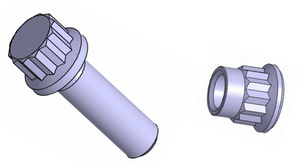
Tribologie des assemblages boulonnés des structures d'aéronefs

Komla Apélété Kounoudji[1], Mathieu Renouf[2], Guilhem Mollon[1], Yves Berthier[1]

[1]LaMCoS, INSA-Lyon [2]LMGC, Université de Montpellier

Projet R&T CARAB

Problématique: fiabilité et intégrité structurale des assemblages boulonnés



vis + écrou

boulon

Boulons, des milliers dans les structures d'aéronefs

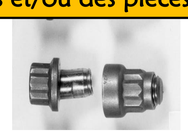
3 500 boulons

50 000 boulons

3 000 000 boulons

1- Serrage incertain! Soit insuffisant, soit excessif
2- non maîtrise des performances tribologiques des surfaces

Résultats: défaillances notamment autodesserrage, voire rupture des boulons et/ou des pièces serrées



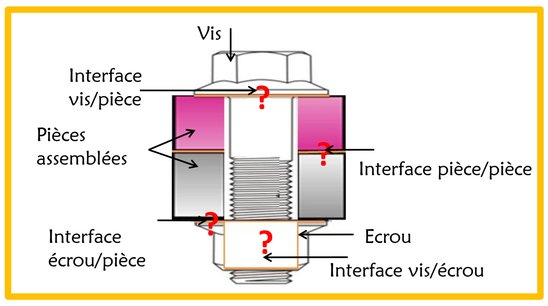
Solutions actuelles : choix de coefficients de sécurité très élevés

Conséquences: surdimensionnement, plus de consommation en carburant et plus de Co_2 dans l'atmosphère sans toutefois maîtriser les défaillances

Source d'erreurs

Assemblage boulonné, toujours perçu comme une boîte noire

Tribologie



Analyse tribologique expérimentale des 3 phases du cycle de vie des assemblages boulonnés

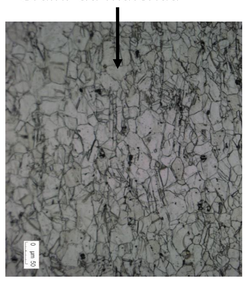
Cycle de vie des assemblages

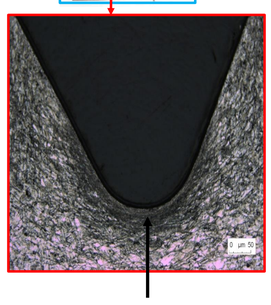
Fabrication

Roulage des filets

Avant roulage / Après roulage

Grains du matériau



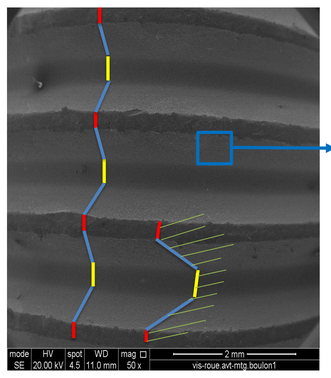


Affinement des grains du cœur vers la peau des filets: Transformations Tribologiques Superficielles(**TTS**)

TTS, quelles conséquences sur l'intégrité structurale des pièces?? Augmentation de dureté, fragilité? Fissuration?

