

ANALYSE TRIBOLOGIQUE

Eric Felder

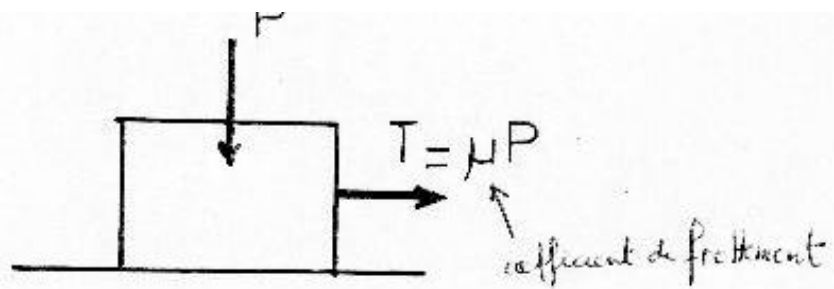
CEMEF Ecole des Mines de Paris

Groupe « Surfaces & Tribologie »

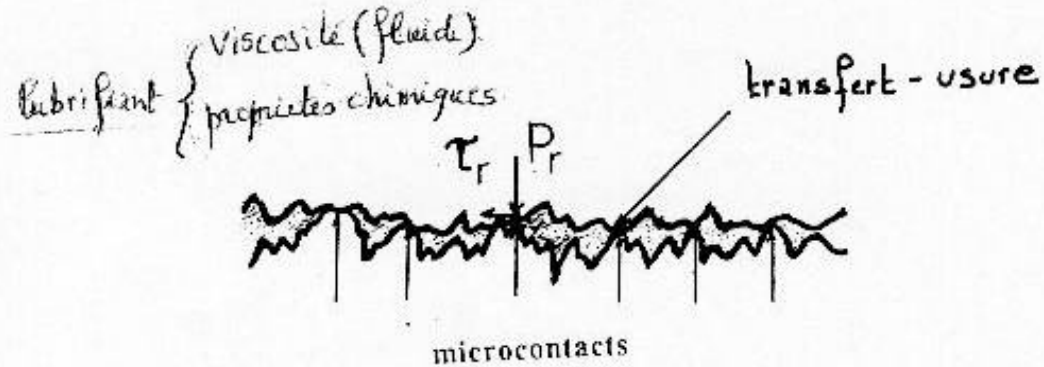
eric.felder@cemef.cma.fr

PLAN

- Qu 'est la tribologie ?
- Etude tribologique du contact rotor-stator de moteur piézoélectrique
film polymère (composite)/alliage Cu-Be
- Tribologie en mise en forme des métaux :
exemple du formage des tôles



a - Contact macroscopique



b - Aspect microscopique du contact : régime mixte

Figure D.1.8 - Idéalisations de COULOMB

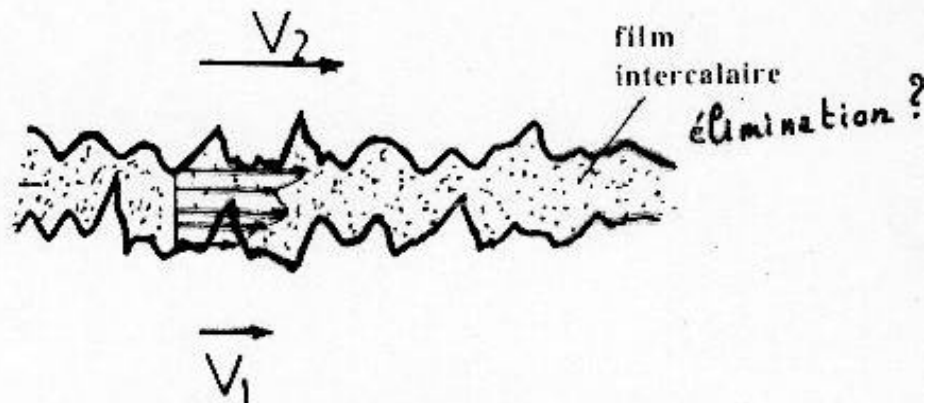
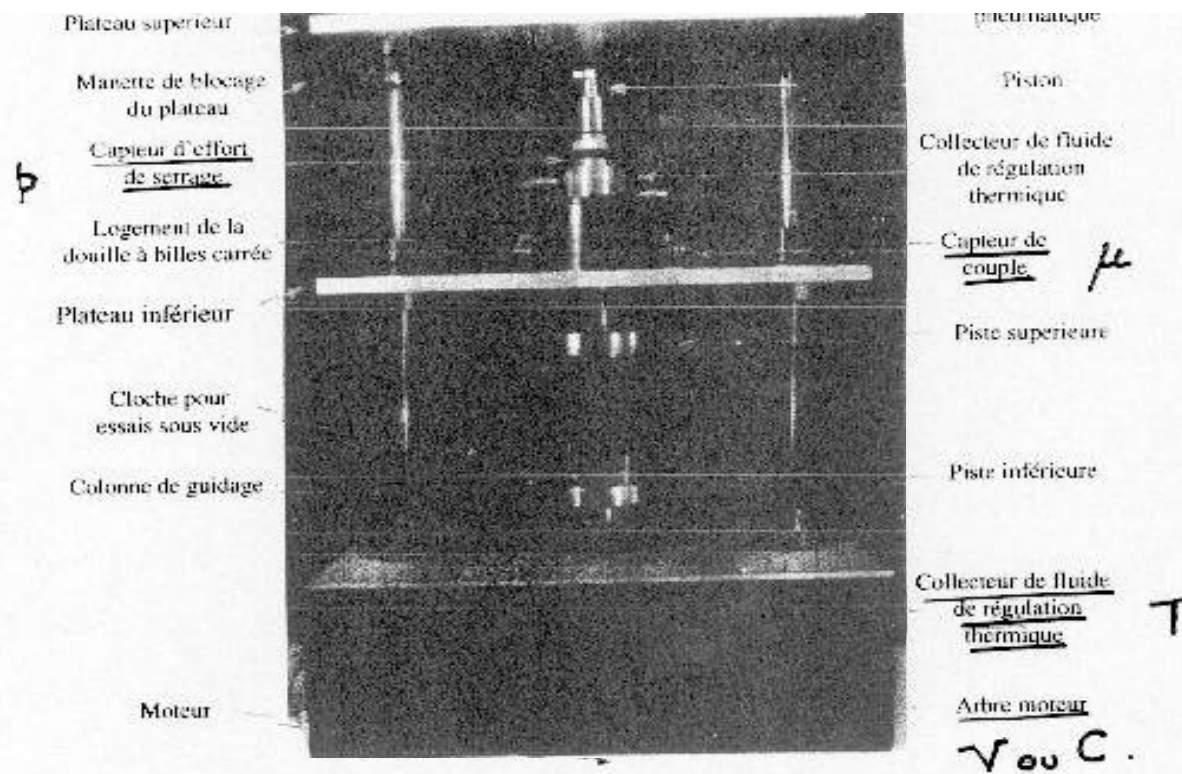


