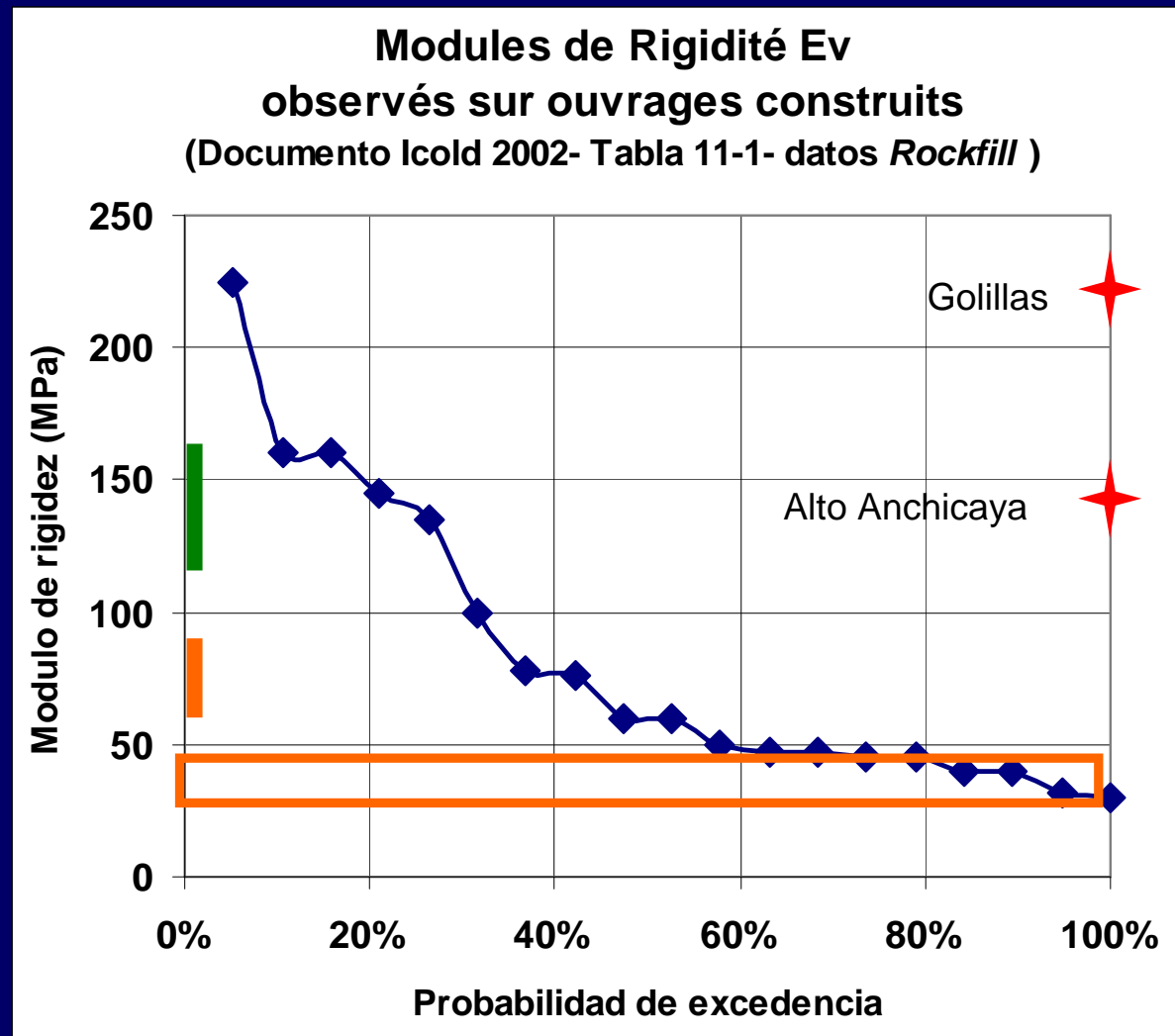
essais de Marachi (1973) sur enrochements du barrage de Pyramid (triaxial dia. 900 mm, oedomètres)



+ Données d'instrumentation du barrage de Ità durant construction et mise en eau.

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

1 – MODELISATION DES MATERIAUX



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

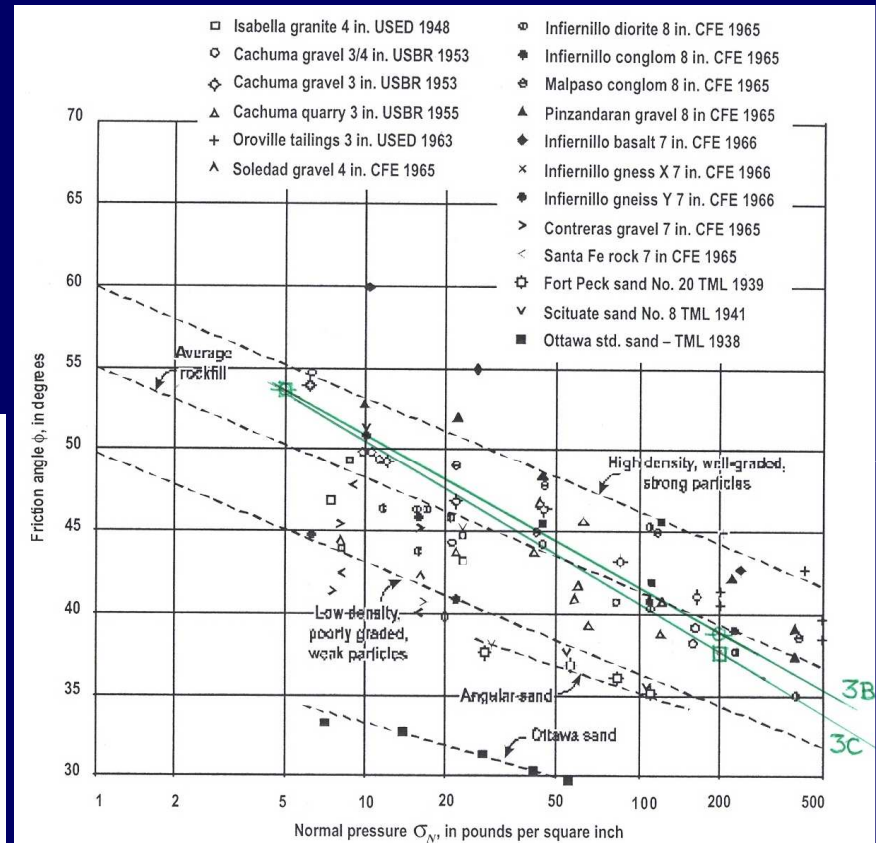
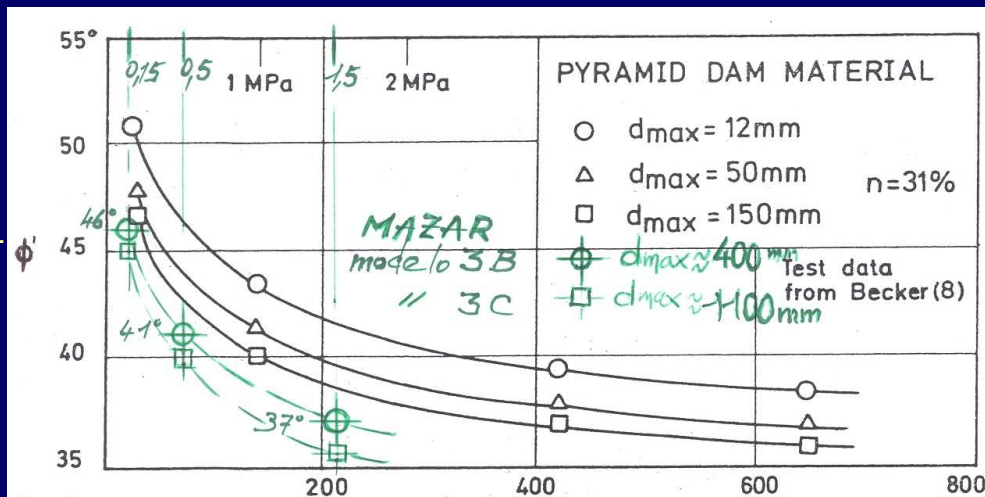
1 – MODELISATION DES MATERIAUX

