

# Automatisation du calcul du volume d'excavation par la centrale de traitement des boues



**SCHAUENBURG**

Maschinen- und Anlagen-Bau GmbH

**Samuel VITALE** - Schauenburg MAB (Responsable Asie)

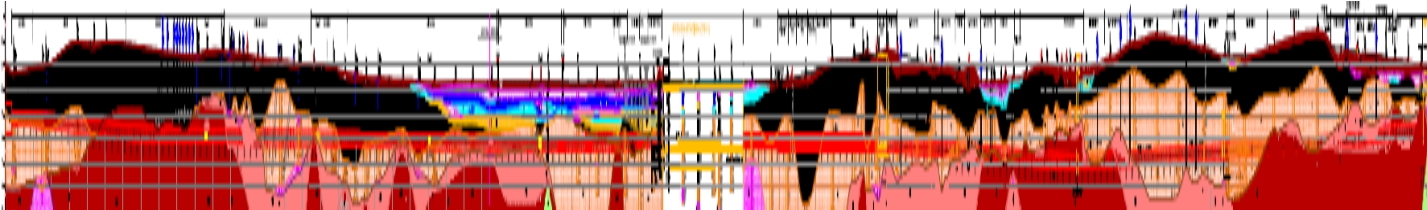
- Le challenge du creusement à Singapour
- Le terrain mixte doux-rocheux sujet aux sur-excavations
- Les solutions mises en place pour détecter une sur-excavation
- L'automatisation de calcul du volume excavé à travers la centrale de traitement
- Les résultats obtenus

# Challenge du creusement à Singapour

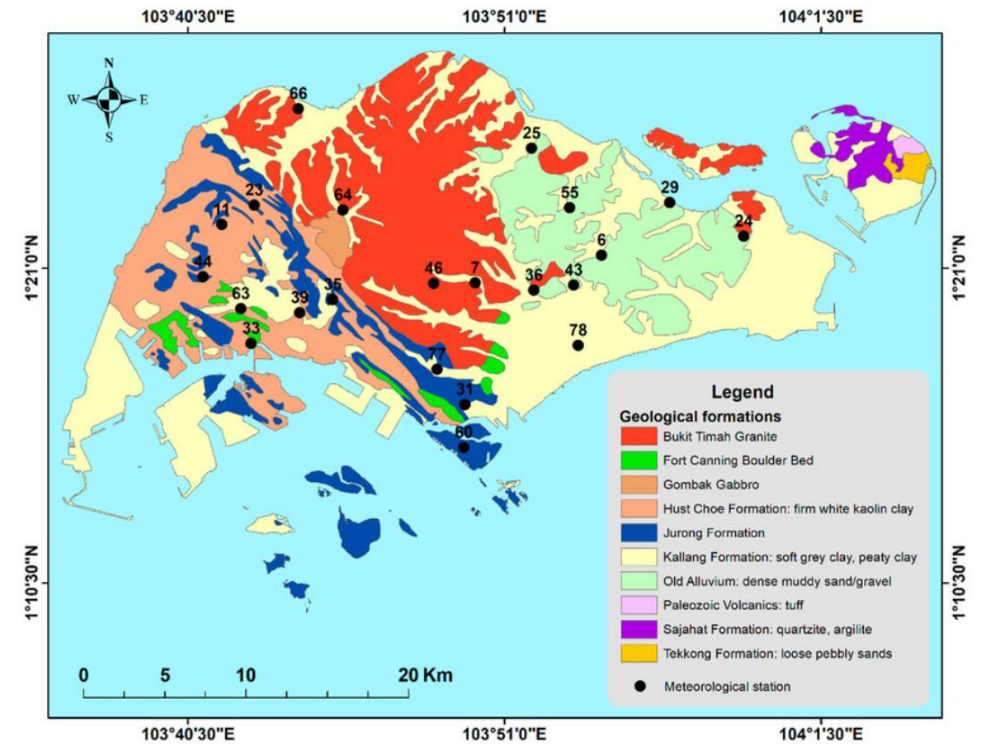


**SCHAUBURG**  
Maschinen- und Anlagen-Bau GmbH

- Zone urbaine avec une des densités les plus élevés du monde (7900 personnes / km<sup>2</sup>)
- Terrain extrêmement variant



Interface Roche – Terre : Risque de sur-excavation



## 2015 : Downtown Line 3 - Upper Changi Road East



## 16 March 2013 : Downtown Line 2 - Woodlands



## 2013 Clementi Road



- Suivi précis du volume de ciment injecté dans le vide annulaire



Quand un anneau à un volume de ciment anormalement supérieur, on peut considérer qu'il y a eu une sur-excavation. Cependant, ce n'est pas toujours la seule explication à ce sur-volume.