Figure D.1.9 - Interprétation de l'idéalisation de TRESCA



Le tribomètre rotatif plan-plan du CEMEF.

Le moteur (non vu sur la photo) se trouve sous le bâti de la machine tandis que le vérin pneumatique (non vu sur la photo) se trouve tout en haut.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES:

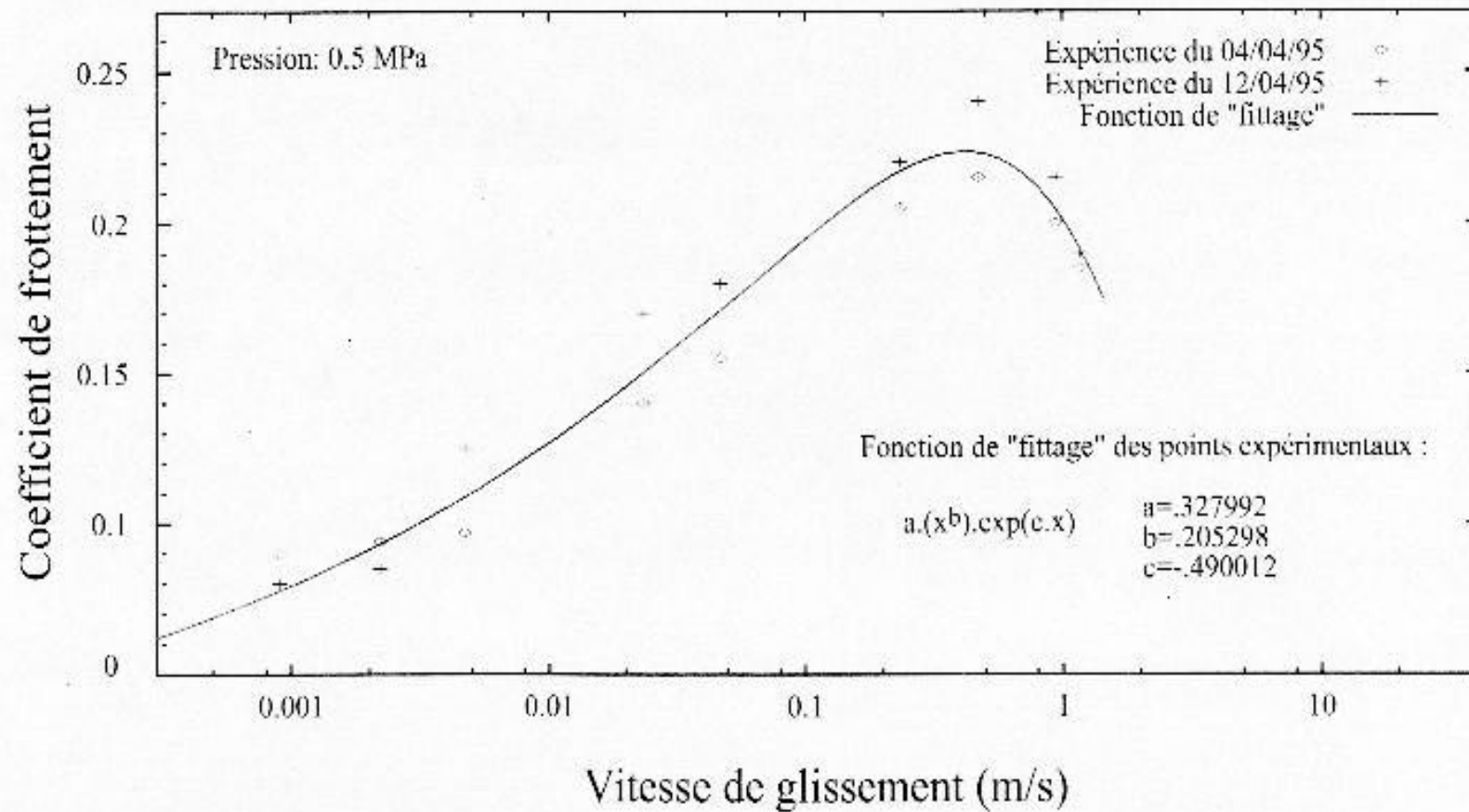
- Force de serrage: 0 à 2500 N
- Vitesse de glissement: 0 à 150 trs/min
- Couple mesuré: 0 à 100 N.m
- Température: -40 à +100°C
- Possibilité de piloter soit en force, soit en couple, soit en vitesse

