

TP Goutte

Si l'on dépose une goutte sur une surface lisse elle s'étale si les forces de pesanteur sont plus élevées que les forces capillaires (une toute petite goutte reste sphérique!!)

Si l'on arrive à mesurer la dynamique d'étalement dans le régime inertiel d'après [Guyon2001] le rayon de la goutte varie comme

$$r(t) \sim t^k$$

où le coefficient k varie entre $1/8$ pour une surface lisse et $1/4$ pour une rugueuse.

La conservation de la masse peut nous donner une relation entre le volume de la goutte et le rayon final d'étalement

$$V = h\pi r_f^2$$

où l'épaisseur h dépend des caractéristiques du liquide (tension de surface) et du couple fluide-solide (angle de contact).

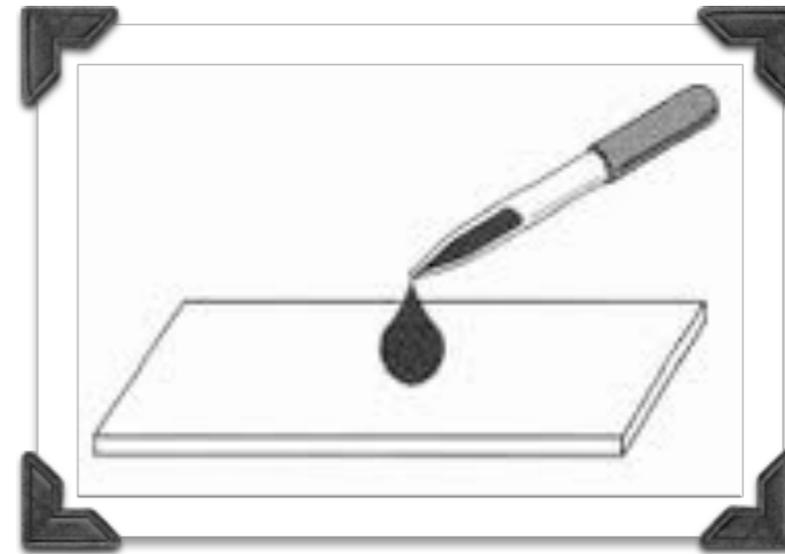
Matériel:

papier buvard, encre, seringue, caméra, billes

Références :

[Guyon 2001] Hydrodynamique Physique, E. Guyon, J.-P. Hulin, L., EDP Sciences, pages 244-47.

[Washburn-Wikipedia] en.wikipedia.org/wiki/Washburn's_equation



Goutte sur papier buvard

Si nous imaginons le papier buvard comme un milieu poreux la goutte va s'étaler mais aussi pénétrer à l'intérieur de la structure

- Peut-on observer deux régimes différents inertiel et puis capillaire (si l'on suppose le milieu poreux comme un réseau imbriqué de tubes capillaires)? (la réponse peut être bien non!)

On rappelle ici que pour une montée capillaire la loi Washburn [Washburn-Wikipedia] donne une loi en $k=1/2$

- le rayon final de la goutte étalée, peut-on nous donner une idée de l'épaisseur «effective» du papier?

Oscillations d'un liquide dans un tube en U

Un liquide mis en mouvement dans un tube en U oscille naturellement. Le but de ce TP est d'élucider l'origine de ces oscillations et de comprendre leurs temps caractéristiques (période, amortissement). Ce phénomène est utilisé pour amortir les coups de bélier dans les imposantes canalisations des centrales hydroélectriques et a servi à étudier les propriétés de l'hélium superfluide aux très basses températures (c'est-à-dire aux alentours de -270°C), auxquelles les techniques classiques d'étude des fluides sont très difficiles à mettre en œuvre.

Matériel : des tuyaux de diamètres variés, de l'eau, du glycérol, du sel, de l'éthanol, un chronomètre. Documents donnant la densité et la viscosité de l'eau salée et du mélange eau-glycérol en fonction de sa composition. Densité de l'éthanol : 0,79. Viscosité de l'éthanol : 1,2 mPa.s.

