



## TD M2 – LOIS DE LA DYNAMIQUE

D.Malka – MPSI 2017-2018 – Lycée Saint-Exupéry

### M1 – Distance d'arrêt sur autoroute

On s'intéresse aux distances d'arrêt et de freinage sur autoroute. On fournit les documents 1, 2 et 3.

1. Evaluer la distance parcourue par un véhicule sur autoroute durant le temps de réaction.
2. Supposons qu'au cours du freinage, le frein bloque les roues du véhicule et que le freinage résulte du frottement entre les pneus et la route. Evaluer la distance de freinage sur autoroute.
3. Commenter et discuter.

#### Doc.1 – Distances d'arrêt et distance de freinage

La distance d'arrêt d'un véhicule est la somme de la distance parcourue par ce véhicule pendant le temps de réaction  $t_R$  du conducteur et de la distance de freinage. On estime à 1 s le temps de réaction moyen avant freinage.

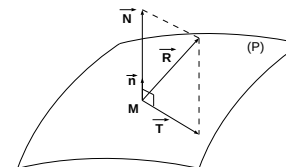
La distance d'arrêt d'un véhicule est d'autant plus élevée que sa vitesse est élevée. Une bonne estimation de cette distance peut-être obtenue en multipliant par lui-même le nombre de dizaines de la vitesse exprimée en  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ .  
Exemple : à  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , la distance d'arrêt est d'environ  $5 \times 5 = 25 \text{ m}$ .

Extrait du site [www.securite-routiere.gouv](http://www.securite-routiere.gouv).

#### Doc.2 – Lois du frottement solide pour une translation

Soit un système solide en contact avec un support solide et en translation à la vitesse  $\vec{v}$  par rapport à ce support. Le système subit :

- la réaction normale  $\vec{N}$  : orthogonale au support, sa norme dépend du mouvement du système et des autres forces ;
- la réaction tangentielle ou frottement solide  $\vec{T}$ , orthogonale à  $\vec{N}$ .



Il y a non glissement (i.e.  $\vec{v} = \vec{0}$ ) tant que  $T < N$ . En cas de glissement,  $\vec{T}$  est colinéaire de sens opposé à  $\vec{v}$  et sa norme vaut  $T = \mu N$  où  $\mu$  est le coefficient de frottement dynamique relatif aux surfaces en contact.

#### Doc.3 – Quelques coefficients de frottement

matériaux	coefficient de frottement dynamique
acier sur acier	0,40
pneu sur béton sec	0,70
semelle de cuir sur bois	0,20

## M2 – Ascension des bulles de champagne

On considère les bulles migrant vers la surface d'une flûte emplies de champagne. Ces bulles, de rayon  $r \approx 200 \mu\text{m}$ , en moyenne sont essentiellement constituées de dioxyde de carbone. On considère un modèle d'ascension purement verticale des bulles dans lequel, outre au poids, elles sont soumises :

- à la poussée d'Archimède  $\vec{P}_i = -\rho_{ch} V \vec{g}$ ;
- à la force de Stokes  $\vec{f} = -6\pi\eta r \vec{v}$ .

avec  $\rho_{ch}$  la masse volumique du champagne,  $\eta = 1,3 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$  la viscosité dynamique du champagne,  $V$  le volume de la bulle,  $\vec{g}$  le champ de pesanteur.



<https://lejournal.cnrs.fr/videos/champagne-lodysee-des-bulles>

FIGURE 1 – Bulles de champagne à la surface d'une flûte

1. En supposant que le dioxyde de carbone est à pression et température ambiante, déterminer la masse moyenne  $m$  d'une bulle de champagne.
2. Ecrire l'équation différentielle vérifiée par une bulle de champagne. Que penser du poids de la bulle ?
3. Montrez qu'il existe un régime transitoire de durée  $\tau$  dont on évaluera numériquement la valeur. Commenter. Exprimer alors la vitesse  $v$  des bulles de champagnes en fonction de leur rayon notamment.
4. Des mesures conduisent aux résultats fig.2. Qu'en pensez-vous ?

## M3 – Saut d'une voiture sur une bosse

Une voiture de masse  $m$ , assimilée à un point matériel  $M$ , se déplace le long d'une route bosselée avec une vitesse de norme  $v$  constante. Une bosse est modé-

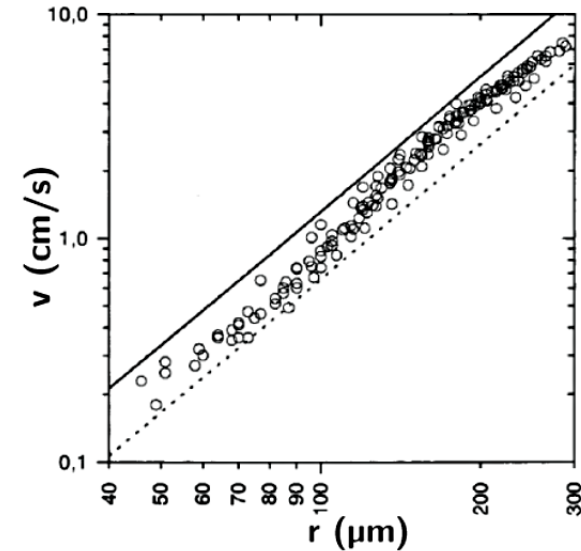


FIGURE 2 – Résultats expérimentaux relatifs à la vitesse ascensionnelle des bulles de champagne. Liger-Belair et al. (2000).

lisée par un arc de cercle  $\widehat{BC}$ , de rayon  $R$  et d'angle d'ouverture  $2\alpha$ , prolongé par ses tangentes en  $B$  et en  $C$  (fig.3). Le référentiel terrestre est supposé galiléen. On se demande à quelle condition la voiture décolle du sol.