Le coefficient de frottement μ est le rapport de la force résistante sur la force de serrage et il est calculé selon:

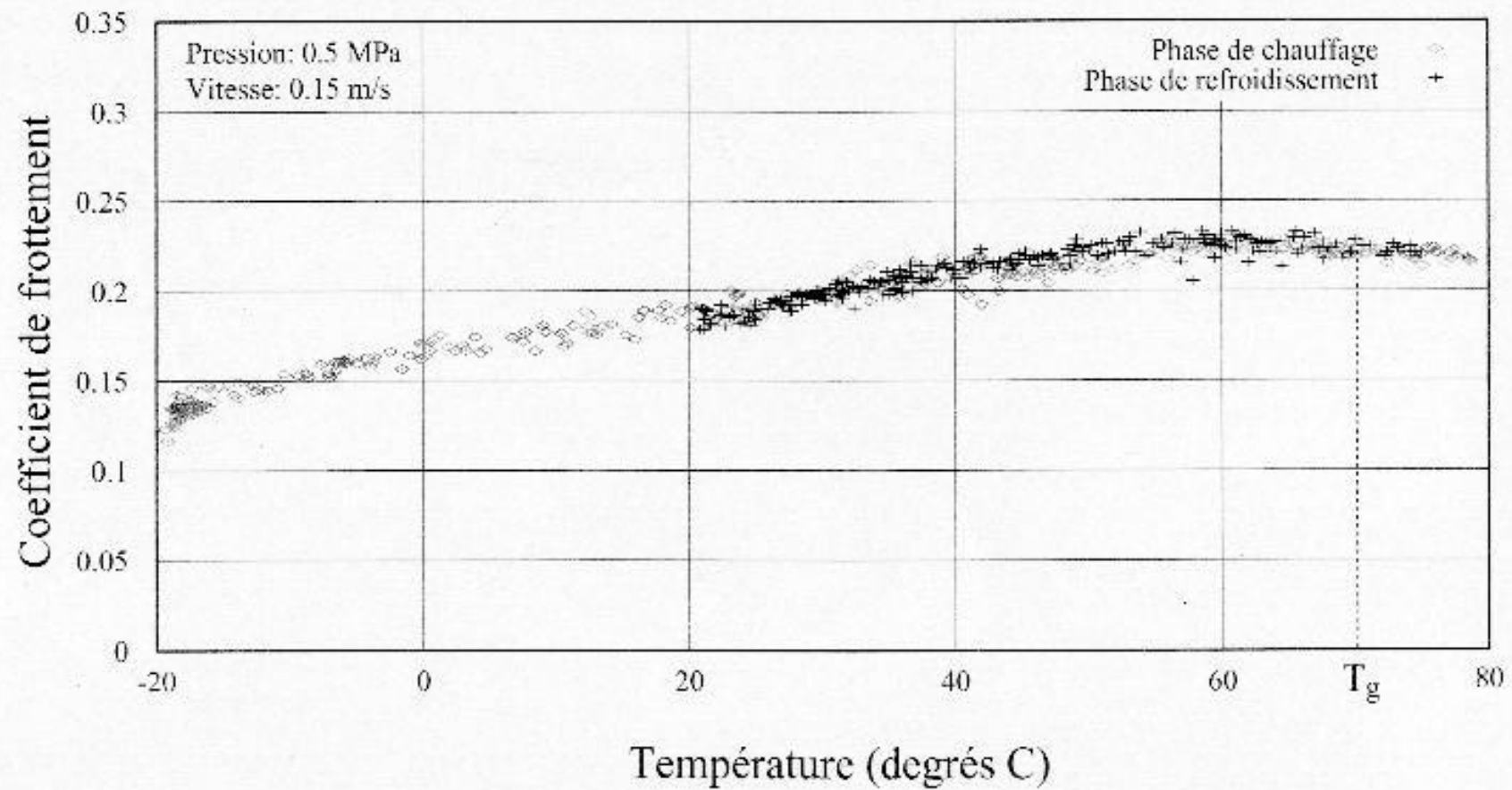
$$\mu = \left(\frac{\Gamma}{F} \right)$$