Simulations d'essais « Triaxiaux »:

-réduction du frottement interne, avec la contrainte normale ou la contrainte de confinement

-comparaison avec les données réelles disponibles.

Journée Technique CFGB-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



2-1 Shear Strength of Rockfill from Large Triaxial Tests (Leps, 1

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

PROGRAMME GEFDYN

1 Modélisation des matériaux

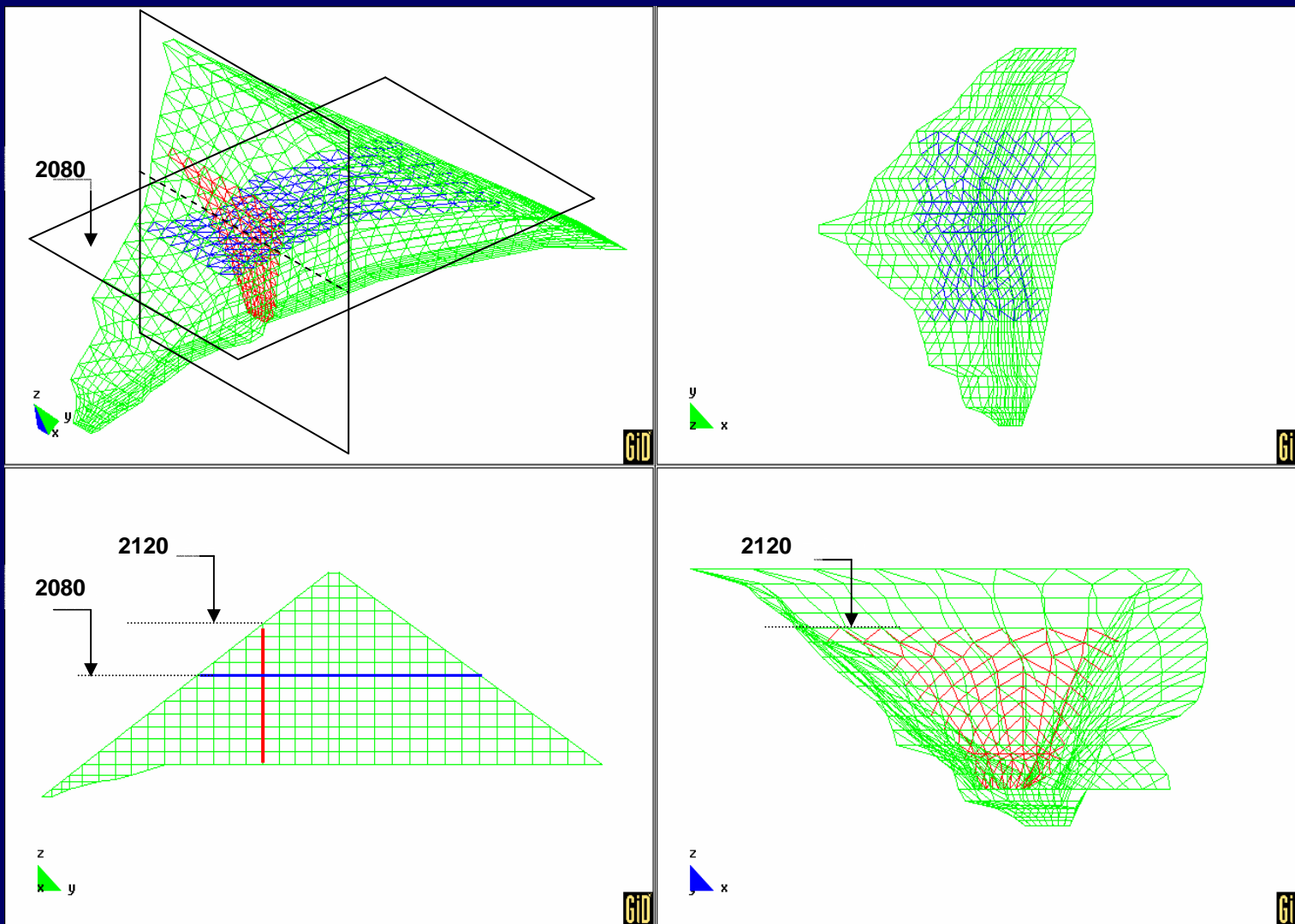
2 Modèle du barrage

3 Comparaison résultats sur la Rive Droite
Topographie originale / Excavation proposée

4 Détail proximité de la plinthe a 2120

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

2- MODELE DU BARRAGE



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

PROGRAMME GEFDYN

1 Modélisation des matériaux

