

Étude Physique du Bruit de Crissement des Courroies Poly-V en Atmosphère Humide

S. Gatignol, A. Le Bot, T. Demassougne -

Contexte et définition du problème:

- En présence d'humidité (brouillard, pluie ...) les courroies de transmission des automobiles peuvent émettre un crissement désagréable.
- Celui-ci peut être perçu comme un signe de mauvaise qualité par les utilisateurs et il est donc nécessaire pour les constructeurs de le supprimer
- Ce bruit est émis au niveau du contact entre la poulie et la courroie

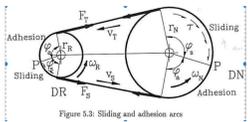
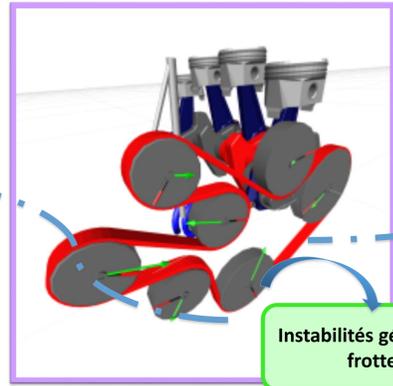


Schéma de la transmission de puissance par courroie: existence d'un arc glissant et d'un arc adhésif

Autre scénario 1: Instabilité du point orthogonal
Le point de jonction entre les arcs glissant et adhésif se déplace le long de l'arc d'enroulement à haute fréquence)



Instabilités générées par le frottement

Autre scénario 2: Instabilités des brins libres de la courroie:
Fréquences inférieures au bruit de crissement
Peuvent cependant participer à l'excitation du système



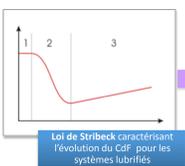
Échantillon de courroie poly-V

Identification de l'instabilité de frottement

Principaux phénomènes et modèles d'instabilités de frottement

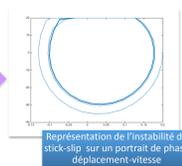
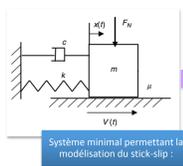
Equation du mouvement d'un oscillateur avec frottement et excitation extérieure: $m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) + k x(t) = F_f(\dot{x}, x, t) + F_{exc}(t)$

Pente négative: décroissance du μ_k pour $V_{glissement}$ croissante

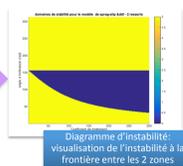
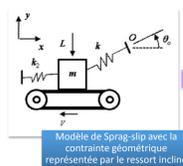


$$c/N - \frac{\partial \mu(V_r)}{\partial V_r} \leq 0$$

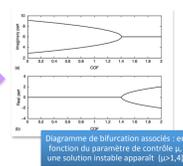
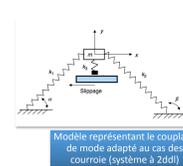
Stick-slip: alternance de phases collées et glissées



Sprag-slip: arc-boutement issu de contraintes géométriques



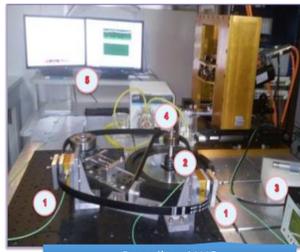
Mode-Coupling: couplage entre 2 modes propres d'un système



Identification expérimentale sur le banc d'essai LUG

Un système adapté :

- Reproduction du contact poulie courroie
- Mesures expérimentales:
 - Coefficient de frottement moyen (sur l'arc d'enroulement)
 - Vitesse de rotation de la poulie contrôlée (0,001 → 1000 tr/min)
 - Mesure de vibrations de la courroie
 - Enregistrement du bruit
 - Quantité d'eau injectée