Que vaut le nombre de Reynolds associé aux oscillations observées avec de l'eau dans le tube de plus grand diamètre ? La période dépend-elle de l'amplitude des oscillations ? du remplissage du tube ? En déduire les grandeurs pertinentes à prendre en compte dans l'analyse dimensionnelle du processus. En déduire une forme pour la loi d'échelle pour la période des oscillations T .



Vous pourrez aussi établir l'expression de T en effectuant une modélisation de l'écoulement.

Etablissez expérimentalement cette loi d'échelle et comparez vos mesures à vos prédictions.

Etudiez ensuite expérimentalement le temps caractéristique τ d'amortissement des oscillations.

Vous pourrez établir la loi d'échelle et l'ordre de grandeur de τ en exploitant le fait que :

$$\tau = \frac{\langle E \rangle}{\langle \dot{E} \rangle}$$

où E est l'énergie mécanique du liquide,

$\langle E \rangle$ sa valeur moyenne sur une période d'oscillation,

$\langle \dot{E} \rangle$ est l'énergie mécanique dissipée durant une période d'oscillation.

Prédisez dans quelles circonstances vous vous attendez à la disparition des oscillations. Testez expérimentalement cette prédiction.

Dans votre compte-rendu :

- une photo de votre montage
- la présentation des grandeurs pertinentes à retenir pour l'analyse dimensionnelle
- le détail de l'établissement de la loi de puissance pour T
- des graphiques présentant vos mesures, accompagnés de leurs conclusions relatives à l'analyse dimensionnelle
- une conclusion sur la loi de puissance à laquelle obéit T et sur la validité de la modélisation, si vous avez réussi à la faire.
- idem pour τ

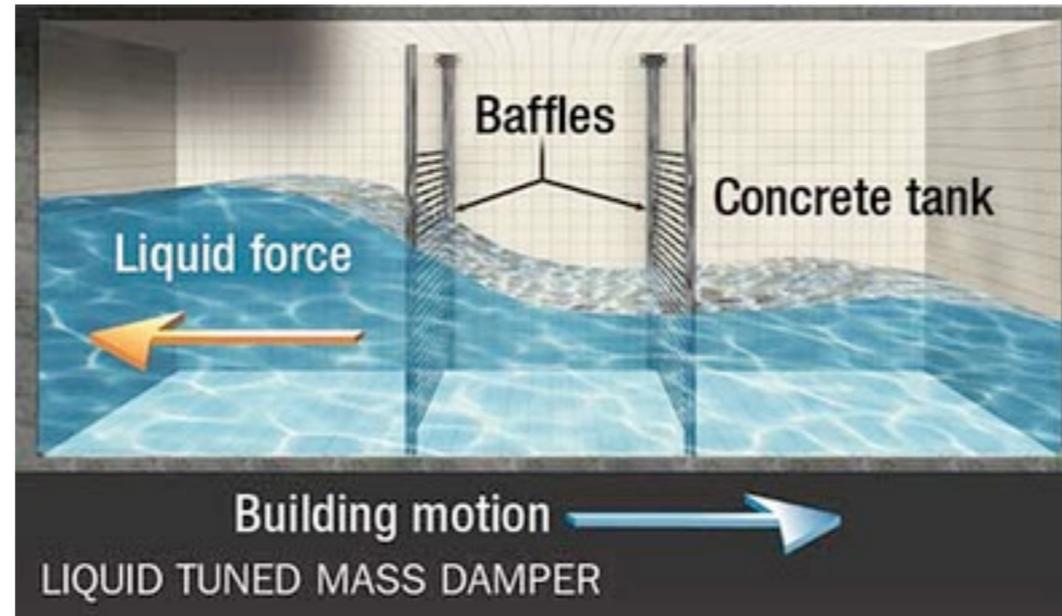
LES AMORTISSEURS LIQUIDES

Existant dans la plupart des villes nord-américaines et dans les grandes métropoles d'Asie, les gratte-ciel sont de plus en plus nombreux. L'étalement des personnes, la fonctionnalité ou le choix des matériaux sont autant de critères conduisant à des structures de plus en plus hautes, fines et souples. De ce fait, elles répondent dynamiquement aux sollicitations extérieures (le vent essentiellement). Afin d'entraver ces vibrations gênantes, voire dommageables, certains architectes ont inclus dans les étages supérieurs des structures oscillantes de type pendule (ex: une boule de 660 tonnes arrimée au 92^e d'une tour à Taipei). Plus récemment, il a été réalisé qu'une piscine située au sommet de l'immeuble pouvait, grâce au mouvement du fluide, produire le même effet amortisseur.