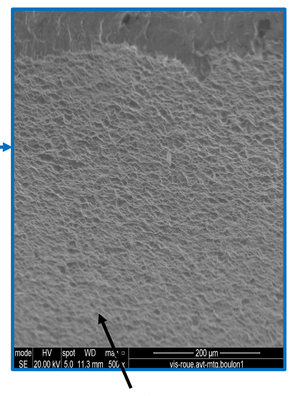
Revêtement: argentage

Vis



Code couleurs

Flanc
Creux
Sommet



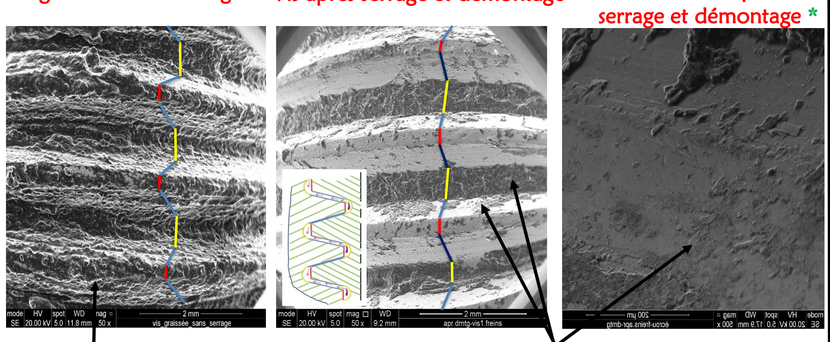
Rugosités de l'argentage

Ecrou (idem)

Morphologie de l'argentage, rôle de traceurs de conditions locales de contact pour la suite de l'étude

Serrage

Vis graissée avant serrage / Vis après serrage et démontage * / Flanc d'écrou après serrage et démontage *



Graisse = graphite (50%en masse) + huile de paraffine + cire minérale

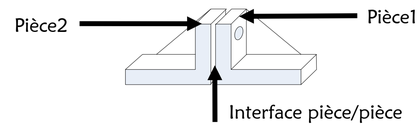
3ème corps (mixture argent+graphite)

* Après serrage, démontage par découpes (sans dévisser!) pour ne pas perturber les conditions locales de contact au desserrage

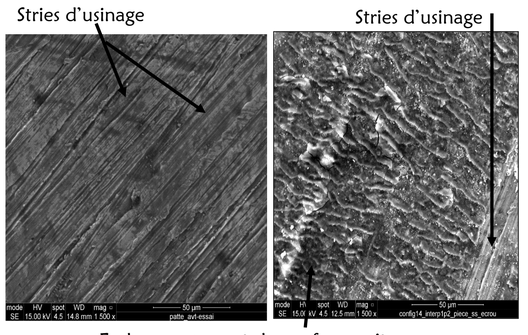
- Assèchement de la graisse et formation de 3ème corps ''sec-solide'' (mixture graphite+argent)
- Ce 3ème corps joue le rôle de maintien de la précharge. Son éjection en ''service'' entraîne l'autorelâchement des assemblages

''Service'': essais vibratoires

Interface pièce/pièce à expertiser



Surface avant essais (pièces 1 et 2) / Surface après essais



Endommagement des surfaces suite aux microglissements/microdécollements (3ème corps)

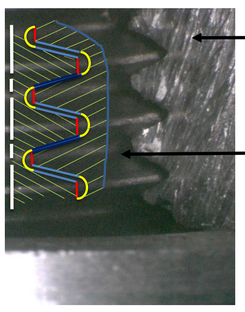
3ème corps

- Si éjecté, perte de côtes entraînant autorelâchement des assemblages
- Si piégé, possible augmentation des contraintes dans les assemblages entraînant fatigue

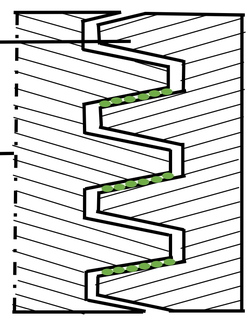
Analyse tribologique numérique de la phase serrage

De l'interface réelle à la modélisation

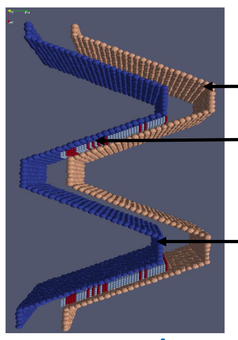
Interface vis/écrou réelle



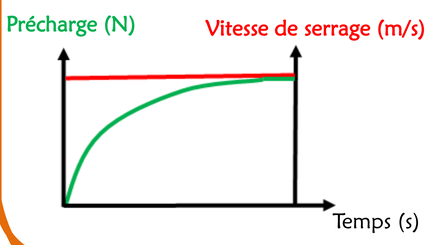
Modèle proposé



Modélisation par la Méthode des Eléments Discrets (DEM)

