

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

Physique & cinéma "Charlie's Angels 2"

Dontaine, Matthieu; Zanotto, Laurent; Scieur, Yvonne

Published in:
Bulletin de l'ABPPC

Publication date:
2008

Document Version
Première version, également connu sous le nom de pré-print

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (HARVARD):
Dontaine, M, Zanotto, L & Scieur, Y 2008, 'Physique & cinéma "Charlie's Angels 2"', *Bulletin de l'ABPPC*, vol. 46, numéro 179, pp. 119-122.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Physique & Cinéma

« Charlie's Angels 2 »

Matthieu Dontaine (1,2), Laurent Zanotto (1,3), Yvonne Verbist-Scieur (1)

- (1) FUNDP Département de physique
rue de Bruxelles 61, 5000 Namur
matthieu.dontaine@fundp.ac.be
laurent.zanotto@fundp.ac.be
yvonne.verbist@fundp.ac.be
- (2) Athénée Royal François Bovesse, Namur
- (3) Institut Saint-Joseph, Saint-Hubert

Conscients que les lois de la physique gouvernent tant le quotidien que les expériences réalisées dans les laboratoires de sciences, traquons, au cinéma, les lieux où elles sont diversement exploitées. Pourquoi alors ne pas « se faire une toile » avec ses élèves et découvrir « autrement » une physique amusante et formative ?

Dans la démarche proposée ici, la première étape est de visionner une séquence de cinéma, questionner l'auditoire sur ce qui peut être apparu comme surprenant, revoir la même séquence, se référer à une expérience simple mais surprenante et, enfin, interpréter les observations.

Une séquence de cours axée sur un tel outil pédagogique permet d'atteindre plusieurs objectifs. Tout d'abord, tenter de répondre à la question : « Où est l'usage pertinent de la physique dans nombre de films cinématographiques ? » Ensuite, permettre au professeur d'introduire une nouvelle notion à l'aide d'une approche à la fois attrayante et rigoureuse. Enfin, cet outil peut aussi être utilisé pour proposer une alternative à l'évaluation formative des acquis des élèves.

Dans cet article, le choix s'est porté sur un court extrait du film « Charlie's Angels 2¹ » pour plusieurs raisons.

Celui-ci touche à l'hydrostatique et plus particulièrement aux notions de masse volumique et de poussée d'Archimède que les élèves rencontrent au deuxième degré dans tous les niveaux de cours de sciences. Il permet donc de cibler un public très large. Par ailleurs, l'expérience proposée est très facile à réaliser en classe. Enfin, ce choix permet de rencontrer de la « bonne » et de la « moins bonne » physique ainsi que nous allons le voir dans l'analyse détaillée qui suit.

¹ Columbia Tristar 2003. Début de l'extrait à 54 minutes et 20 secondes.

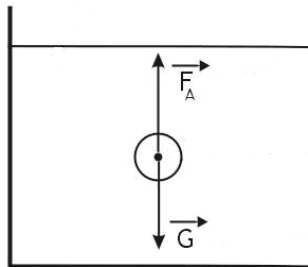
1. Observations

Les trois « drôles de dames » de la séquence ont pour mission de récupérer deux bagues en titane contenant des informations confidentielles de la plus haute importance. Malheureusement pour elles, les bijoux recherchés sont mélangés avec d'autres bagues d'aspect identique mais de composition différente (platine). Pressées par le temps, elles remplissent le bac contenant les bijoux avec du champagne trouvé à portée de main. Les deux bagues recherchées remontent à la surface et l'un des « Anges » précise même que : « L'objet flotte si la densité de l'objet est inférieure à celle de la substance dans laquelle il est plongé. »

2. Analyse

Tout d'abord, il est important de bien faire la différence entre la notion de **masse volumique** ($\rho = \frac{m}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$) et celle de **densité** (d) qui est le rapport entre la masse volumique de l'objet considéré et celle de l'eau pure si celui-ci est un solide ou un liquide.

L'effet physique mis en évidence dans cet extrait est une application du principe d'Archimède. Pour mémoire : un objet immergé dans un liquide subit de la part de ce dernier une poussée verticale dirigée de bas en haut dont le module est égal au poids du volume de liquide déplacé ($F_A = \rho g V$). En conséquence, un objet immergé dans un liquide remonte à la surface lorsque le poids de celui-ci est strictement inférieur à la poussée d'Archimède.