Au cours de ce TP, vous démontrerez qu'il est possible d'amortir les oscillations d'une structure élastique grâce à un amortisseur liquide

Commencez par observer les oscillations et l'amortissement naturel d'une structure élastique. Comment caractériser l'amortissement ? Puis remplissez peu à peu la piscine, et quantifiez le rôle de l'amortisseur. La piscine a-t-elle une fréquence propre ? Dépend-elle de son remplissage ? Peut-on faire varier la fréquence de vibration de l'immeuble ?

Matériel: réglette, pot de yaourt, cellophane.



La tour One Rincon Hill à San Francisco

Dans le compte-rendu:

- **Vue d'ensemble:** une photo d'ensemble de votre manip
- **Paramètres:** La liste des paramètres physiques pertinents et ceux que vous allez faire varier
- **Dans la boîte:** des montages ImageJ qui montrent ce qui se passe et comment ça varie en fonction des paramètres que vous faites varier
- **Modèle:** Proposer une modélisation simple du système immeuble+piscine
- **Expé/théo:** Un graphique comparant mesures et théorie pour différentes fréquences d'excitation
- **Interprétation:** Un paragraphe décrivant la physique: à quel archétype se rapporte votre phénomène, quelles sont les forces en jeu ?

LES JETS DE CHARGE CREUSE

À partir du XVIII^e siècle, les ingénieurs des mines ont constaté qu'une charge explosive légèrement évidée pouvait causer beaucoup plus de dégâts qu'une charge classique. Ce principe de la charge creuse est par la suite devenu un principe militaire qui a été à la base de la création du bazooka. Mais au-delà de ses nombreuses applications, l'effet de charge creuse est sans doute avant tout le prototype des effets de focalisation en mécanique des fluides.

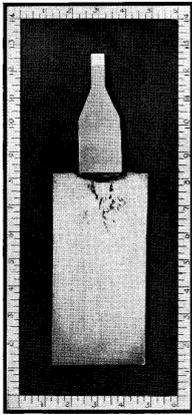


FIG. 8. Photograph of a steel cylinder that has been cut in half after being blasted by a solid charge. This charge contained more explosive than the others, since it was cast in the same mold without a cavity.

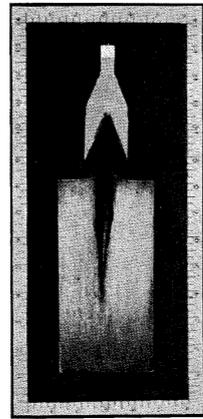


FIG. 3. Photograph of a solid steel cylinder (3.25 in. in diameter, 7 in. in length) which has been shot and then sawed in half to show the nature of the hole produced. A cross-sectioned replica of the charge that produced this hole is shown in the position that the real charge occupied before it was detonated. The real charge contained 0.25 lb. of Pentolite. The cavity liner was a steel cone (0.025 in. thick, 1.63-in. base diameter).

Birkhoff et al., J. Appl. Phys (1948)

Au cours de ce TP, vous reproduirez et quantifierez l'effet de charge creuse.

Faites chuter un tube rempli d'un liquide mouillant et observez la formation d'un jet de charge creuse. Quelles sont les paramètres pertinents dans ce problème ? Quelles courbes allez-vous tracer ? Pourquoi y-a-t-il un creux dans le liquide initialement ?

Matériel: tubes à essai, éthanol



Jet liquide formé par impact

Dans le compte-rendu:

- **Vue d'ensemble:** une photo d'ensemble de votre manip
- **Paramètres:** La liste des paramètres physiques pertinents et ceux que vous allez faire varier
- **Dans la boîte:** des montages ImageJ qui montrent ce qui se passe et comment ça varie en fonction des paramètres que vous faites varier
- **Dimensions:** Les étapes de votre analyse dimensionnelle
- **Expé/théo:** Un graphique comparant mesures et théorie
- **Interprétation:** Un paragraphe décrivant la physique: à quel archétype se rapporte votre phénomène, quelles sont les forces en jeu ?