où Γ est le couple mesuré, r le rayon de la piste de frottement et F la force

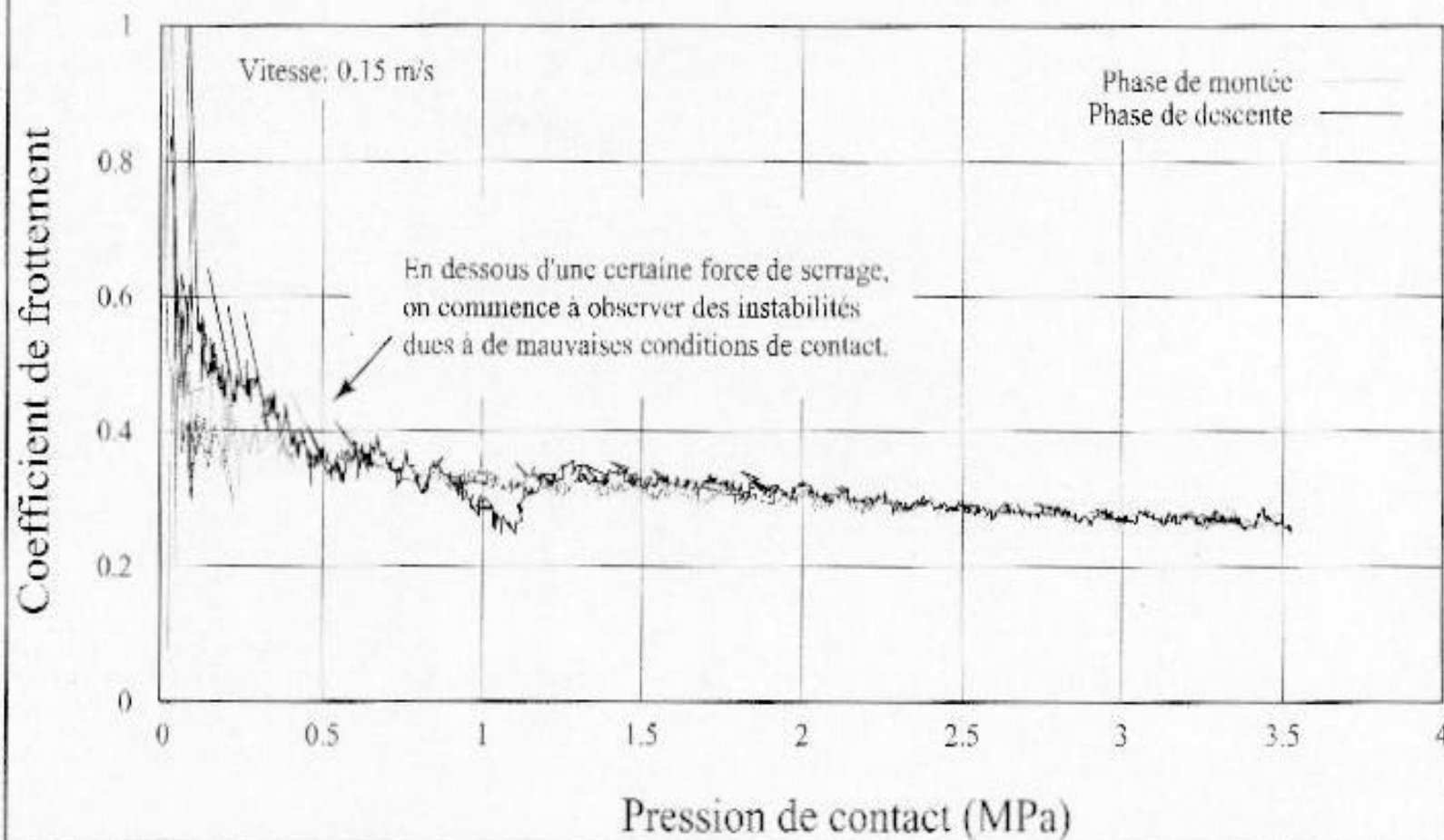
COMPOSITE POLYESTER AROMATIQUE - PTFE (EKONOL) INFLUENCE DE LA VITESSE SUR LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT



COUCHE DE POLYESTER (PET): INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