Cela revient à écrire :

$$\begin{aligned} G &< F_A \\ \Leftrightarrow \rho_{\text{objet}} V_{\text{objet}} g &< \rho_{\text{liquide}} V_{\text{immergé, objet}} g \\ \Leftrightarrow \rho_{\text{objet}} &< \rho_{\text{liquide}} \\ \Leftrightarrow d_{\text{objet}} &< d_{\text{liquide}} \end{aligned}$$

où G représente le poids de l'objet et F_A la poussée d'Archimède.

L'explication qualitative donnée est donc correcte ! Cependant, dans l'extrait proposé, les bagues sont en titane ($\rho_{\text{Ti}} \cong 4500 \text{ kg/m}^3$) et le liquide utilisé est du champagne dont on peut estimer la masse volumique à $\rho_{\text{ch}} \cong 990 \text{ kg/m}^3$. Les deux bagues ne peuvent donc pas remonter à la surface si elles sont massives en titane.

3. Pour aller plus loin

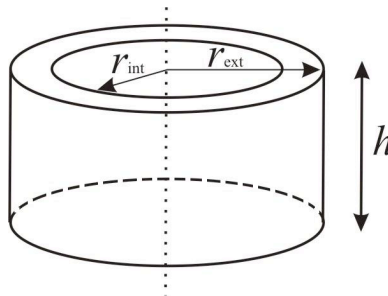
En supposant que la bague soit pleine et composée uniquement de titane, nous pouvons calculer son volume et sa masse. A partir des images tirées du film, nous avons estimé les dimensions de la bague :

$$h = 1,0 \text{ cm}$$

$$r_{\text{ext}} = 1,2 \text{ cm}$$

$$r_{\text{int}} = 1,0 \text{ cm}$$

où h représente la hauteur, r_{ext} le rayon extérieur et r_{int} , le rayon intérieur de la bague.



Le volume de la bague est donné par :

$$V_{\text{bague}} = \pi (r_{\text{ext}}^2 - r_{\text{int}}^2) h = 1,38 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 1,38 \text{ cm}^3$$

et sa masse vaut donc si elle est massive :

$$m_{\text{bague}} = \rho_{\text{Ti}} V_{\text{bague}} = 6,21 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 6,21 \text{ g}$$

En considérant une bague de même rayon intérieur et de même hauteur, son rayon extérieur devrait être de 1,05 cm pour lui permettre de flotter dans le champagne. En effet :

$$V_{\text{bague}} = \frac{m_{\text{bague}}}{\rho_{\text{Ti}}} = \frac{m'_{\text{bague}}}{\rho_{\text{ch}}}$$

$$\Leftrightarrow m'_{\text{bague}} = \frac{990}{4500} 6,21 \cdot 10^{-3} = 1,37 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 1,37 \text{ g}$$

Le rayon extérieur de cette nouvelle bague sera alors de

$$r'_{\text{ext}} = \sqrt{\frac{V'_{\text{bague}}}{\pi h} + r_{\text{int}}^2} = \dots = 1,05 \cdot 10^{-2} \text{ m} \text{ où } V'_{\text{bague}} = \frac{m'_{\text{bague}}}{\rho_{\text{Ti}}}$$

En conclusion, il faudrait imaginer une bague **creuse** de 0,05 mm d'épaisseur ! Ce qui est impossible au vu des bagues utilisées dans le film. Pour information, les feuilles d'aluminium alimentaire ont une épaisseur de quelques centièmes de mm.

4. Expérience complémentaire : bulle d'air balle flottante

Considérons un grand cylindre gradué rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur avec, au fond, une pierre spongieuse² dans laquelle on peut souffler de l'air pour produire des bulles grâce à un tuyau de plastique. Un petit objet léger convenablement lesté flotte à la surface du liquide. On souffle... et la balle, alors qu'elle est soumise au flux remontant des bulles, s'enfonce dans le liquide ! Simultanément, le niveau augmente dans le récipient.

Nous pouvons interpréter cela de la façon suivante : la balle flottait parce que son poids était inférieur ou égal à celui du volume d'eau déplacé. La présence de bulles dans l'eau réduit le poids de ce volume et la balle s'enfonce dès que ce poids devient inférieur à celui de la balle !

Autre manière de dire la même chose : la balle flotte parce que son poids est compensé par une force ascendante due à la pression du fluide. Celle-ci est proportionnelle entre autres à la profondeur et à la masse volumique du fluide. Laquelle diminue lorsque des bulles d'air s'y trouvent.

² Pierre utilisée pour oxygéner l'eau d'un aquarium par exemple.