

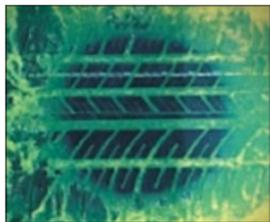
Mécanique du contact et bases de tribologie

Cours du module B3 in English

V. Yastrebov, H. Proudhon, A. Shvarts, B.R. Akula

*MINES ParisTech, Centre des Matériaux
19-23 février 2018*

Motivation



tire/road



granular



bearings



electric



railroad



assembled pieces



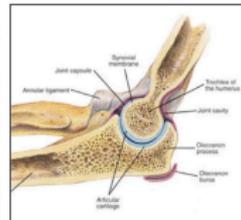
drilling



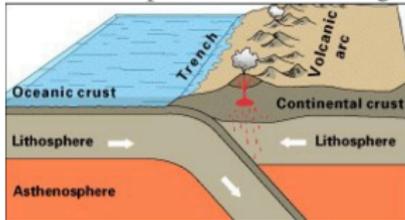
touch interfaces



metal forming



human joints



tectonic faults



MEMS



brakes



gears

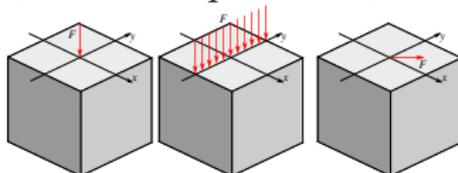
Contenu du cours

Cours

1. Applications industrielles
2. Introduction à la mécanique du contact
3. Contact et mécanique des matériaux
4. Rugosité et contact à petite échelle
5. Méthodes numériques (éléments finis, éléments de frontière)
6. Lubrification et étanchéité (A. Shvarts)
7. Usure et fretting (H. Proudhon)
8. Frottement et adhésion
9. Séminaire : méthode mortar pour le contact (B.R. Akula)

TD

- ▶ Problème de Flamant (+ Boussinesq et Cerruti)



TP

- ▶ Problème de pression distribuée

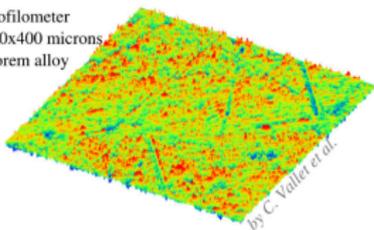
Prise en main de Z-set

- ▶ Contact cylindre-plan sans frottement
- ▶ Contact frottant cylindre-plan
- ▶ Contact élasto-plastique / viscoélastique

Contact à petite échelle : effet de la rugosité

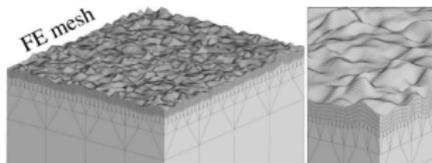
- Techniques de mesure, modèles de rugosité, modèles mécaniques

Profilometer
600x400 microns
Norem alloy

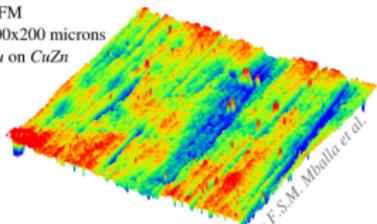


by C. Valler et al.

1 micron
-1 micron

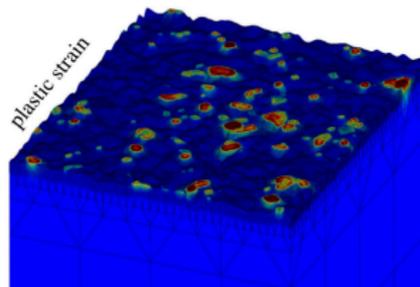


AFM
200x200 microns
Au on CuZn



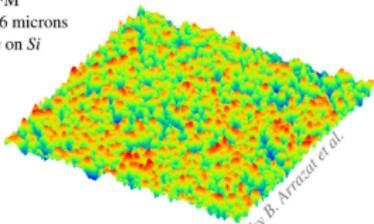
by F.S.M. Mbulwa et al.

50 nm
-50 nm



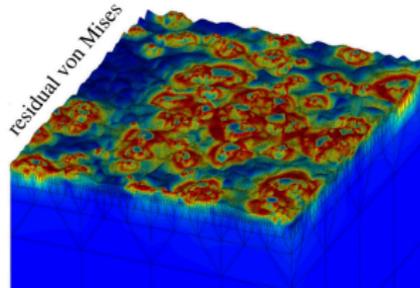
plastic strain

AFM
6x6 microns
Au on Si



by B. Arrazola et al.

