

LP n° 1 Titre : Contact entre deux solides. Frottements

Présentée par : Samuel Zouari
Djadojee

Rapport écrit par : Lionel

Correcteur : Robin Zegers

Date : 12/11/2018

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Mécanique	J-P Perez	Dunod	2014
Mécanique 2	BFR	Dunod	1984
Physique Spé MP*, MP, PT*, PT	Gié	Tec et Doc	2000

Niveau : CPGE

Prérequis : Mécanique du point et du solide

I. Actions de contact

1) Modélisation macroscopique

Notion d'action de contact ; contact ponctuel idéal

2) Modélisation microscopique

II. Lois du frottement

Expérience : pavé en bois sur support en bois, tracté par des poids de masse différente : mise en évidence des régimes statiques et cinétiques

1) Frottement statique

Cas simple du pavé immobile soumis à une force tangente au plan horizontal ; estimation du coefficient de frottement statique à partir de l'expérience

2) Frottement cinétique

Notion de vitesse de glissement

III. Conséquences

1) Arc-boutement

Solide sur un plan incliné ; notion de cône de frottement

2) Pertes d'énergie

Calcul de la puissance dissipée ; diminution de l'énergie mécanique

IV. La roue

Roulement sans glissement ; PFD, TMC

Conclusion : lois phénoménologique pour traiter le problème ; ouverture sur les problématiques liées au frottement : adhérence d'une roue, lubrification.

Plan détaillé

Questions posées par l'enseignant

- [?] Pouvez-vous définir de manière générale la vitesse de glissement ?
- [?] Amontons ; Coulomb, qui d'autre ? Léonard de Vinci d'abord
- [?] Dimension du coefficient de frottement statique ? Indépendant de la surface de contact, pouvez-vous préciser ? Que Coulomb a-t-il postulé ? → dépend uniquement de la nature des surfaces. Et en réalité ?
- [?] Comment mesurer coefficients de frottement plus proprement qu'avec l'expérience semi-quantitative que vous avez présentée ? Coefficient de frottement dynamique, comment le mesurer ?
- [?] Comment faire comprendre à des étudiants que coefficient de frottement cinétique est inférieur en général au coefficient de frottement statique ? Un exemple de la vie courante (le meuble !) ? (Commentaire du correcteur : on peut illustrer l'inégalité dans les lois de Coulomb par ce type d'exemples concrets)
- [?] Coefficient de frottement cinétique plus important que statique, général ?
- [?] Pourquoi conseille-t-on de freiner par à-coups ? Système anti-blocage, avez-vous une idée de comment il fonctionne ? Si je bloque les roues d'un coup, que se passe-t-il ?
- [?] Comment faire comprendre à des étudiants, de manière intuitive, la notion de frottement de pivotement ? Quelle est la dimension du coefficient de frottement en question, et comment la comprendre ? (voiture avec pneus larges, sans direction assistée il devient presque impossible de tourner les roues...)
- [?] Exemple de la vie courante où on a phénomènes d'arc-boutement ? → Angle des filets de la vis
- [?] Roue, contact ponctuel, réellement ?
- [?] Origine microscopique : effets électromagnétiques, et de mécanique quantique, pouvez-vous préciser ? Quels genres d'interaction attend-on ? → Van der Waals
- [?] Vous avez fait un dessin avec des aspérités, quelle échelle ? $0.1 \mu\text{m}$ (dépend vraiment de la rugosité, peut aller jusqu'à 0.1 mm)
- [?] On sait maintenant préparer surfaces extrêmement lisses : on fait croître cristaux de très grandes tailles, que l'on clive : surface de l'ordre du centimètre carré → soudure à froid : si on met en contact deux telles surfaces, elles se soudent
- [?] Notion d'aire réelle de contact ? Si pression augmente, l'aire de contact diminue, augmente ? Comment mesurer l'aire réelle de contact, par exemple avec pièces conductrices ? D'autres techniques, avec d'autres types de matériaux ? En transférant autre chose que des électrons, typiquement pour des

matériaux : En transférant autre chose que des électrons, typiquement pour des contacts entre matériaux transparents ?

- ☐ ? Vous avez ouvert sur la lubrification, pouvez-vous nous en dire plus ? →
courbe de Stribeck

Commentaires donnés par l'enseignant

Plan : Définir plus proprement la vitesse de glissement, notion clé ; Partie sur les actions de contact, ok. Résistance au glissement : pas clair si vitesse de glissement pas définie. Lois de Coulomb, ok. Sur la manip, serait intéressant et plus propre de faire un plan incliné plutôt que de simplement trouver une borne inférieure. Indispensable d'illustrer inégalité sur lois de frottement avec exemple concret. Concernant l'arc-boutement : éventuellement parler des vis, du tiroir de travers, serre-joint en menuiserie. Collé-glissé peut être intéressant.

Point manquant dans le plan : aspects microscopiques. Nuancer ce modèle : beaucoup plus subtil que juste les aspérités (surfaces lisses à l'échelle atomique : ce sont les plus gros coefficients de frottement que l'on connaisse).

Partie réservée au correcteur

Avis sur le plan présenté

Les aspects cinématiques (point de contact, vitesse de glissement...) et la description des actions de contacts doivent être présentés en début de leçon. faute de quoi on passe la leçon à ne pas savoir de quoi on parle. Une alternative serait de les mettre en prérequis, mais cela semble difficilement justifiable.

Concepts clés de la leçon

Point de contact. Vitesse de glissement.

Actions de contact.

Lois de Coulomb, coefficients de frottement statique et dynamique, cône de frottement.

Aire réelle de contact. Doit figurer dans le discussion des aspects microscopiques. Elle est aisément introduite avec la notion de rugosité des surfaces en contact.

Concepts secondaires mais intéressants

Collé-glissé (source de nombreux exemples d'application des frottements solides dans la vie courante. Application intéressante aux séismes, cf. réf. dans la bibliographie conseillée.)

Hystérésis mécanique.

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Pavé sur un plan incliné.

Règle de Sommerfeld.

Expérience de Timochenko ?

Points délicats dans la leçon

Aspects microscopiques doivent être suffisamment compris pour éviter les contre-sens, en particulier sur l'influence de la rugosité. (Modèle de Bowden et Tabor relativement intuitif et reproduit bon nombre d'observations).

Aspects énergétiques.

Bibliographie conseillée

Christopher H. Scholz, Earthquakes and friction laws, NATURE, Vol. 391, Jan. 1998.