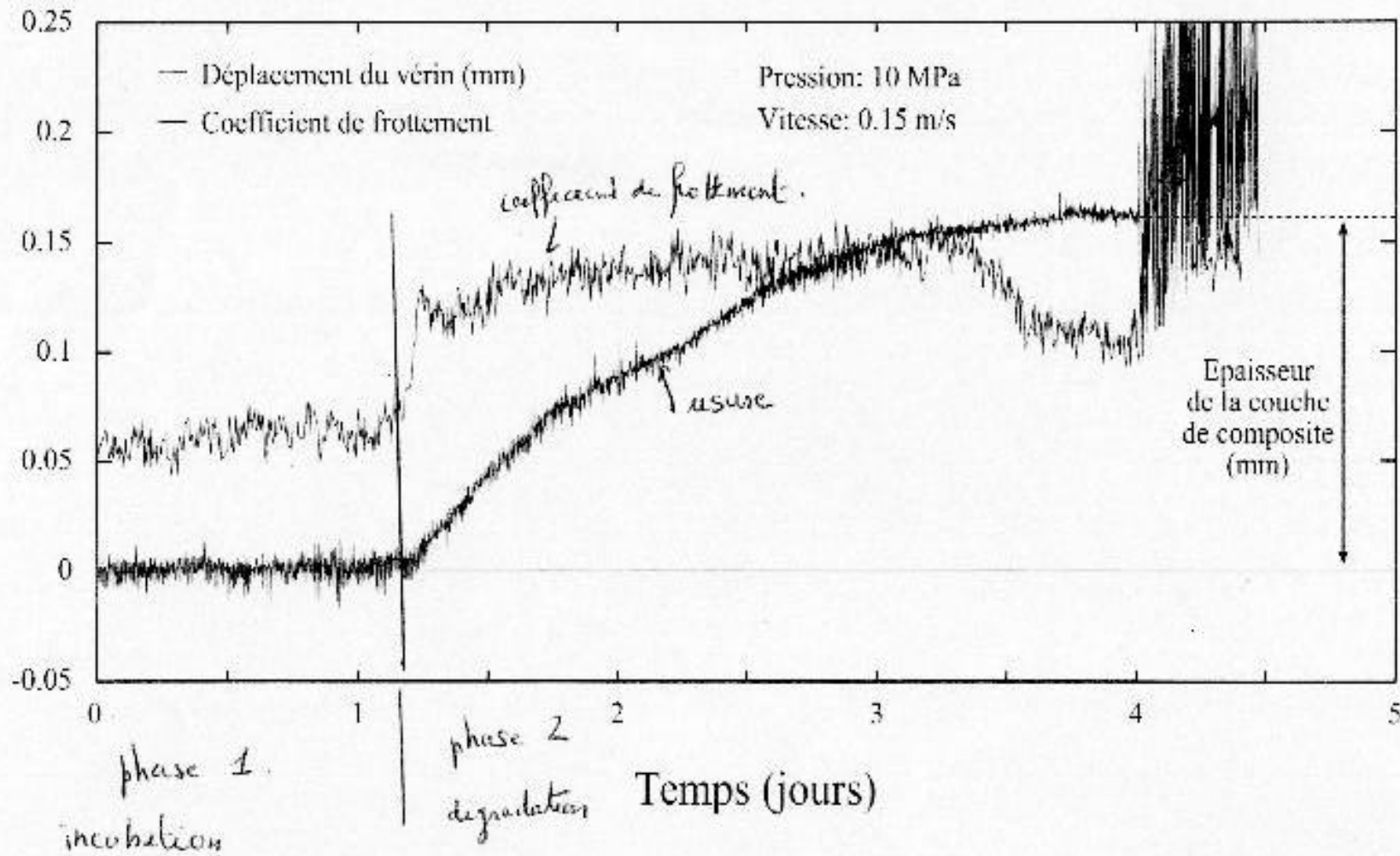


COMPOSITE PEEK- 10% PTFE - 10% Fibre de carbone - 10% MoS₂
INFLUENCE DE LA PRESSION DE CONTACT



PEEK + fibres carbone + graphite + PTFE

COUCHE DE PEEK FC 30: FROTTEMENT ET USURE vs TEMPS



4.5 Mise en évidence d'un effet de seuil d'usure dans un composite chargé en fibres de carbone.

- Point commun: déformation plastique du métal
 mais états de contrainte possibles très variés

- Grande variété d'opérations:

laminage, forgeage, filage, emboutissage, tréfilage et
 étirage, usinages par outils coupants et par abrasion

- Grande variété de conditions de contact (aciers):

- * Vitesse: --> 150 m/s
- * Longueur de glissement: 0 --> 1 m
- * Pressions de contact : 1 MPa et 3 GPa
- * Température : 20°C --> 1200°C
- * Lubrifiants: aucun, liquides, pateux, solides

- Grande variété d'approches tribométriques
 test de l'anneau, bipoinçonnement....