2 Modèle du barrage

**3 Comparaison résultats sur la Rive Droite
Topographie originale / Excavation proposée**

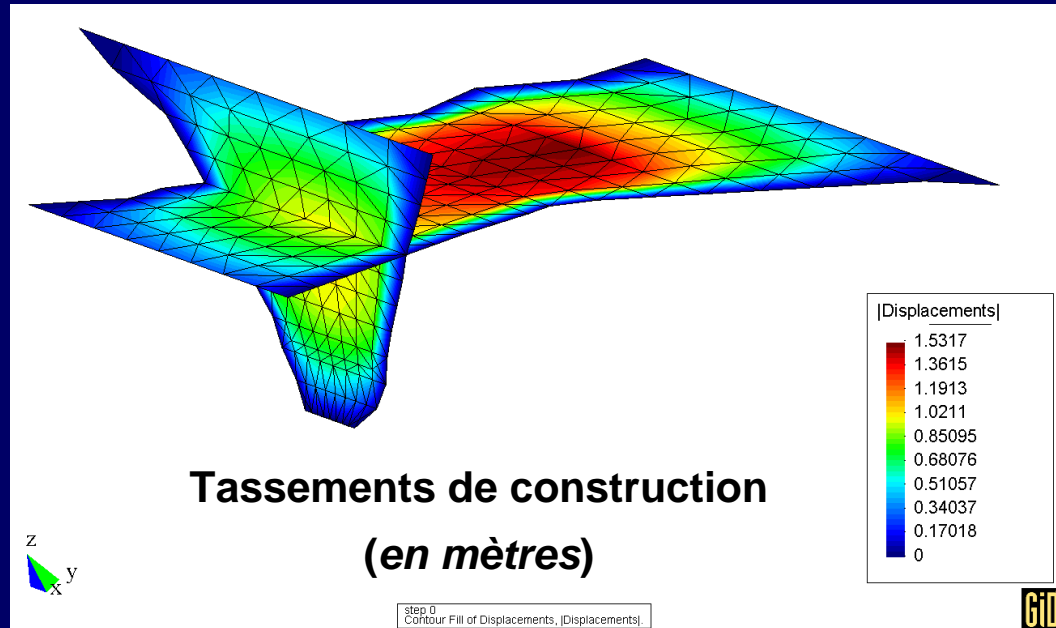
4 Détail proximité de la plinthe a 2120

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

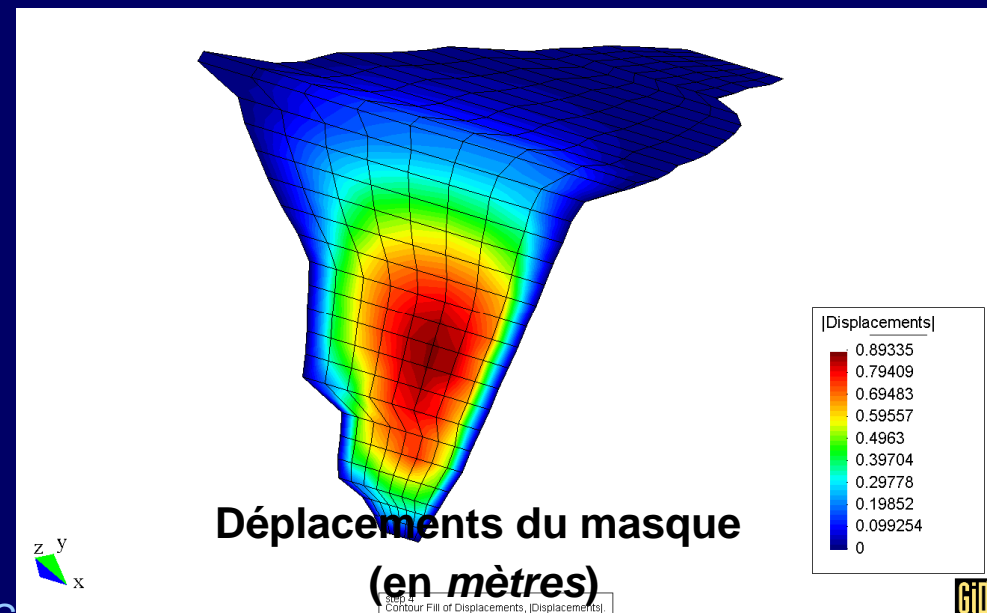
ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D
DU BARRAGE
PROGRAMME GEFDYN

2- RESULTATS RIVE DROITE

Tassements de
construction dans le
corps du barrage



Déplacements du
masque au
remplissage du
réservoir



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

PROGRAMME GEFDYN

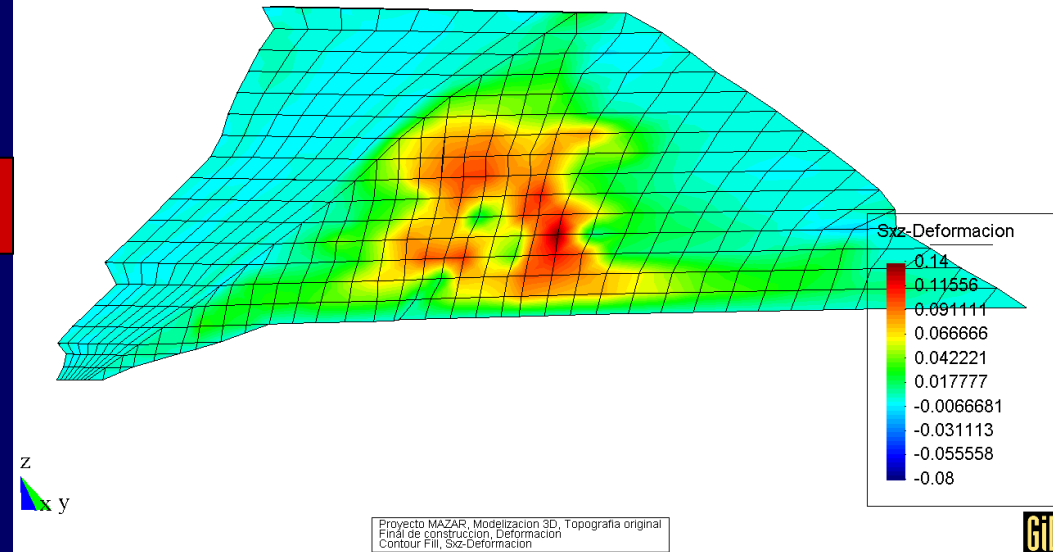
3- RESULTATS RIVE DROITE (3D)

Incidence des tassements a la construction:

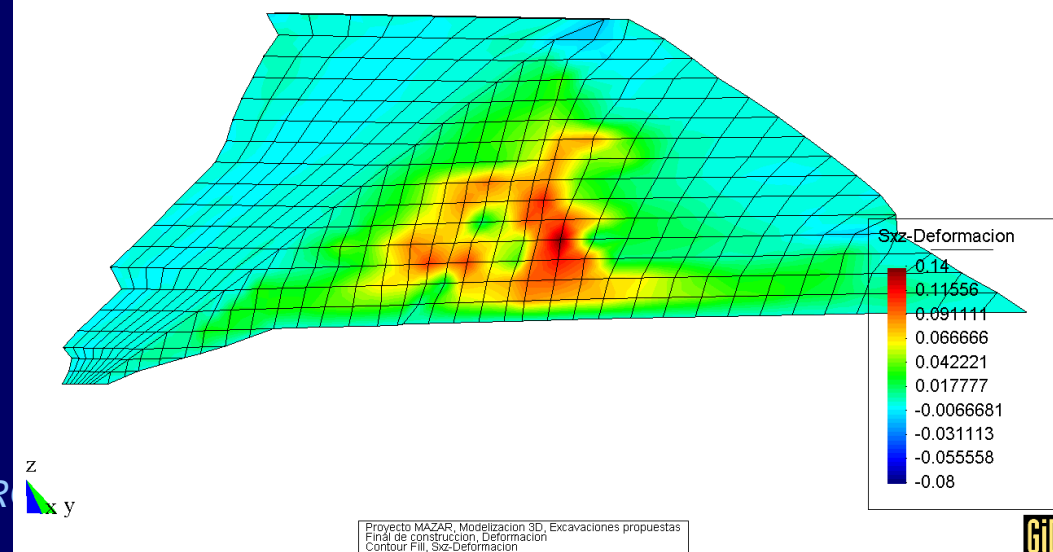
→ développement de cisaillements au contact de la Rive Droite