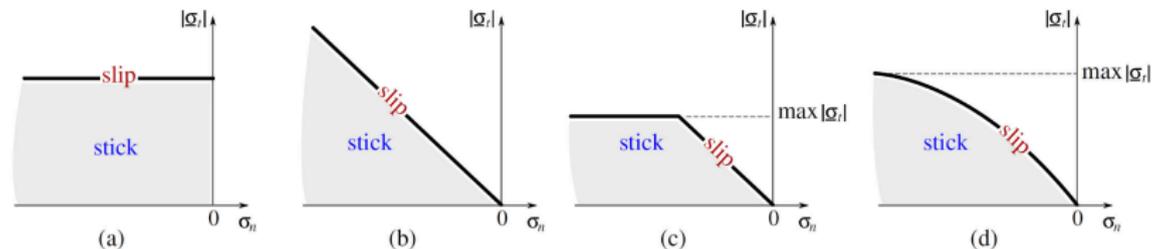
20 nm
-20 nm



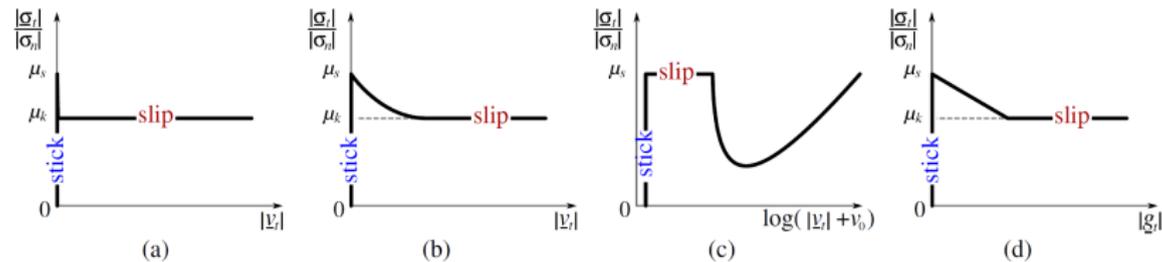
residual von Mises

Rhéologie du frottement

• Critères statiques



• Critères cinématiques



Méthodes numériques

$$\int_{\Omega} \underline{\underline{\sigma}} \cdot \delta \nabla \underline{\underline{u}} d\Omega + \underbrace{\int_{\Gamma_c^1} \boxed{C}}_{\text{Contact term}} d\Gamma_c \quad d\Gamma_c^1 = \int_{\Gamma_f} \underline{\underline{\sigma}}_0 \cdot \delta \underline{\underline{u}} d\Gamma + \int_{\Omega} \underline{\underline{f}}_v \cdot \delta \underline{\underline{u}} d\Omega,$$
$$\mathbb{K} = \left\{ \delta \underline{\underline{u}} \in \mathbb{H}^1(\Omega) \mid \delta \underline{\underline{u}} = 0 \text{ on } \Gamma_u \right\}$$

- ▶ Méthode des éléments de frontière
- ▶ Méthode des éléments finis
- ▶ Discretisation du contact
- ▶ Méthodes d'optimization
 - ▶ *Pénalisation*
 - ▶ *Multiplicateurs de Lagrange*
 - ▶ *Lagrangien augmenté*

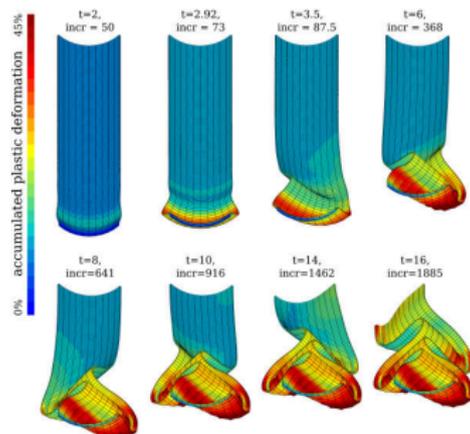


Fig. Comportement post-flambant d'un tube mince avec l'auto-contact

Tuteurs du cours



- ▶ Henry Proudhon (Chargé de recherche CNRS)
- ▶ Andrei Shvarts (Doctorant 3e année)
- ▶ Basava R. Akula (Doctorant 3e année)
- ▶ Vladislav Yastrebov (Chargé de recherche CNRS)