

TP : ARCHIMEDE AU SECOURS DE L'OEUF

Compétence expérimentale exigible :

Mettre en œuvre un dispositif permettant de tester ou d'exploiter l'expression de la poussée d'Archimède.

CONTEXTE DU SUJET :

Un œuf est considéré comme frais jusqu'à 28 jours après la date de ponte. Une astuce permettant de déterminer si un œuf peut encore être consommé ou non consiste à le plonger dans un récipient d'eau. S'il coule au fond du récipient, il est considéré comme frais. S'il flotte, il n'est plus assez frais pour être consommé.

Le but de ce TP est de justifier cette astuce en étudiant la poussée d'Archimède.

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION :

Doc.1 : L'œuf au fil des jours

Au moment de la ponte, l'œuf contient une petite poche d'air dont le volume augmente progressivement au fil des jours car l'œuf perd de son humidité à travers la coquille poreuse.

Doc.2 : La poussée d'Archimède :

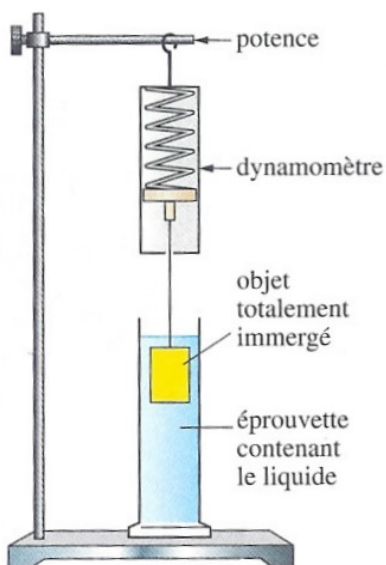
Tout corps plongé dans un fluide subit la poussée d'Archimède : c'est une force verticale, dirigée vers le haut, égale au poids du fluide déplacé et appliquée au centre de gravité du volume de fluide déplacé.

Son expression vectorielle est : $\vec{F}_A = \rho V \vec{g}$ ρ : masse volumique du fluide (en kg.m^{-3})

V : volume du corps immergé (en m^3)

\vec{g} : champ de pesanteur terrestre ($g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$)

Doc.3 : dispositif expérimental



Doc.4 : Quelques masses volumiques

Fluide	Masse volumique ρ (g.mL^{-1})
eau distillée	1,00
eau salée à 50 g.L^{-1}	?
éthanol	0,78
huile alimentaire	?

TRAVAIL A EFFECTUER :

1. Etude du dispositif expérimental

A partir du bilan des forces s'exerçant sur l'objet totalement immergé dans le dispositif expérimental du document 3, expliquer comment ce dispositif permet de mesurer la valeur F_A de la poussée d'Archimède subie cet objet.

2. Influence de la masse du corps immergé

Mesurer la poussée d'Archimède subie par des corps de même volume mais de masses différentes. Présenter les résultats sous forme de tableau.

APPEL N°1	REA	Appeler le professeur pour vérification des mesures
------------------	------------	------------------------------------------------------------

Conclure : la valeur F_A de la poussée d'Archimède qui s'exerce sur un corps dépend-t-elle de la masse de ce corps ?

3. Influence du volume du corps immergé

D'après l'expression vectorielle donnée dans le doc.2, quelle est la relation entre la valeur F_A de la poussée d'Archimède et le volume V du corps immergé ?

Proposer un protocole permettant de vérifier cette relation. Les mesures réalisées seront exploitées graphiquement.

APPEL N°2	ANA	Appeler le professeur pour vérification du protocole.
------------------	------------	--------------------------------------------------------------

Mettre en œuvre ce protocole et conclure.

Question supplémentaire : Ecrire un programme Python permettant de représenter la valeur F_A en fonction du volume V immergé.

4. Influence de la masse volumique du fluide

D'après l'expression vectorielle donnée dans le doc.2, quelle est la relation entre la valeur F_A de la poussée d'Archimède et la masse volumique ρ du liquide ?

Proposer un protocole permettant de vérifier cette relation. Les mesures réalisées seront exploitées graphiquement.

APPEL N°3	ANA	Appeler le professeur pour vérification du protocole.
------------------	------------	--------------------------------------------------------------

Mettre en œuvre ce protocole et conclure.

5. Conclusion

Les expériences réalisées valident-elles l'expression de la poussée d'Archimède ?

Comment la poussée d'Archimède permet-il d'expliquer qualitativement le comportement d'un œuf frais et d'un œuf datant de plus de 28 jours qui n'est plus à consommer ?