→ « plastification » des remblais au voisinage du contact

- Configuration originale sans excavations -



- Excavations proposées -



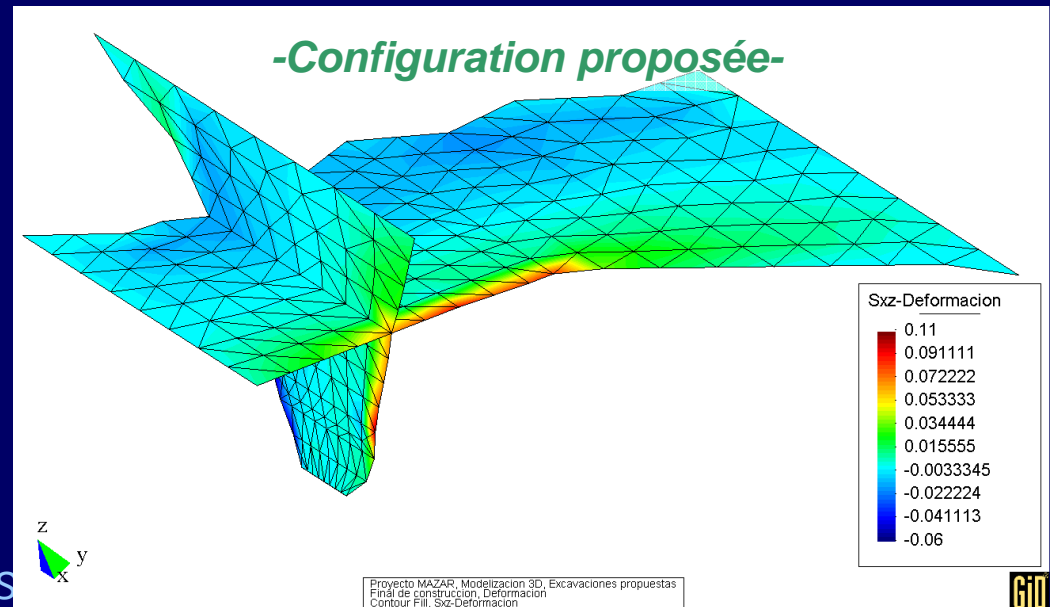
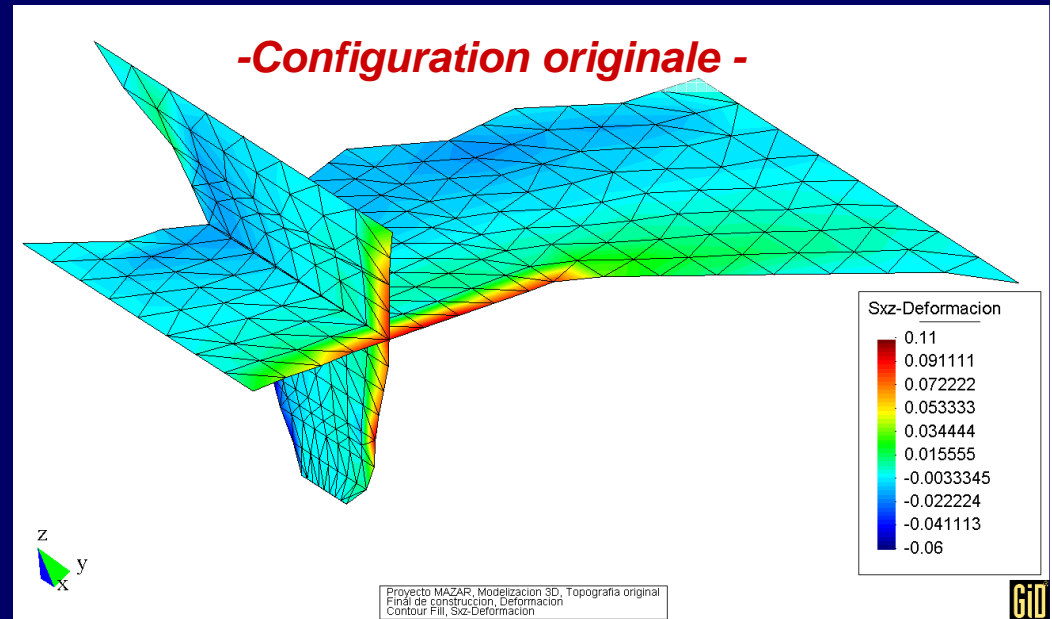
QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

3- RESULTATS RIVE DROITE (3D)

Incidence des tassements à la construction:

→ **cisaillements de contact sur la fondation Rive Droite**

→ **« plastification » des remblais au voisinage du contact**



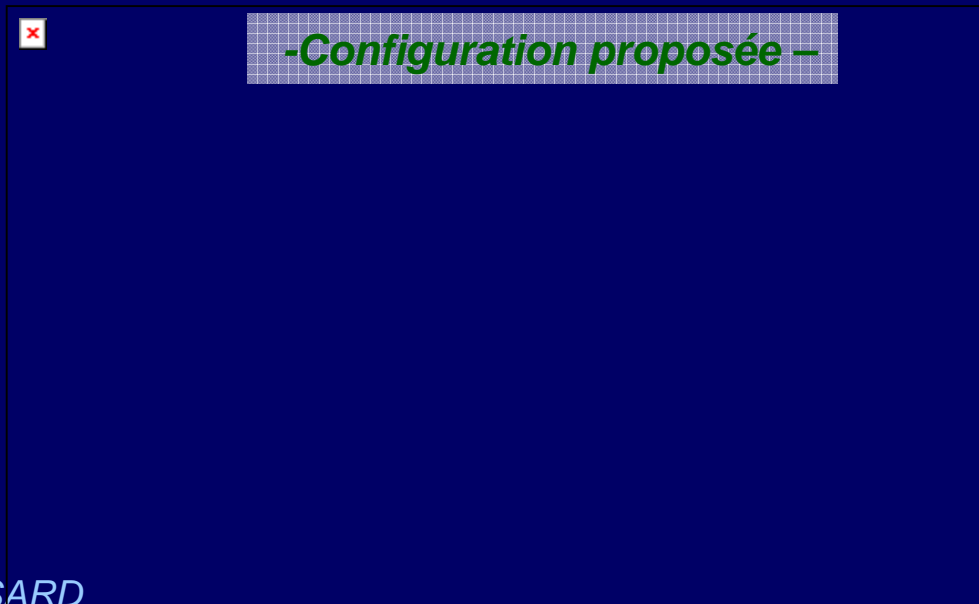
QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

3- RESULTATS RIVE DROITE (3D)

Incidence des tassements de mise en eau:

Développement de cisaillements de contact, sous la zone de la plinthe

(avec remobilisation d'une partie de la zone initialement « plastifiée » à la construction)



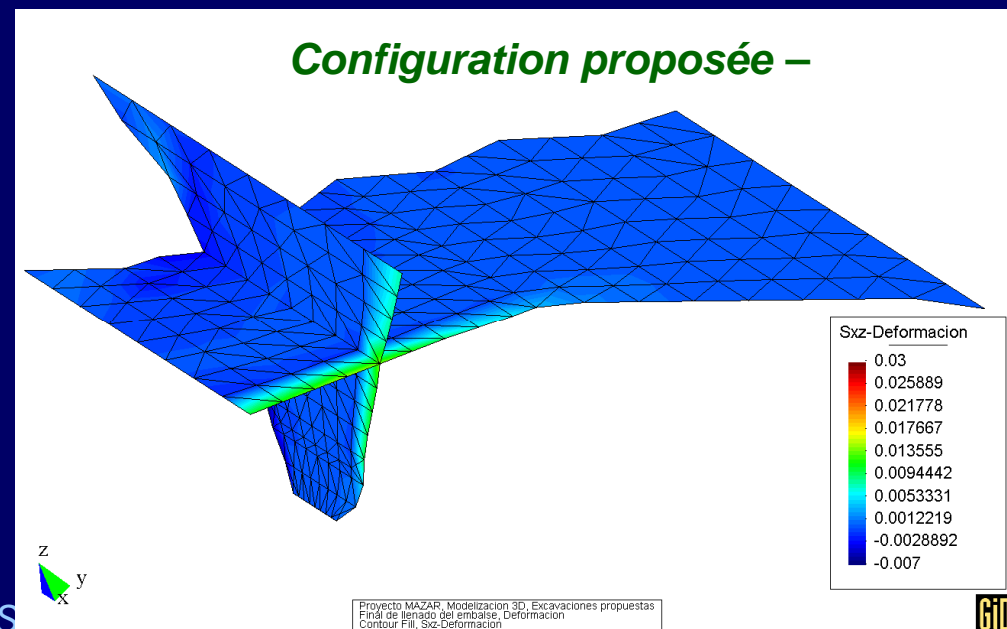
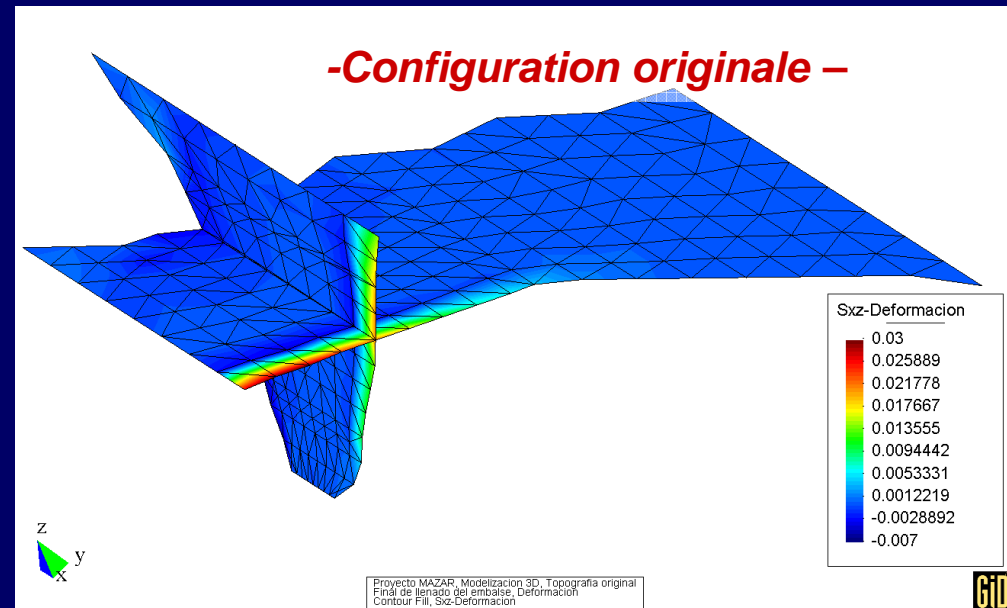
QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

3- RESULTATS RIVE DROITE (3D)

Incidence des tassements de mise en eau:

→ cisaillements de contact sous la plinthe

→ remobilisation d'une partie de la zone initialement « plastifiée » par les mouvements dus à la construction



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

PROGRAMME GEFDYN

- 1 Modélisation des matériaux
- 2 Modèle du barrage
- 3 Comparaison résultats sur la Rive Droite
Topographie originale / Excavation proposée
- 4 Détail proximité de la plinthe a 2120**