- Points communs:

- * Existence d'analogies avec autres systèmes tribologiques
 ex.: phénomènes hydrodynamiques
 limites et différences pas toujours établies
- * Fortes synergies actuelles entre
 simulation numérique
 tribométrie

APPROCHES CEMET DE LA TRIBOLOGIE DE L'EMBOUTISSAGE

Moyens expérimentaux

- * Tribomètre plan-plan
- * Presse d'emboutissage instrumentée

Moyens complémentaires d'interprétation

- * Analyses chimiques superficielles (TOF-Sims, XPS)
- * Rugosimétrie tridimensionnelle
- * Mesure des déformations et de la distribution d'épaisseur
- * Simulation numérique (emboutissage, microplasticité)

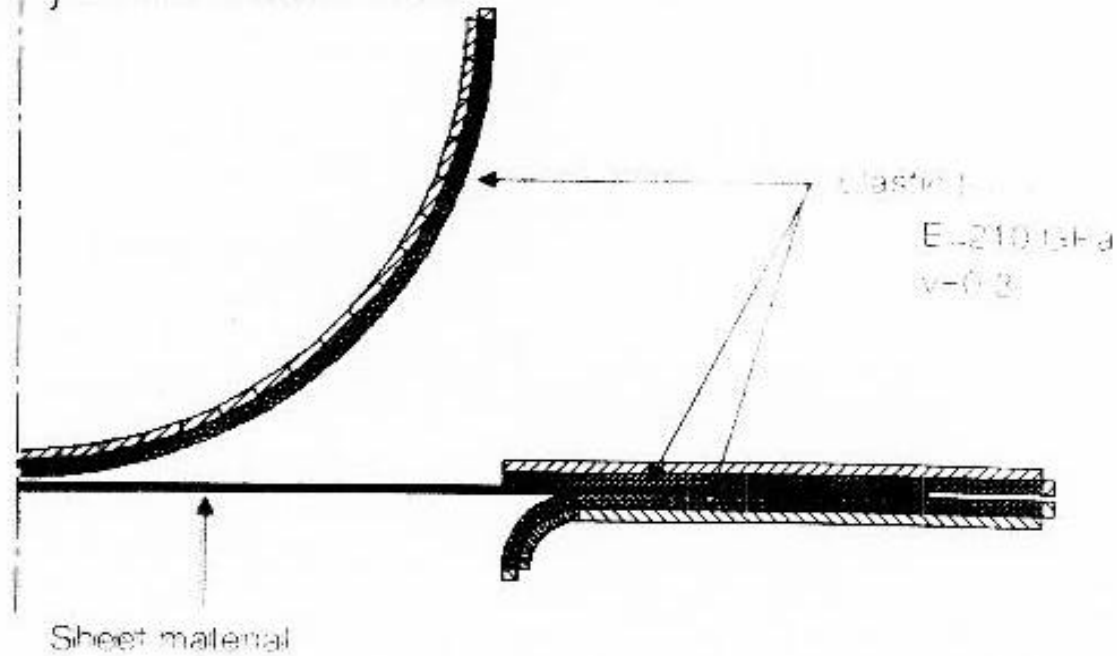
Buts de l'approche tribométrique

- * formulation de la loi de frottement
→ simulation numérique
- * performances des additifs de lubrifiants
→ tribochimie
- * performances des revêtements d'outils
- * risques de grippage de tôles

Simulation

General presentation / Materials rheology

opération axisymétrique simulée sur FEA 6-2 ③



$e = 0.8 \text{ mm}$

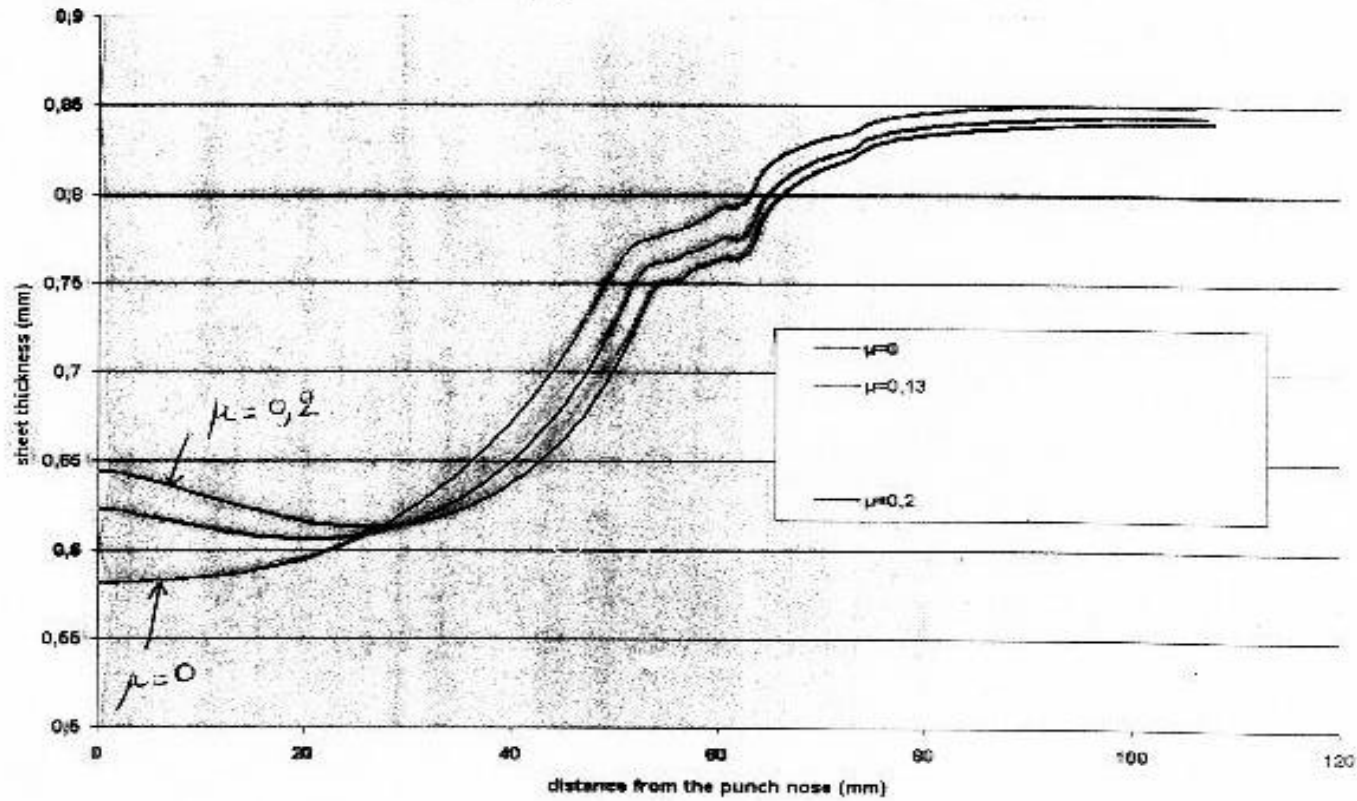
elastic / $E = 210 \text{ GPa}$ and $\nu = 0.3$