Ce résultat ne peut pas non plus estimer de quel ordre est la sur-excavation.

- Suivi du tassement en surface



Problème : ce système requiert des mesures fréquentes avec compilation des données.  
Parfois le temps de traitement ne permet pas de prévenir à temps un effondrement

A chaque fin d'anneau, l'équipe tunnel relève la hauteur du cône de déblais en sortie de la centrale de traitement.

La hauteur est comparée anneau après anneau

Problématique :

- La précision de la mesure est aléatoire
- Ne pas oublier de tamiser la zone de chute sous convoyeur à chaque anneau et noter le niveau initial.



# Mesure sur le circuit de marinage

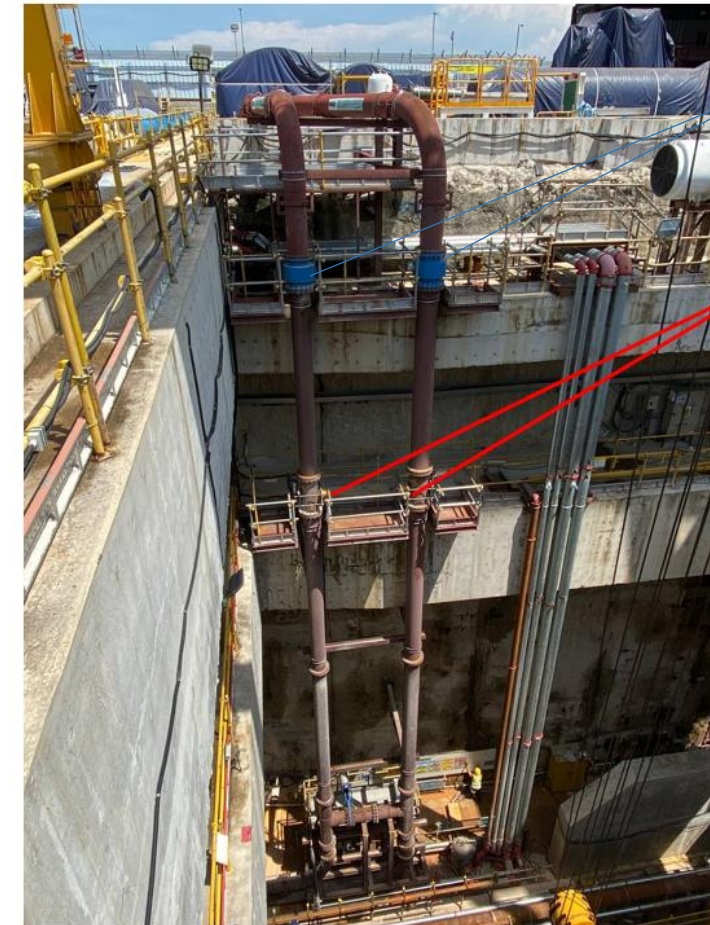


**SCHAUBURG**  
Maschinen- und Anlagen-Bau GmbH

Pour estimer le volume excavé, on mesure le débit et la densité du marinage en injection et en retour.