MATERIEL :

Matériel sur la paillasse professeur :

- 1 L d'eau salée à 50 g.L^{-1} , 1 L d'huile alimentaire, 1 L d'éthanol
- 4 boîtes en plastique pour contenir chacun des liquides listés ci-dessus
- gants, papier absorbant

Matériel sur la paillasse élève :

- objet pouvant être immergé, rempli avec des masses marquées différentes et suspendu comme par exemple une boule à remplir et à suspendre (disponible dans les magasins de bricolage) ou une capsule d'œuf Kinder® entourée d'un fil pour la suspendre, ...
- dynamomètre (à adapter aux objets qui seront immergés) + potence et tige pour le suspendre
- éprouvette graduée de 500 mL en plastique (moins fragile en cas de chute de l'objet immergé)
- PC + tableur (REGRESSI, EXCEL, ...) + notice

REMARQUES :

- le paragraphe 1 peut être préparé en travail à la maison
- on peut se limiter à l'étude de l'influence d'un ou de deux paramètres seulement
- les valeurs des masses volumiques de l'huile et de l'eau salée utilisées pourront être déterminées directement à l'aide d'une fiole jaugée et d'une balance
- on peut également demander aux élèves de préparer eux-mêmes la solution d'eau salée par dissolution de chlorure de sodium
- Les graphes peuvent être réalisés avec un tableur (REGRESSI, EXCEL,) ou avec un programme PYTHON (exemple en fin de document)

RESULTATS :

Solide suspendu dans l'air : le dynamomètre mesure $F = P$

Solide immergé dans l'eau : le dynamomètre mesure $F' = P - F_A$

Valeur de la poussée d'Archimède : $F_A = F - F'$

Exemple de l'influence de la masse du corps immergé : F_A est indépendante de cette masse

→ mesures réalisées avec une capsule d'œuf Kinder® remplie de différentes masses marquées

→ la capsule ne peut être immergée pour des masses inférieures à 40 g

→ un dynamomètre de 1 N est ici utilisé

m(g)	40	50	60	70
F (N)	0,49	0,60	0,70	0,81
F' (N)	0,12	0,22	0,34	0,45
F _A (N)	0,37	0,38	0,36	0,36

Exemple de l'influence de la masse du corps immergé :

F_A est indépendante de cette masse

→ mesures réalisées avec une boule à suspendre (diamètre : 7 cm)

remplie de différentes masses marquées

→ selon le volume de la boule, il existe une masse minimale en dessous de laquelle aucune mesure n'est possible car la boule flotte (masse minimale de 150 g pour l'expérience réalisée)

m(g)	200	250	300	350	400
F (N)	2,3	2,8	3,3	3,9	4,4
F' (N)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
F _A (N)	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9

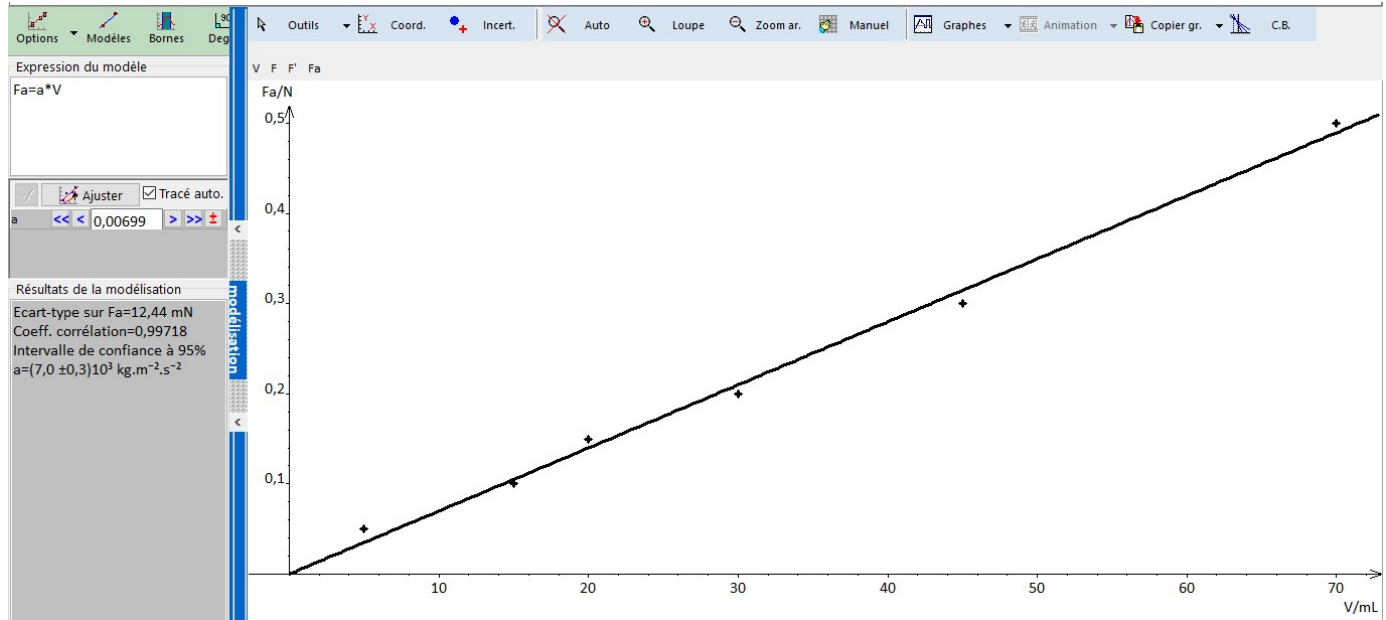


Exemple de l'influence du volume du solide immergé

→ mesures réalisées avec des masses marquées immergées dans l'éprouvette graduée de 500 mL (seule l'éprouvette de cette contenance possède un diamètre assez grand pour que les masses marquées puissent y être immergées)

→ le volume de la masse marquée correspond à la variation du niveau d'eau dans l'éprouvette lorsque la masse marquée est immergée.