plastic / $K = 510 \text{ MPa}$ $n = 0.23$



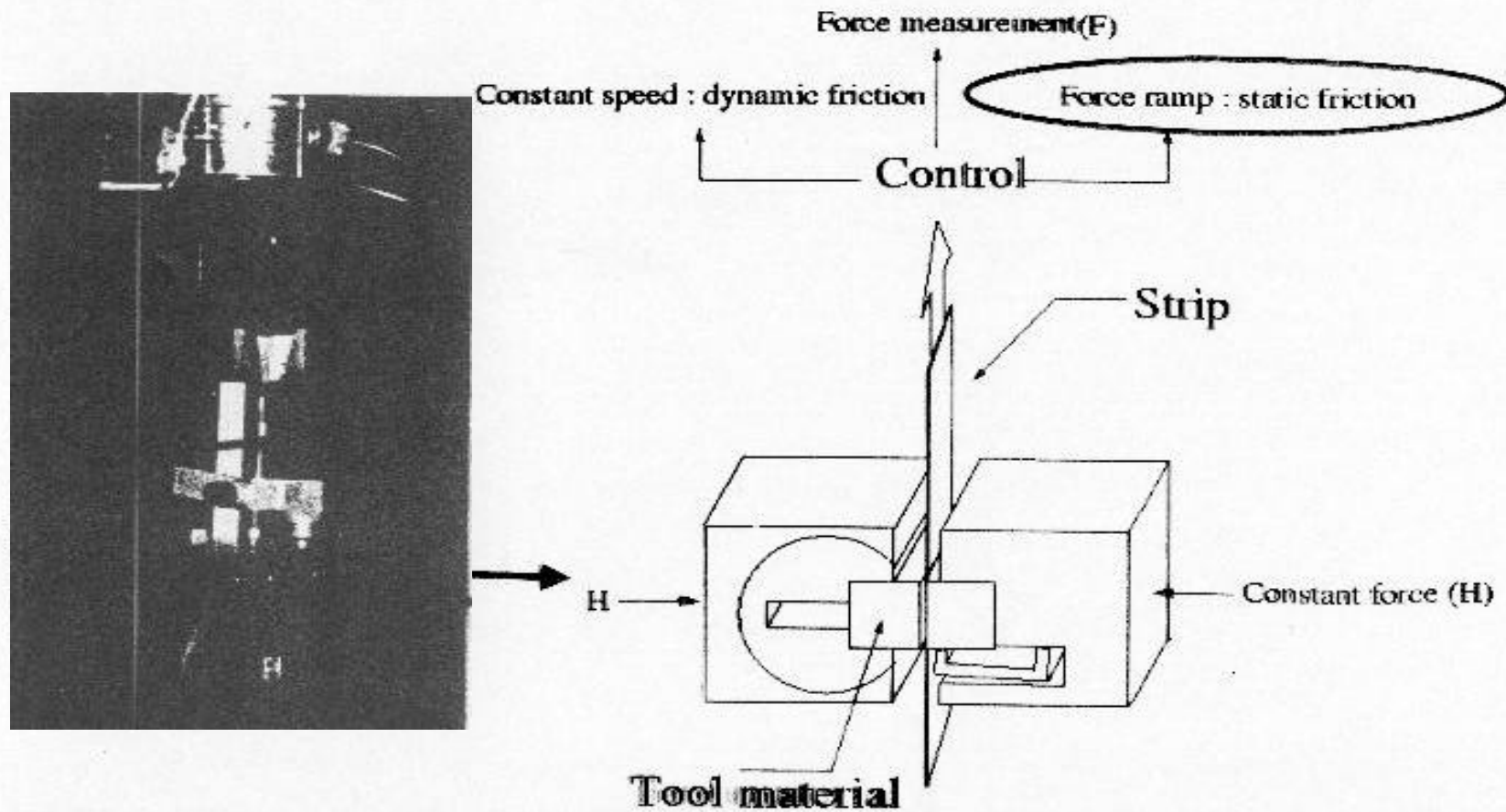
Simulation numérique : Effet du frottement sur la distribution d'épaisseur de la tôle
Results / global friction