Le débitmètre utilisé est à sonde magnétique

Le densimètre utilise une source radioactive

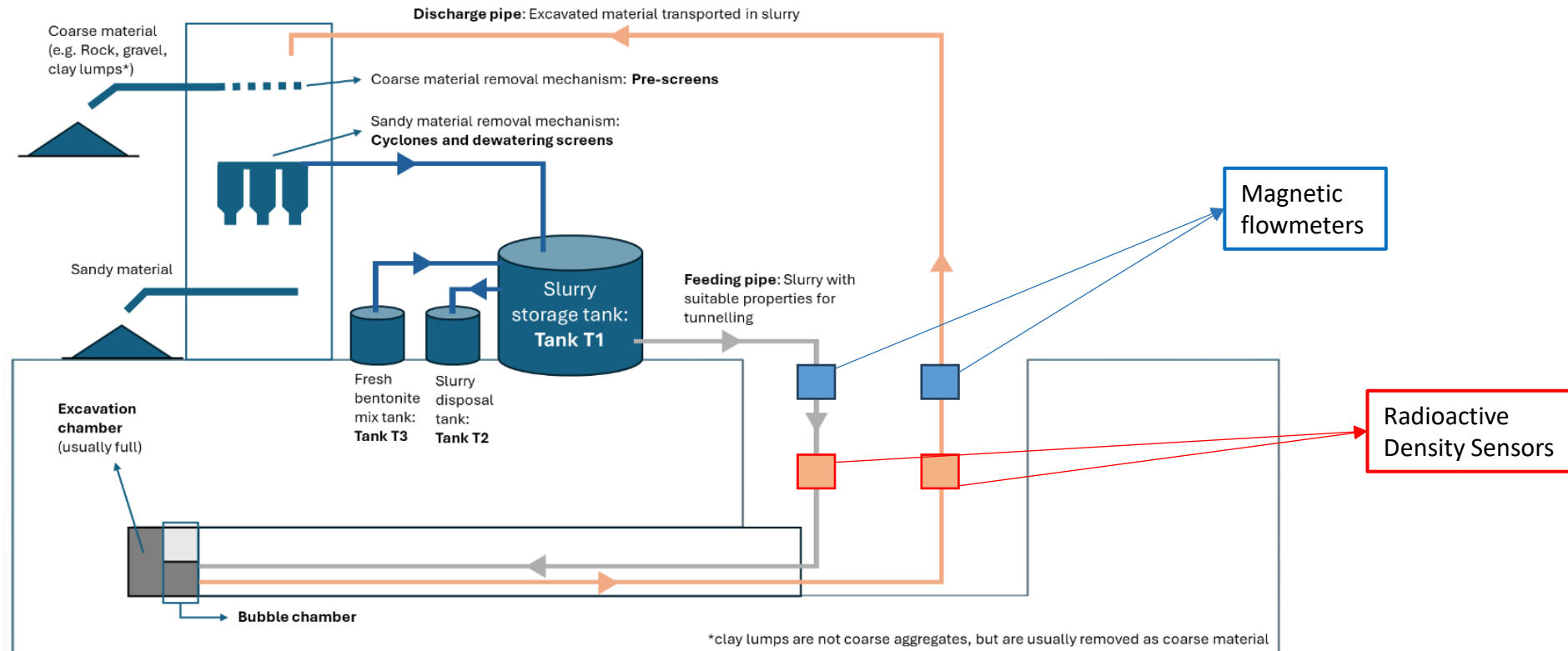


Magnetic  
flowmeter

Radioactive  
density  
sensors



- Mesure sur le circuit de marinage



Utilisation de la théorie de la masse sèche (ASTM D4254) qui considère l'ensemble des particules excavés sans l'eau ni l'air in-situ.

Le tunnelier mesure en direct cette masse avec le débitmètre et densimètre.

$$m_{dry} = \int_{Ring\ start}^{Ring\ end} \left( \dot{Q}_{discharge} \times \frac{\rho_{discharge} - \rho_{water}}{\rho_{solids} - \rho_{water}} \times \rho_{solids} - \dot{Q}_{feed} \times \frac{\rho_{feed} - \rho_{water}}{\rho_{bentonite} - \rho_{water}} \times \rho_{bentonite} \right) \delta t$$

# Mesure sur le circuit de marinage



La valeur de la masse sèche est mise en comparaison avec la masse in-situ estimée (Masse cible) par le géologue du projet



On considère la précision de la mesure à  $\pm 10\%$ .

Quand on sort de cette zone, des mesures de préventions sont mise en place comme des injections de ciment supplémentaires voir même des traitements depuis la surface.