1. Dégager, par analyse dimensionnelle, une vitesse caractéristique du problème.
2. Vitesse de décollage. On admet que la voiture décolle au point où la norme de la réaction normale  $\|\vec{N}\|$  s'annule.
  - 2.1 Représenter la réaction tangentielle  $\vec{T}$  de la route sur la voiture. Dans quelle sens est-elle orientée ? Pourquoi ?
  - 2.2 Déterminer l'équation du mouvement de la voiture
  - 2.3 Montrer que  $\vec{a} \cdot \vec{e}_r = -\frac{v^2}{R}$ .
  - 2.4 En déduire une condition sur la valeur de la vitesse  $v$  pour que la voiture décolle en  $\theta$ .
3. On rappelle que  $v$  est constante. Si la voiture décolle, en quel point le fait-elle nécessairement ?

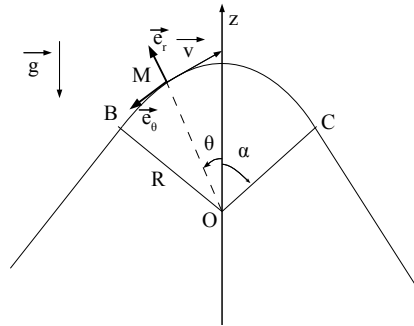


FIGURE 3 – Modélisation de la bosse

### M4 – Amortissement et arrêt d'un oscillateur

On considère un mobile, de centre de masse  $M$  et de masse  $m$ , attaché à un ressort (de raideur  $k$  et longueur à vide  $l_0$ ) dont l'autre extrémité  $O$  est fixe dans le référentiel terrestre  $R$ , supposé galiléen (fig.4). On écarte le mobile de sa position d'équilibre puis on le lâche. Après quelques oscillations, le mobile s'arrête. L'enregistrement du mouvement est représenté fig.5.

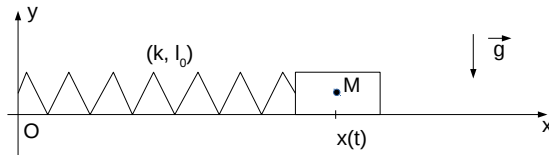
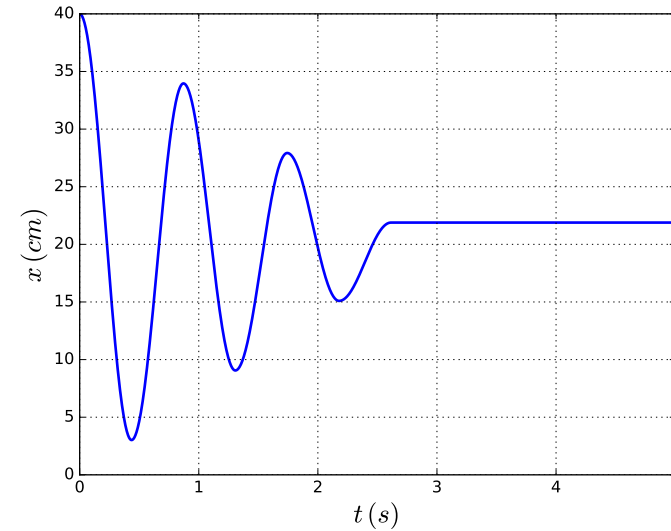
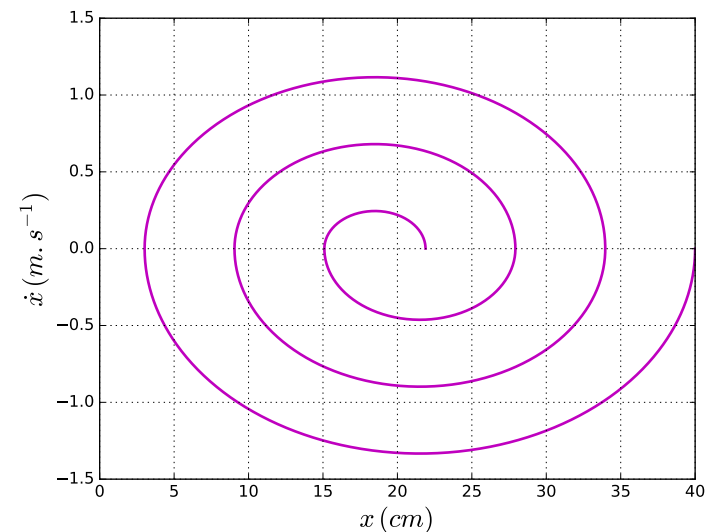


FIGURE 4 – Oscillateur

1. Commenter les graphes fig.5. Peut-on en rendre compte du mouvement par une force de frottement fluide du type  $\vec{f} = -h\vec{v}$  ( $h > 0$ ) ?
2. En supposant que la force de frottement obéisse aux lois du frottement solide (doc.3), borner la position d'équilibre pour  $\mu = 0,12$  du mobile. Ce résultat est-il cohérent avec la trajectoire de phase ?



(a) Amplitude des oscillations



(b) Trajectoire de phase

FIGURE 5 – Mouvement du mobile.  $m = 0,500 \text{ kg}$ ,  $k = 13 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ ,  $l_0 = 20 \text{ cm}$