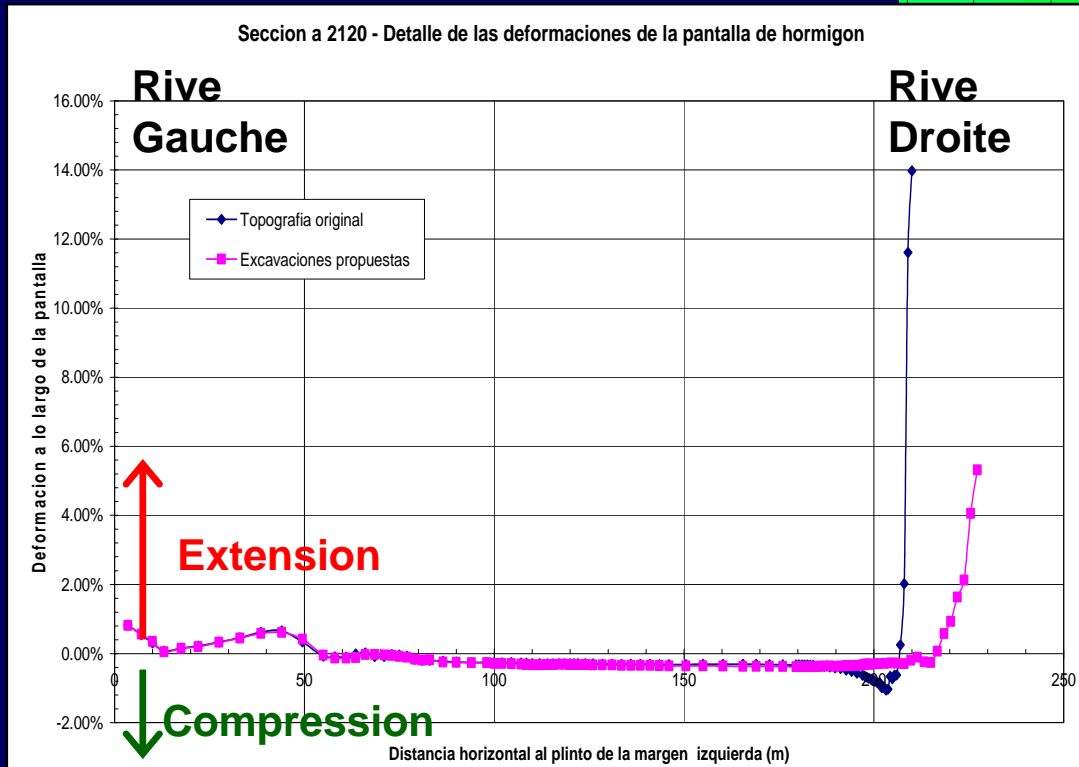
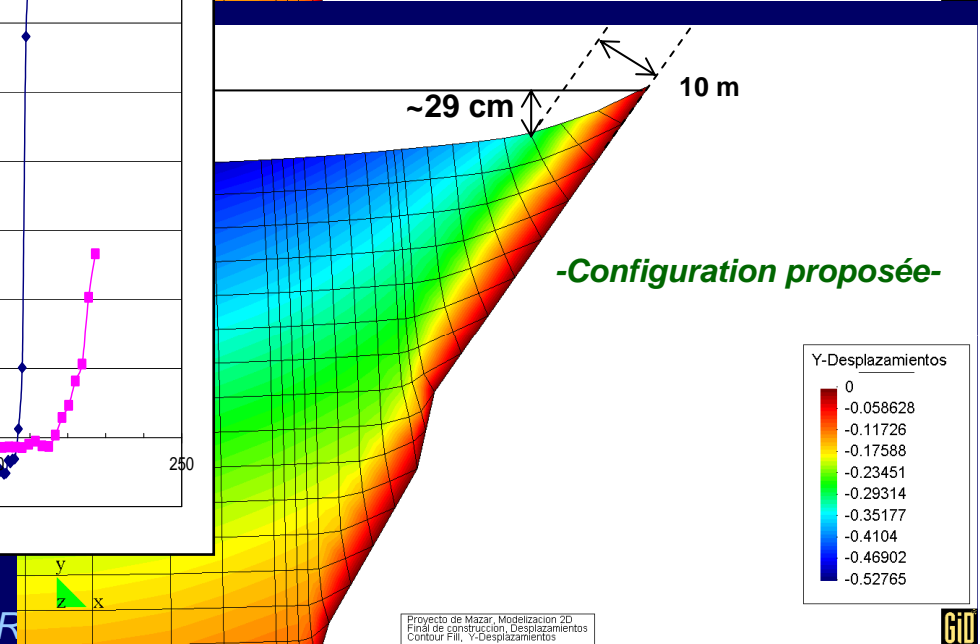
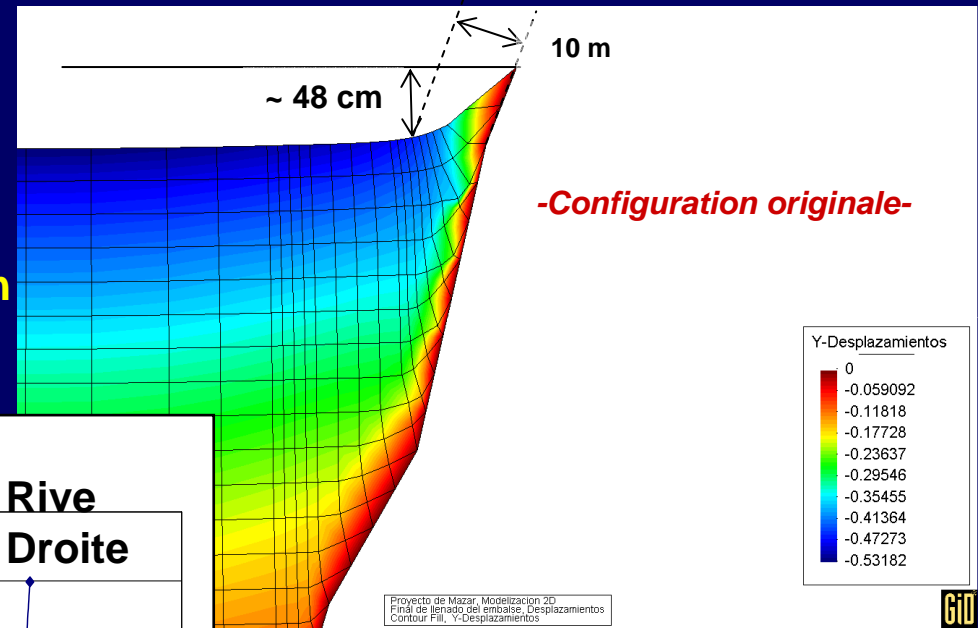
QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

3- DETAIL PROXIMITE PLINTE A 2120 (Modèle 2D)

Détail des mouvements à la mise en eau

Cisaillements de contact / fondation

Déformation horizontale du masque



Journée Technique CFGB-CFGI-CFMR-CFMS- 2 Février 2006

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

4- DETAIL PROXIMITE PLINTHE A 2120

Mouvements d'ouverture dans la zone périmétrale,
fonction du module de rigidité de l' enrochement dans le corps de barrage
(données de référence Table 11-1 Document ICOLD 2002)

Module Rigidité E* (Mpa)	Ouverture totale Configuration Originale	Ouverture totale Configuration Proposée
30 / 40 (valeurs basses)	38 cm	21,6 cm
68 / 90 (valeurs moyennes)	16,8 cm	9,5 cm
120 / 160 (valeurs élevées)	9,5 cm	5,4 cm