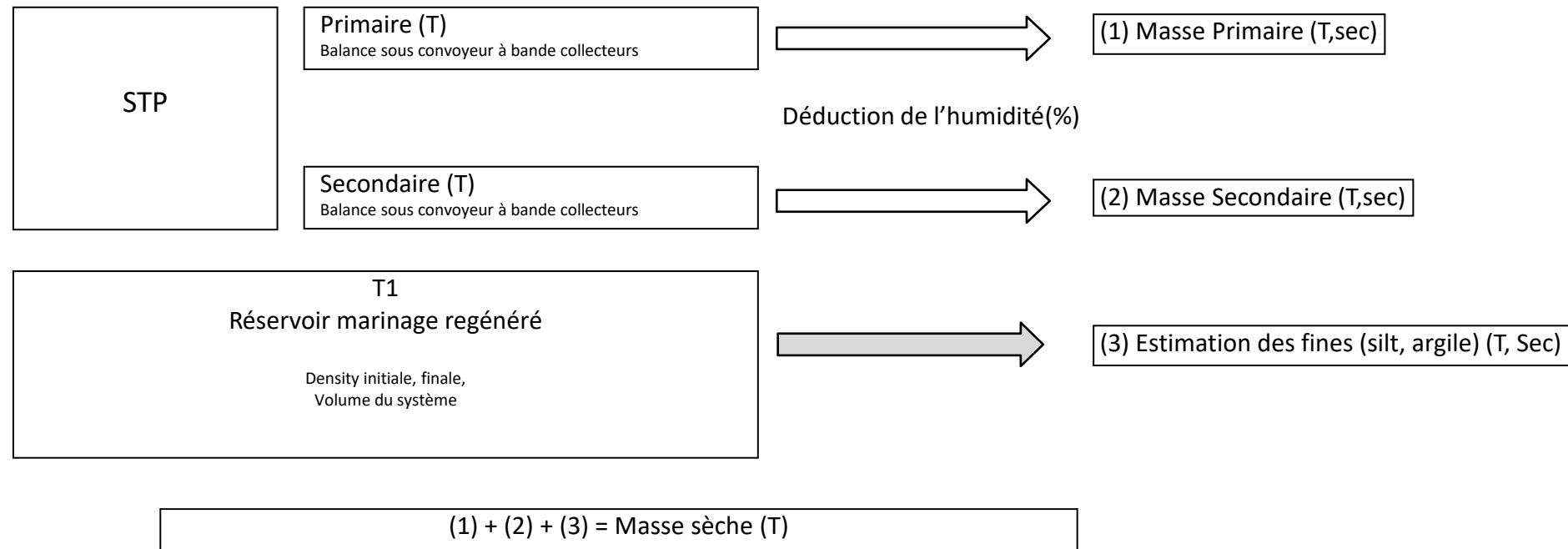
# Mesure sur le circuit de marinage



Problème de cette mesure automatique : pas de réelle comparaison



Schauburg MAB propose depuis le creusement de la nouvelle ligne de métro Cross Island Line (2019), une mesure automatique à travers les instruments de la centrale de traitement des boues:



# Mesure par la centrale de traitement



**SCHAUBURG**  
Maschinen- und Anlagen-Bau GmbH

Mesure des balances sous convoyeur :



Mesure de l'humidité :



Collect excavated material at end of screen to ensure a more representative mixture



Heat excavated material at high temperature (250°C) for 1 hour to dry out the mixture