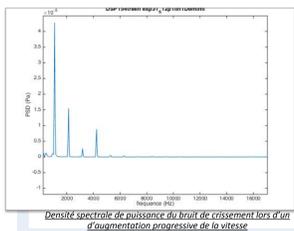
Banc d'essai LUG

Mais à valider expérimentalement:

- Reproductibilité des expériences
 - → OK
- Hiérarchisation de la performance des courroies par rapport aux expériences sur moteur:
 - → plutôt cohérente
- Comparaison des spectres par rapport aux expériences moteurs
 - → fréquence propre différente

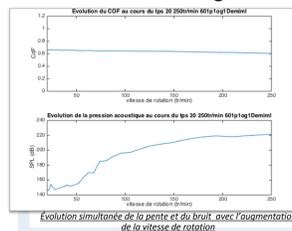
Identification expérimentale sur le banc d'essai LUG

Analyse du spectre du crissement



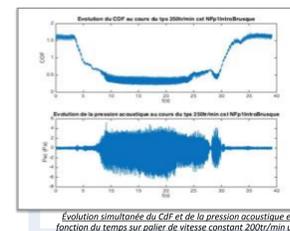
1 unique mode propre excité ($f_0 = 875-1096\text{Hz}$)
Bruit harmonique
Peu d'évolution avec la vitesse de glissement croissante

Évolution du CdF et apparition du bruit avec $V_{glissement}$ croissante



Pente faible, quasi linéaire:
Pas de passage au régime mixte
Maintien du bruit tant que la pente est négative

Autres observations qualitatives



Apparition du bruit avec la chute brusque du CdF lors de l'introduction d'eau
Disparition du bruit à l'assèchement

CCL: Critère de pente semble insuffisant pour justifier de l'apparition du bruit

Analyse fine du frottement à l'interface

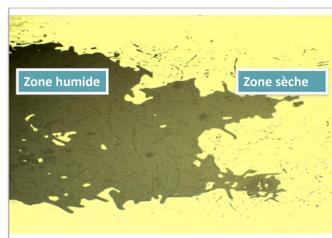
Observation microscopique du contact sur le tribomètre rotatif LUG



Module « cloche » installé sur le banc LUG avec un échantillon de courroie

- Mesures réalisées :
- Coefficient de frottement (via force de contact normale et tangentielle)
 - Vitesse de glissement
 - Enregistrement du bruit
 - Vibrations tangentielles

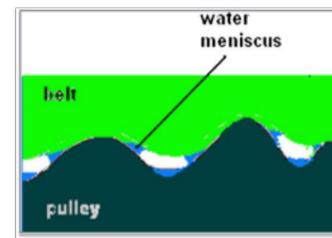
Identification microscopique des différentes phases à l'interface



Observation microscopique de l'interface entre un disque en verre et un échantillon de courroie lorsque l'eau pénètre dans le contact

- 3 phases distinctes:
- Contact entre aspérités
 - Présence d'eau
 - Bulles d'air résiduelles dans la zone humide (même lorsque le contact est totalement humide)

Hypothèse de la présence forces de capillarités



- Lorsque de l'air est présent dans le contact:
- Création de ménisques d'eau → Création de forces de tension de surface → Augmentation substantielle du frottement

CCL: Mise en évidence de la présence d'air et d'éventuelles forces de capillarités

Perspectives

Développement du banc expérimental:

- Compréhension de la différence de fréquence propre entre les bruits sur banc et sur moteur afin d'attester de la fiabilité du banc
- Compréhension du comportement vibratoire local de la courroie pendant l'instabilité (mesure par accéléromètres et/ou caméra)

Modélisation de l'instabilité:

- Introduction de systèmes à plusieurs degrés de liberté
- Introduction de non-linéarités
- Éventuellement: forces d'excitation et excitation paramétrique

Analyse fine du frottement:

- Conclure quant à la présence éventuelle de forces de capillarités et leur lien avec le phénomène d'instabilité
- Compréhension des phénomènes microscopiques engendrant une modification macroscopique du frottement