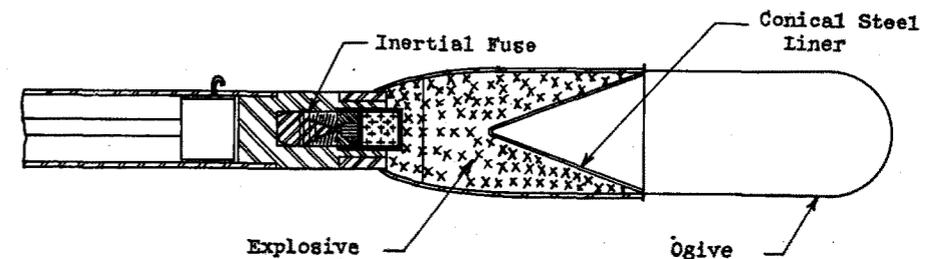


FIG. 1. Cross section of the head of a U. S. Army bazooka, showing conical steel liner in the shaped charge.

Schéma de principe d'un bazooka

TP séance

Roulement (encore) des billes/cylindre sur un plan incliné.

La conservation de l'énergie nous dit que l'énergie mécanique totale soit l'énergie potentielle plus l'énergie cinétique se conserve

$$E_p + E_c = cte$$

Prenez différentes billes : l'énergie totale est la même? Les vitesses? Quels sont les paramètres qui varient? Il y a-t-il un «défaut» d'énergie?

Le cylindre peut être «rempli» de pâte à modeler : à quantité égale étudiez l'effet de la répartition de la masse (par exemple symétrique ou a-symétrique).

Pourriez vous calculer le moment cinétique?

Matériel: plan incliné, billes, cylindres, pâte à modeler

Théorème de Koenig

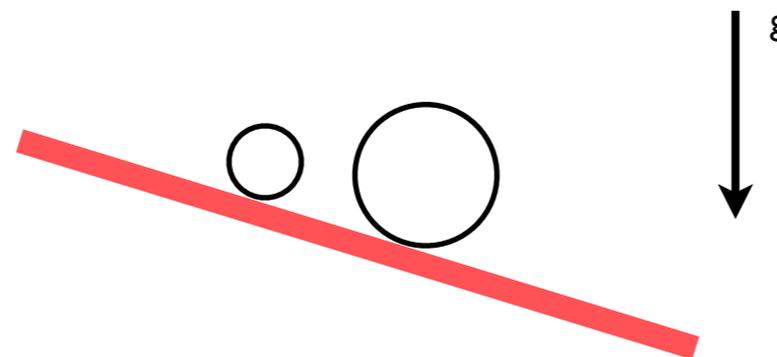
(dus -- il y en a 2 -- à [Johann Samuel König](#) (allemand né à Büdinger en 1712, mort à Amerongen aux Pays-Bas en 1757). Ils permettent d'exprimer le [moment cinétique](#) (ou [angulaire](#)) et l'énergie cinétique d'un système de [points matériels](#) sous des formes plus facilement interprétables physiquement.)

«L'énergie cinétique d'un solide est égale à la somme de l'énergie cinétique du centre de masse et de l'énergie cinétique du solide correspondant à son mouvement dans le référentiel barycentrique.»