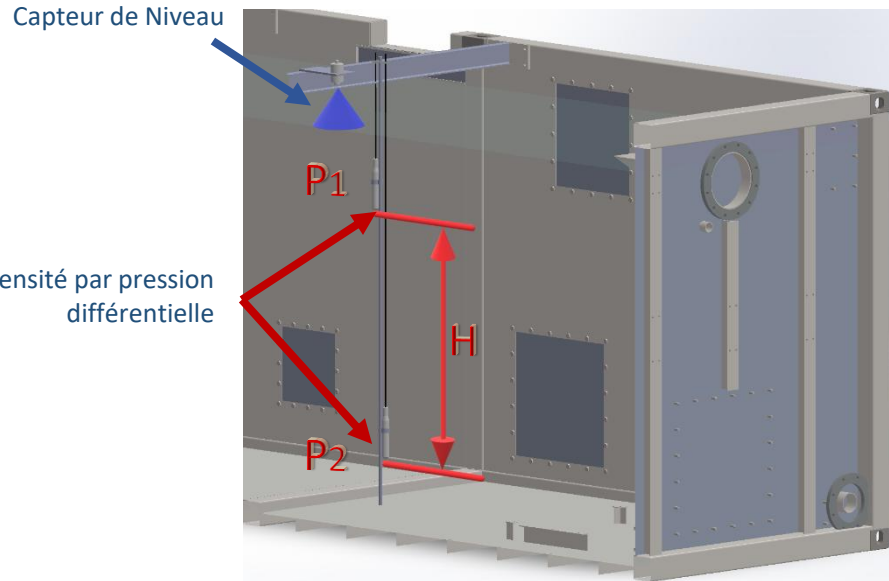
Entrée des résultats dans la console de contrôle de la centrale:



# Mesure par la centrale de traitement



Mesure du volume de marinage actif et de sa densité :