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

**A - RISQUE TECHNIQUE AVEC LE COMPORTEMENT
DU JOINT PERIMETRAL EN RIVE DROITE, AU
PREMIER REMPLISSAGE**

B - ANALYSE DU COMPORTEMENT 3D DU BARRAGE

**C – INCIDENCES SUR LA CONCEPTION DU MASQUE
(Zone du joint périmétral)**

QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

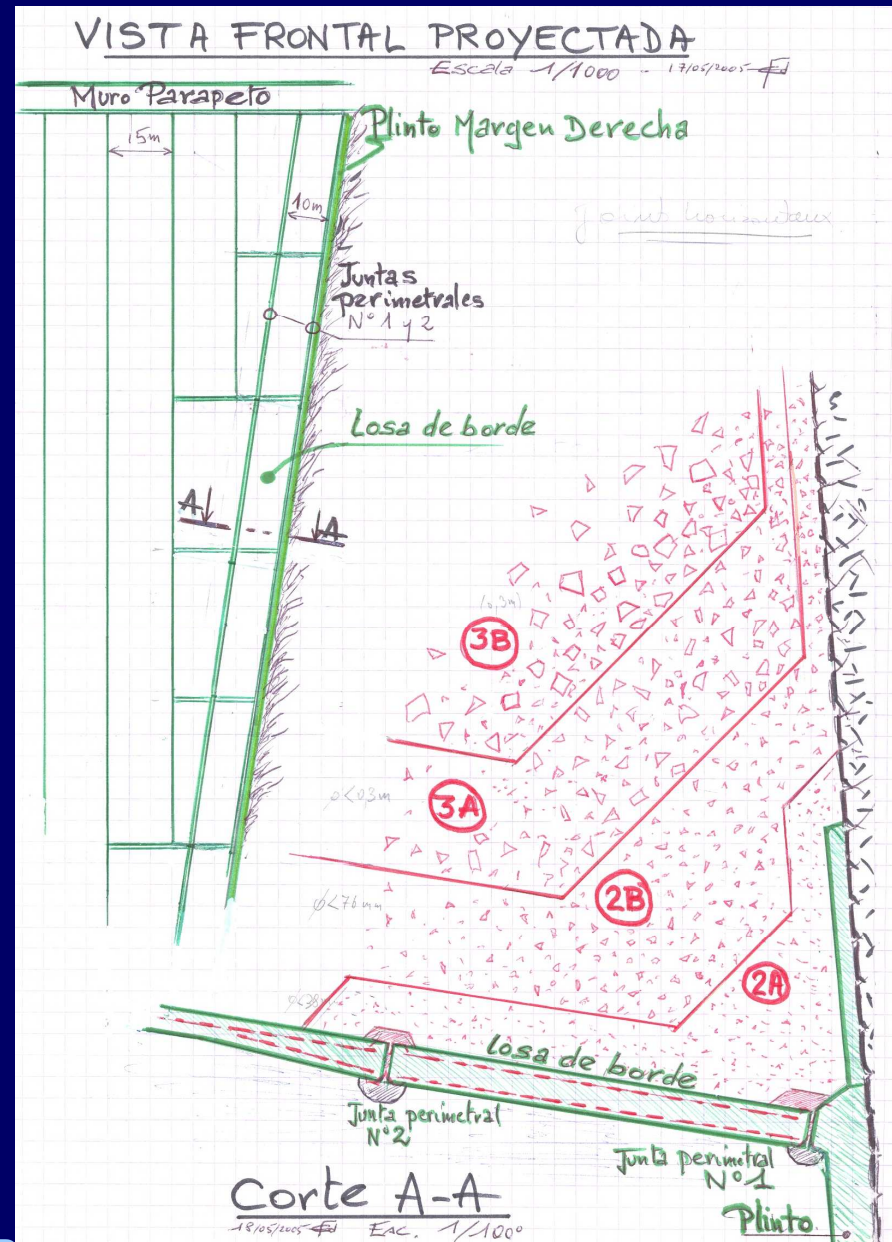
C- INCIDENCES SUR LA CONCEPTION DU MASQUE ET DU TYPE DE JOINT PERIMETRAL

Assurer une meilleure flexibilité du masque au voisinage de la plinthe:

Systeme de la dalle de bord, avec duplication du joint périmétral.....

+ Zonification soignée des remblais sous le joint périmétral

mise en œuvre d'un type de joint compatible avec les mouvements attendus...

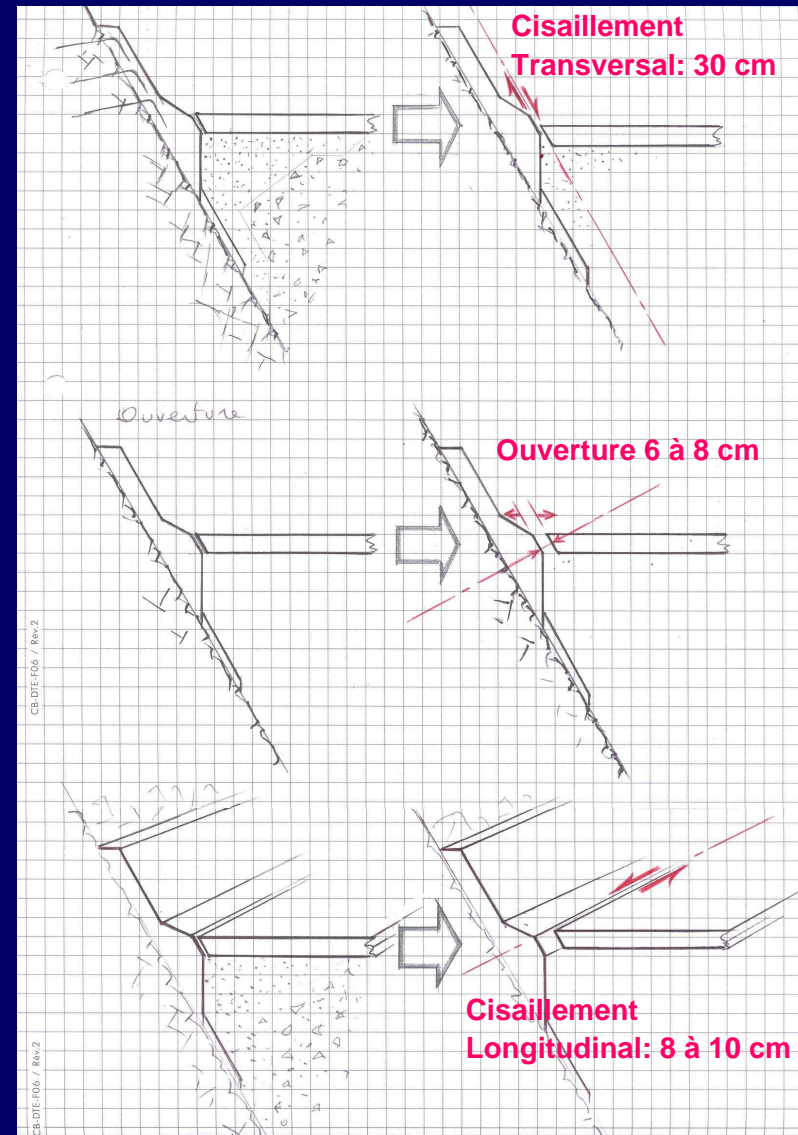


QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

C- INCIDENCES SUR LA CONCEPTION DU MASQUE ET DU TYPE DE JOINT PERIMETRAL

c) Avec $F_s \sim 1,4$, mouvement « nominal » à supporter, sous pression de 70 à 80 m. d'eau :

- en cisaillement transversal, environ 30 cm, direction parallèle à la surface de la fondation ;
- en cisaillement longitudinal, une certaine proportion (1/4 à 1/3);
- en ouverture, une certaine proportion, plus faible, estimée entre 1/5 et 1/4.