Constant μ (no use of local friction law)



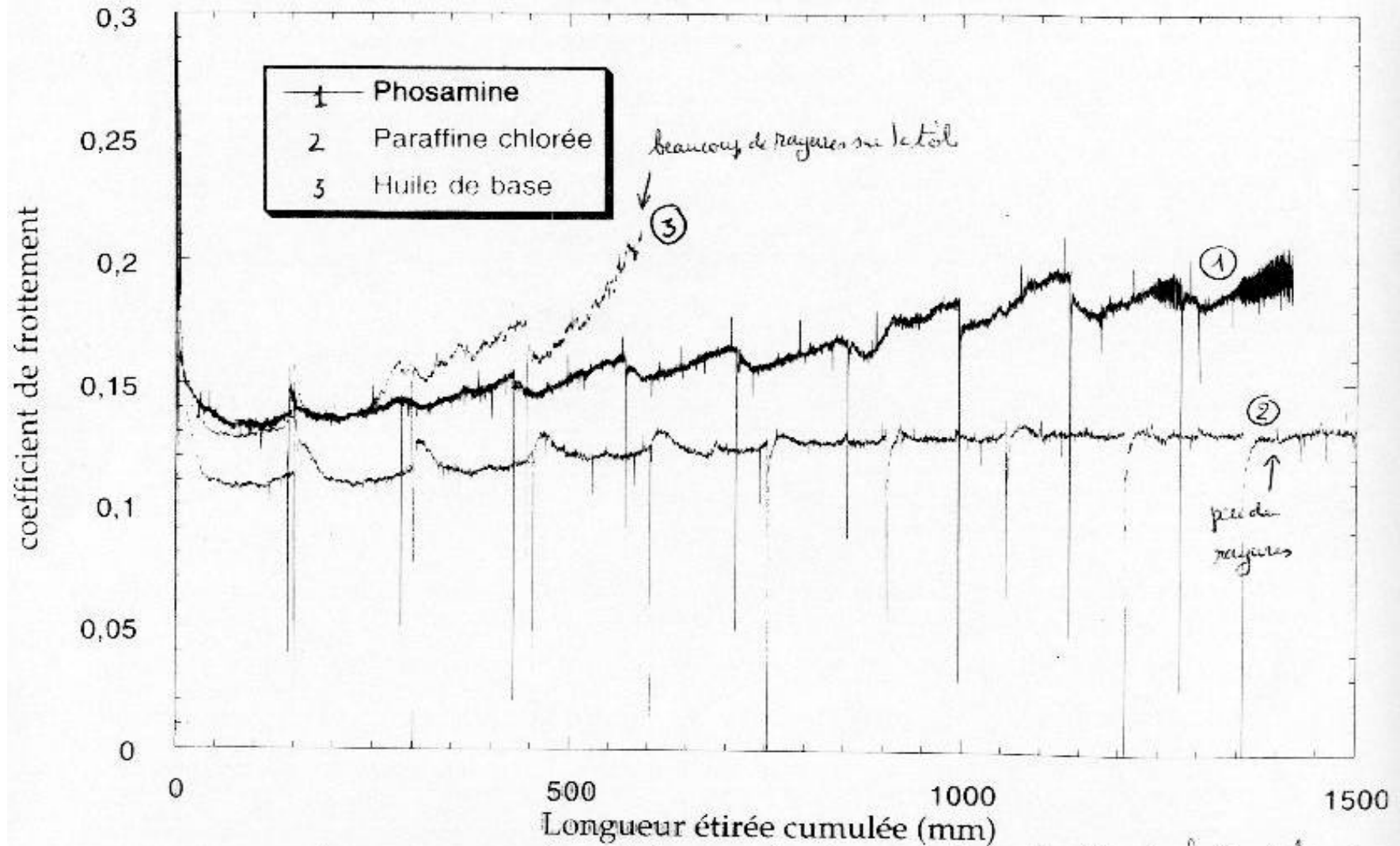
dynamic
Determination of the static coefficient of friction

le tribomètre
The friction device



tôle inox -

Etirage plan 7.5 MPa 7.5 mm/s



Exemple d'influence du type d'additif (de nature chimique \neq) sur l'évolution du frottement lors de