V (mL)	5	15	20	50	45	70
F (N)	0,50	1,00	1,50	2,00	3,00	4,10
F' (N)	0,45	0,90	1,35	1,80	2,70	3,60
F_A (N)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,50

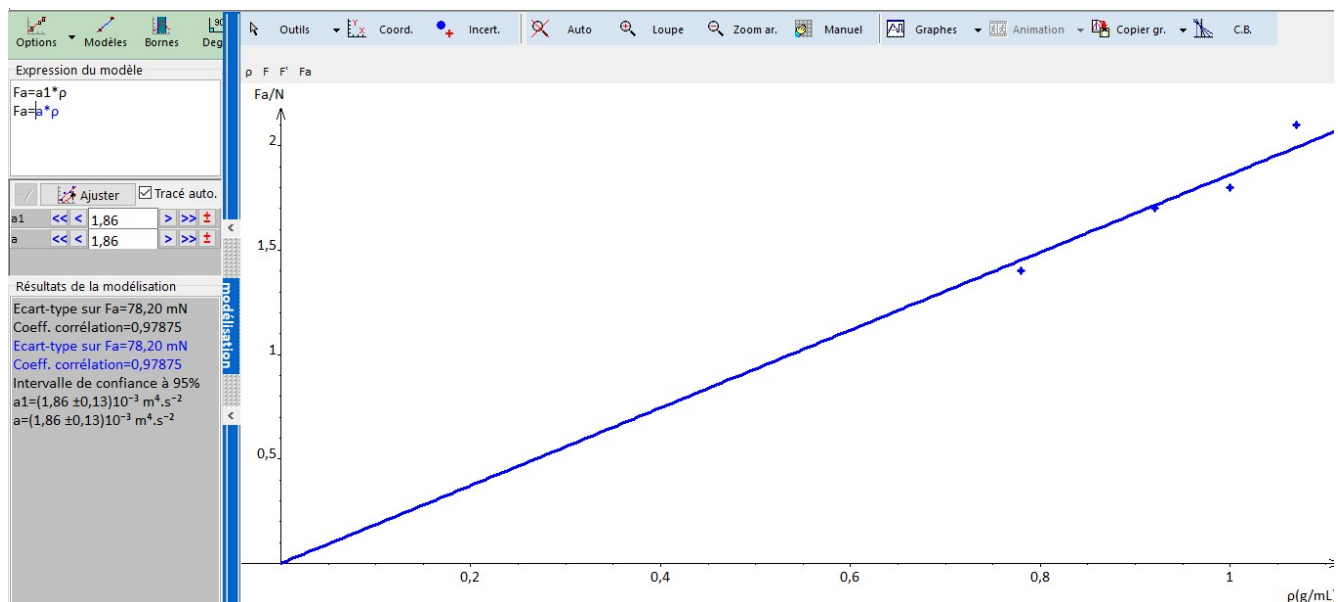


Exemple de l'influence de la masse volumique du liquide contenu dans l'éprouvette

→ mesures réalisées avec la boule à suspendre contenant une masse marquée de 200 g et immergée successivement dans un des 4 bacs contenant un liquide différent)

→ manipulation réalisée sur la paillasse professeur au vu des volumes et de la nature des liquides utilisés (éthanol, huile, ...)

liquide	Ethanol	Huile alimentaire	Eau distillée	Eau salée à 50 g.L ⁻¹
Masse volumique (g.mL⁻¹)	0,78	0,92	1,00	1,07
F (N)	2,3	2,3	2,3	2,3
F' (N)	0,9	0,6	0,5	0,2
F_A (N)	1,4	1,7	1,8	2,1



Programme PYTHON permettant de tracer F_A en fonction de V :

```
import matplotlib.pyplot as plt

plt.title("influence du volume")

plt.xlabel("Volume en mL")
plt.ylabel("Fa en N")

x = [5, 15, 20, 50, 70]
y = [0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.50]
plt.plot(x, y, c = 'blue', marker = '+')
plt.show()

plt.close()
plt.savefig("graphique.png")
```

CONCLUSION :

Au fil des jours, l'œuf perd de l'eau (humidité) qui est remplacée par de l'air moins dense : sa masse diminue donc progressivement, ainsi que son poids P . Par contre, la poussée d'Archimède F_A qu'il subit lorsqu'il est immergé dans l'eau reste constante au fil des jours car celle-ci ne dépend pas de la masse de l'œuf immergé. Ainsi, si l'œuf est frais, son poids est tel que $P > F_a$ et l'œuf coule.

Si l'œuf n'est pas frais, son poids diminue et devient tel que $P < F_a$ et l'œuf flotte.