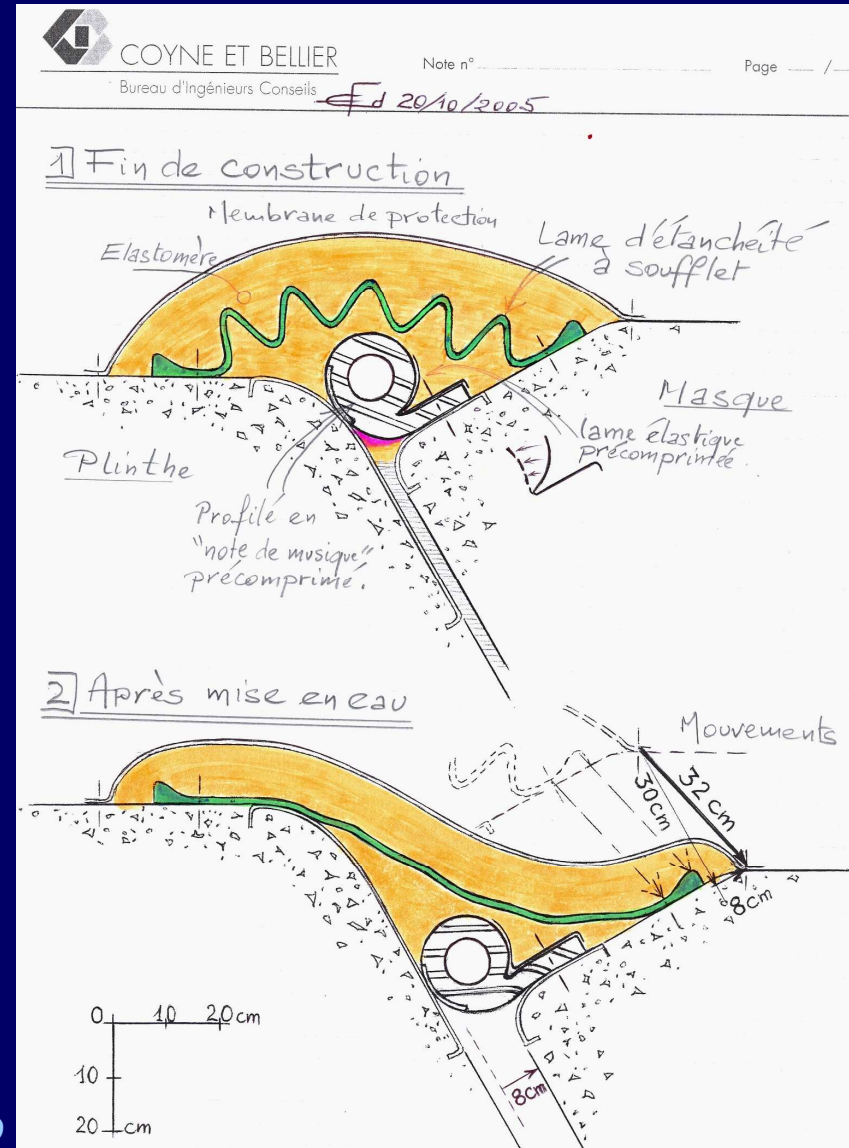
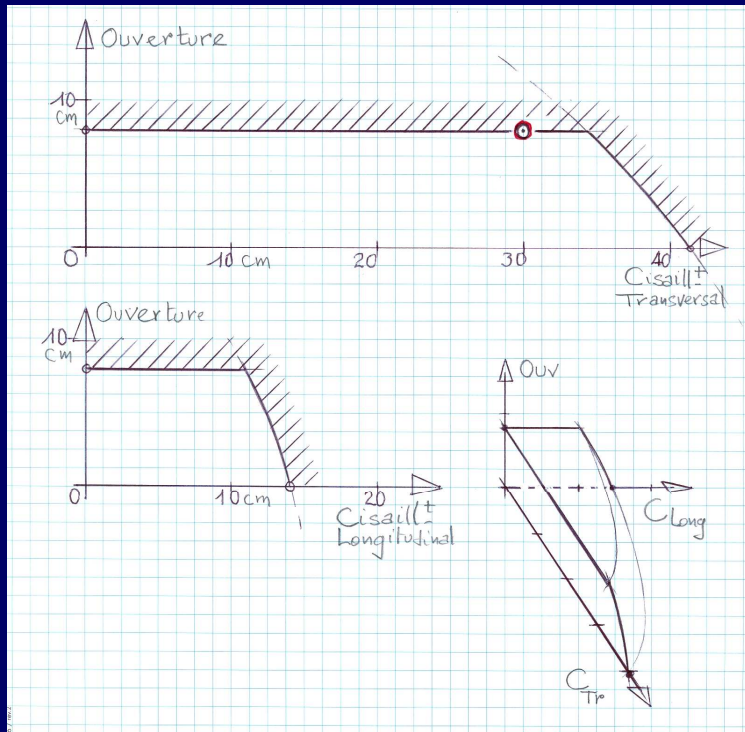
QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

C- INCIDENCES SUR LA CONCEPTION DU MASQUE ET DU TYPE DE JOINT PERIMETRAL

Joint en cours d'évaluation

- Configuration et matériaux

- Diagramme des mouvements



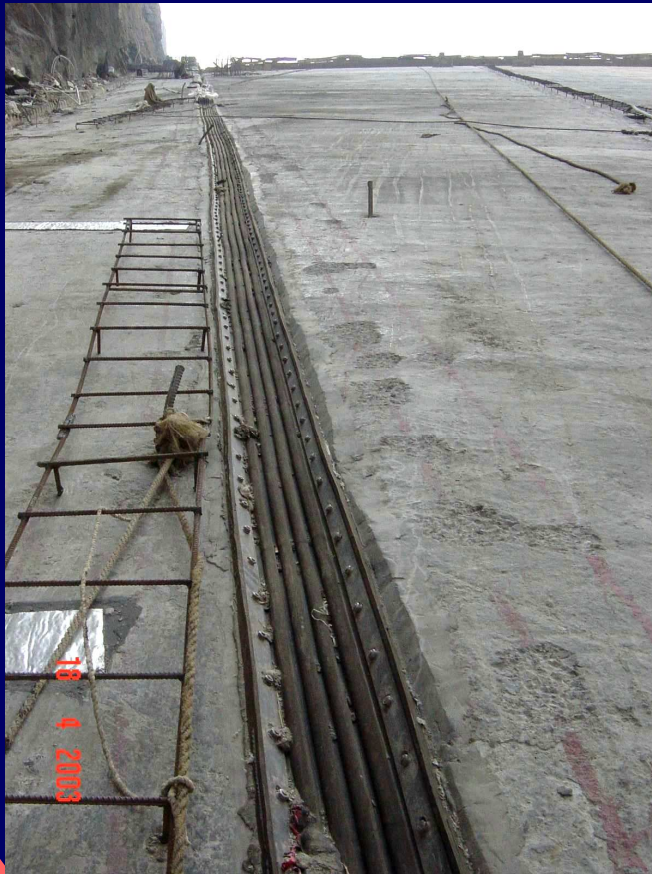
QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

C- INCIDENCES SUR LA CONCEPTION DU MASQUE ET DU TYPE DE JOINT PERIMETRAL

- CONCEPTION CHINOISE- (IWHR)

References CFRD: Shuibuya (233m),
Hongjiadu (180m), Gongboxia (132m), etc.

Journée Technique CFGB-CFGL-CFMR-CFMS- 2 Février 2006



QUESTIONS POSEES PAR UN GRAND BARRAGE EN ENROCHEMENT

Journée Technique CFGB-CFGL-CFMR-CFMS- 2 Février 2006