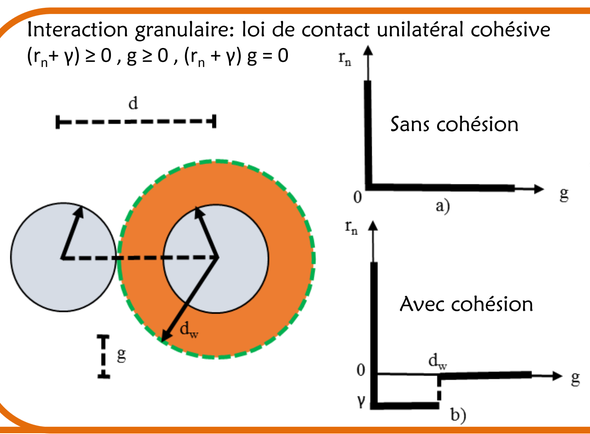


Conditions aux limites en serrage



Interaction granulaire: loi de contact unilatéral cohésive

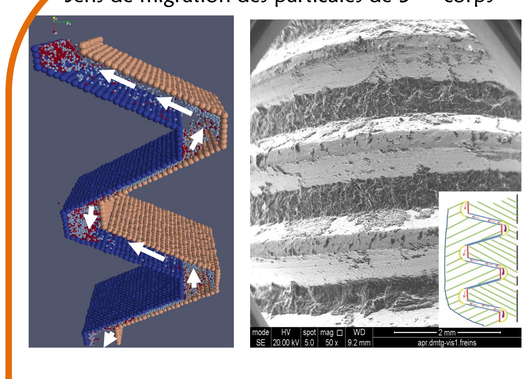
$(r_n + \gamma) \geq 0$, $g \geq 0$, $(r_n + \gamma)\, g = 0$



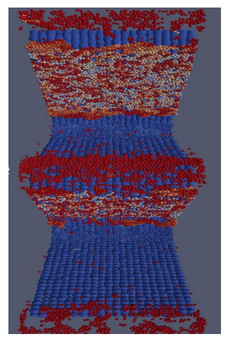
γ: force de cohésion au contact agissant sur une distance d_w
r_n: force de contact
g: gap entre particules

Résultats

Sens de migration des particules de 3ème corps

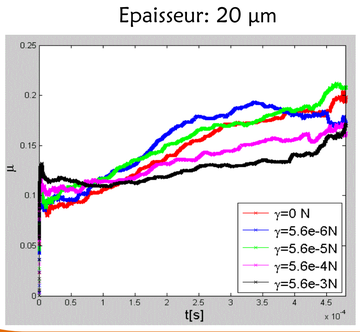


Intérieur du contact et sa dynamique

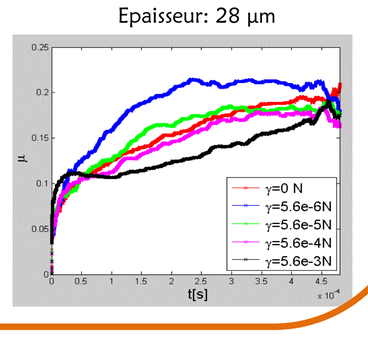


Valeurs de frottement pour deux paramètres: la **force de cohésion γ** au sein des particules de 3ème corps et l'**épaisseur** de ce 3ème corps dans le contact

Epaisseur: 20 µm



Epaisseur: 28 µm



La valeur du frottement diminue quand la cohésion au sein du 3ème corps augmente. Connaître la valeur réelle de la cohésion reviendrait à maîtriser le serrage.

Conclusion et perspectives

La maîtrise de la fiabilité et de l'intégrité structurale des assemblages boulonnés nécessite une bonne connaissance de leur cycle de vie. Cette étude constitue aussi un 1er pas vers la modélisation multiphysique des assemblages où le frottement est une sortie du modèle plutôt qu'une entrée.

Colloque MAIA-Safran Tech, 1-2 avril 2015

komla-apelete.kounoudji@insa-lyon.fr
LaMCoS, Université de Lyon, CNRS, INSA-Lyon UMR5259, 18-20 rue des Sciences - F69621 Villeurbanne Cedex