Bref

$$E_c = \frac{1}{2} M v_G^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

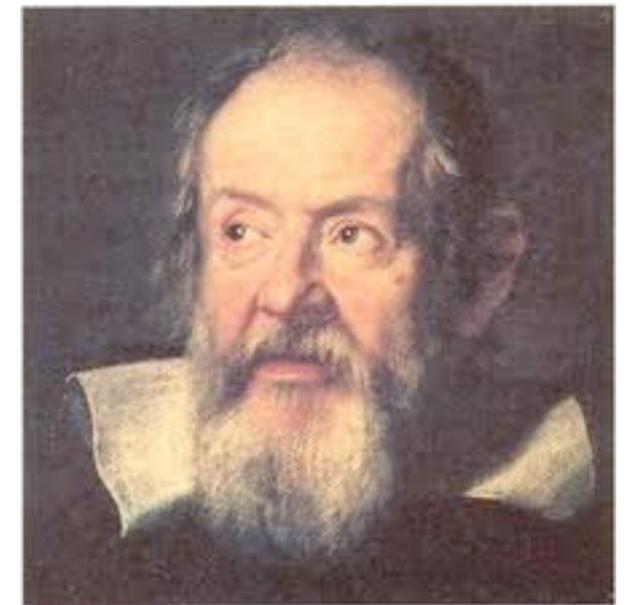
Course à l'échalote



La petite bille rattrape-t-elle la grande?

Dans le compte-rendu:

- **Vue d'ensemble:** une photo d'ensemble de votre manipe
- **Paramètres:** La liste des paramètres physiques pertinents et ceux que vous allez faire varier
- **Dans la boîte:** des montages ImageJ qui montrent ce qui se passe et comment ça varie en fonction des paramètres que vous faites varier
- **Dimensions:** Les étapes de votre analyse dim (nombres sans dim...), et la loi de puissance
- **Expé/théo:** Un graphique comparant mesures et théorie avec plusieurs valeurs du préfacteur
- **Interprétation:** Un paragraphe décrivant la physique: à quel archétype se rapporte votre phénomène, quelles sont les forces en jeu.



Ceci n'est pas un Koenig

Résonateur de Helmholtz ou le chant des bouteilles

Qui n'a pas fait chanter une bouteille de bière le soir au fond des bouges... Les but de ce TP est d'élucider l'origine de ce son caractéristique des bouteilles entamées et de le caractériser. Historiquement utilisé par Koenig pour fabriquer le premier analyseur de spectre de Fourier du son, le « résonateur de Helmholtz », dont la bouteille est un exemple, est utilisé pour l'insonorisation des pots d'échappement et en acoustique architecturale.



Par ailleurs, c'est un exemple simple de dispositif acoustique tel qu'à résonance, la longueur d'onde du son est grande devant la taille du résonateur. La vitesse et la pression sont donc homogènes dans chaque partie de la bouteille (goulot, corps). On constate expérimentalement et on peut justifier rigoureusement qu'à cause de cela, la bouteille excitée par le souffle se comporte comme un oscillateur harmonique dont la raideur est due à la résistance à la compression de l'air contenu dans le corps de la bouteille de volume V et la masse est approximativement celle de l'air contenu et oscillant en bloc dans le goulot de longueur L et de section d'aire S .

En vous souvenant que la compressibilité χ d'un milieu (compressibilité isentropique, c'est-à-dire celle caractérisant les compressions-détentes rapides du milieu associées à la propagation du son) est liée à sa densité ρ et à la vitesse du son dans ce milieu c par la relation :

$$\chi = -\frac{1}{V} \left. \frac{\partial V}{\partial P} \right|_S = \frac{1}{\rho c^2}$$

proposez une forme pour la loi d'échelle à laquelle obéit la fréquence de résonance f de la bouteille. Vous pourrez ensuite éventuellement préciser cette loi d'échelle en exprimant la masse et la raideur de l'oscillateur en fonction des grandeurs caractéristiques du système et en utilisant l'expression classique de la fréquence de résonance d'un oscillateur harmonique en fonction de sa masse et de sa raideur.

Matériel : une bouteille, un dispositif d'allongement du goulot, un micro, un oscilloscope.

En faisant varier le volume du corps de la bouteille (comment ?) et la longueur du goulot, et en mesurant comment la fréquence f du chant de la bouteille varie, établissez expérimentalement la loi d'échelle à laquelle obéit f et testez la validité de la modélisation proposée. Comment montrer simplement avec votre dispositif que seul intervient le volume du corps, et pas sa forme ?

Dans votre compte-rendu :

- la présentation des grandeurs pertinentes à retenir pour l'analyse dimensionnelle
- le détail de l'établissement de la loi de puissance pour f
- des graphiques présentant vos mesures, accompagnés de leurs conclusions relatives à l'analyse dimensionnelle
- une conclusion sur la loi de puissance à laquelle obéit f et sur la validité de la modélisation, si vous avez réussi à la faire.