$$Density_{Active\ Slurry\ Tank} = \frac{P_1 - P_2}{gH}$$



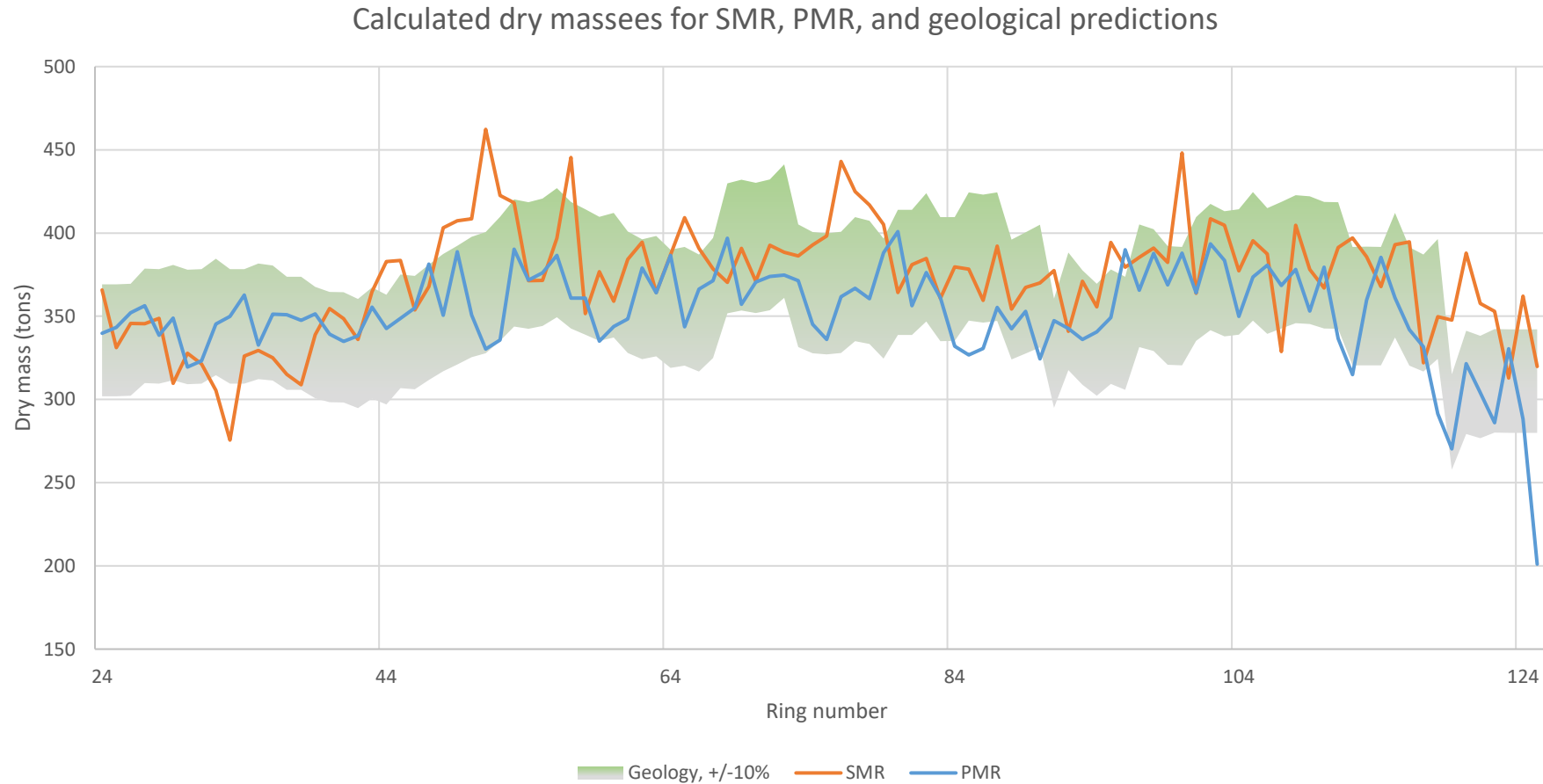


# Résultats obtenus

Le data logger site génère une courbe à chaque anneau en direct :

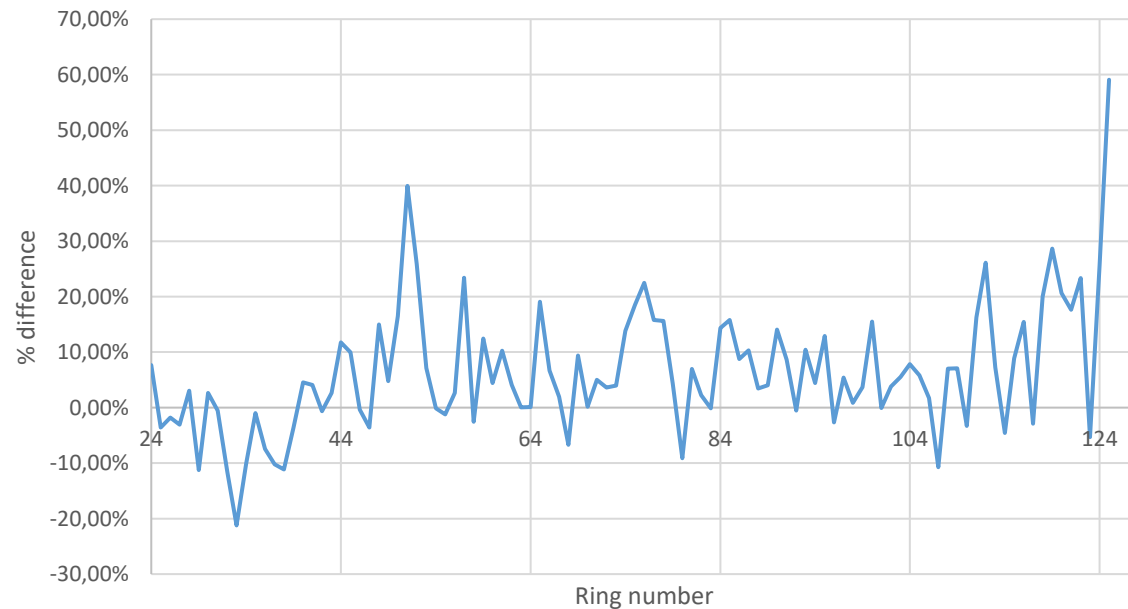


## Comparatif entre la mesure sur circuit de marinage (PMR) et la mesure avec les instrumentations de centrale de traitement (SMR)

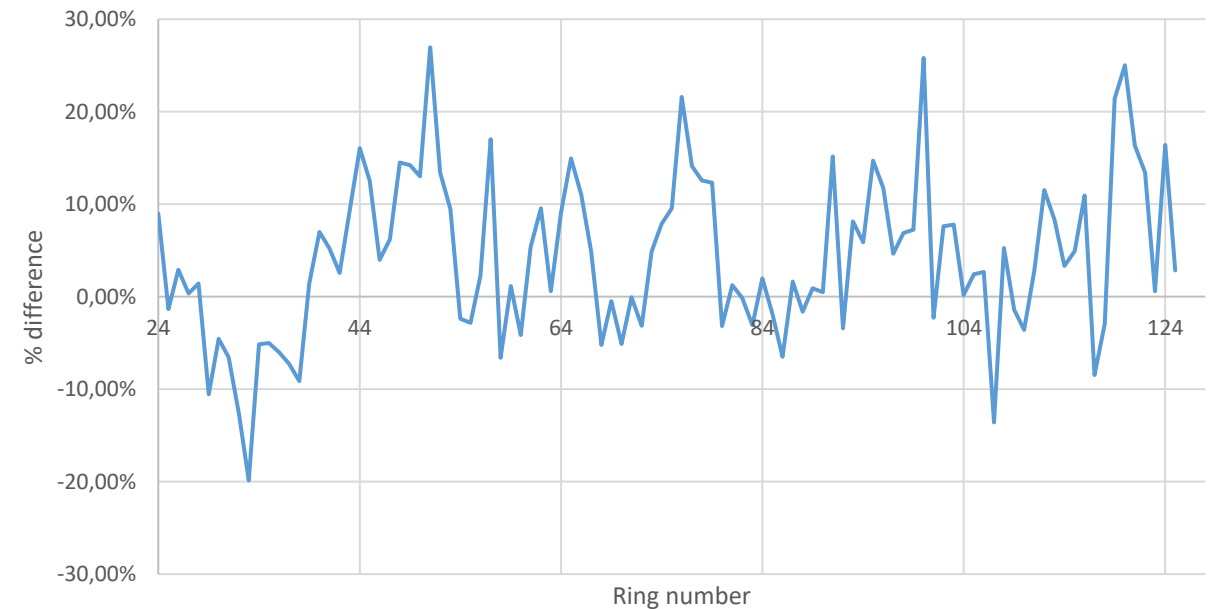


## Comparatif entre la mesure sur circuit de marinage (PMR) et la mesure avec les instrumentations de centrale de traitement (SMR)

% difference between PMR and SMR



% difference between PMR and geological predictions



# Limites et futurs progrès

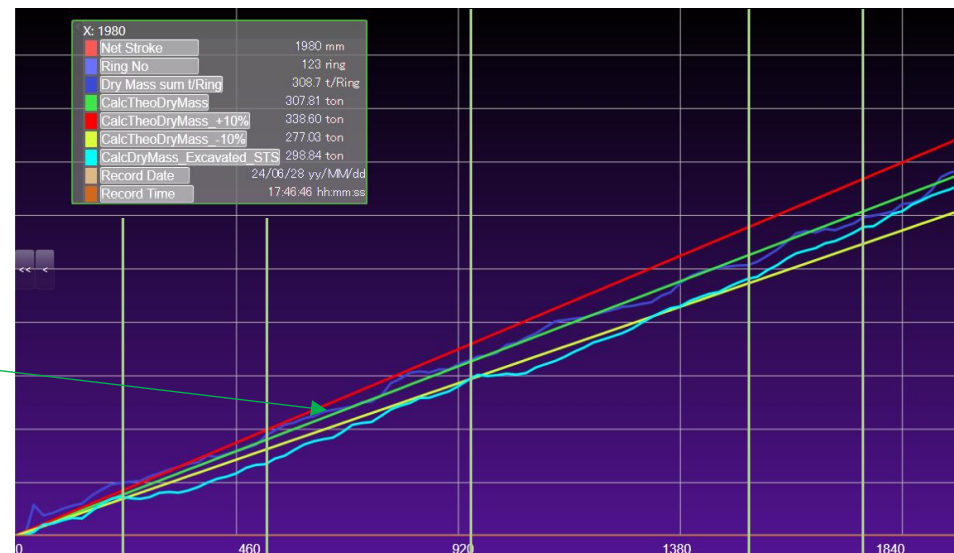


Un des challenges qui reste à résoudre est le changement de terrain pendant le creusement d'un anneau :



Start of ring

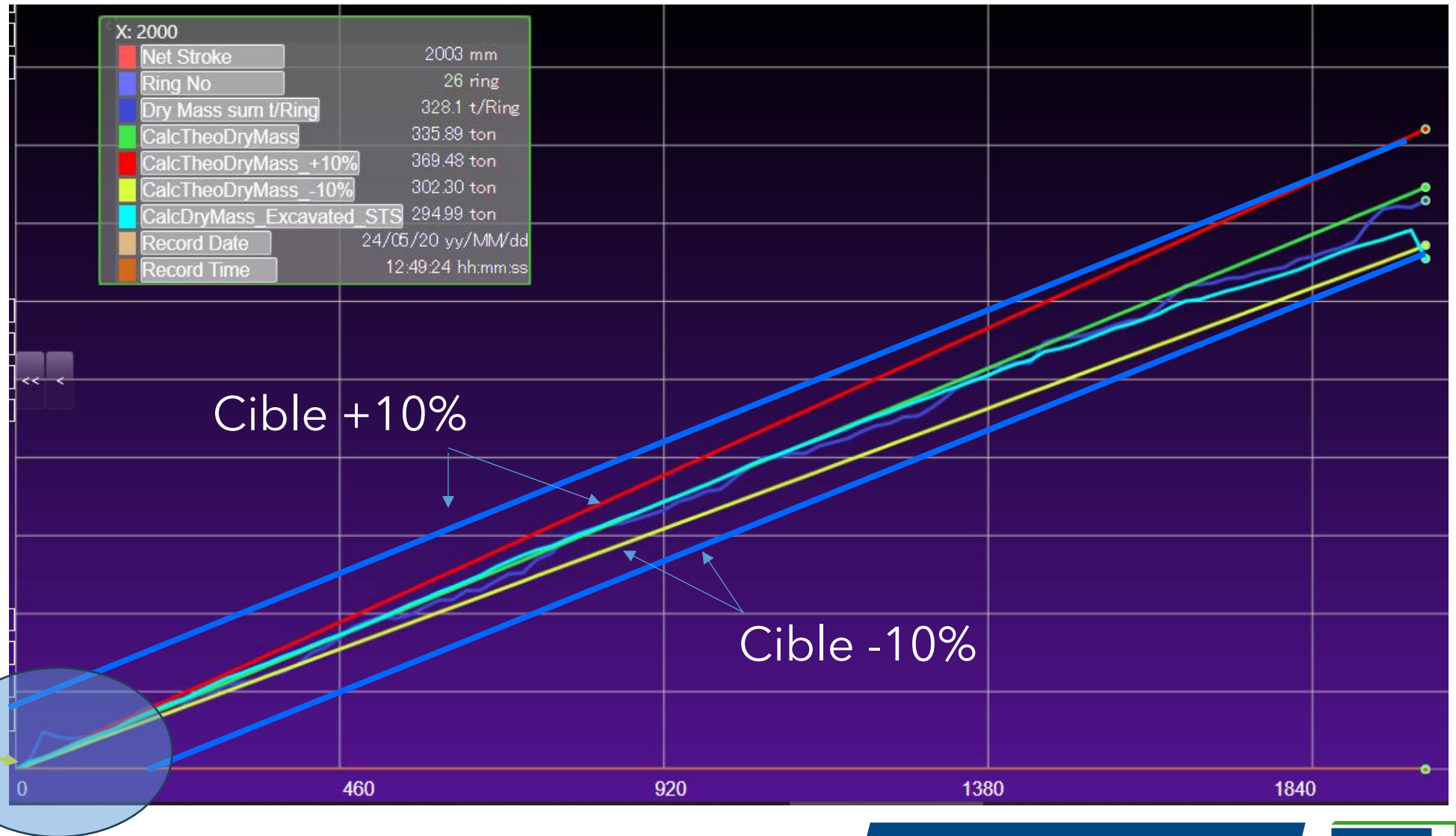
End of ring



La masse cible géologique est unique



# Limites et futurs progrès



Problème de liberté autour de zéro

La masse cible géologique

Cible +10%

Cible -10%





**SCHAUENBURG**  
Maschinen- und Anlagen-Bau GmbH

**Engineering  
A Better World**

