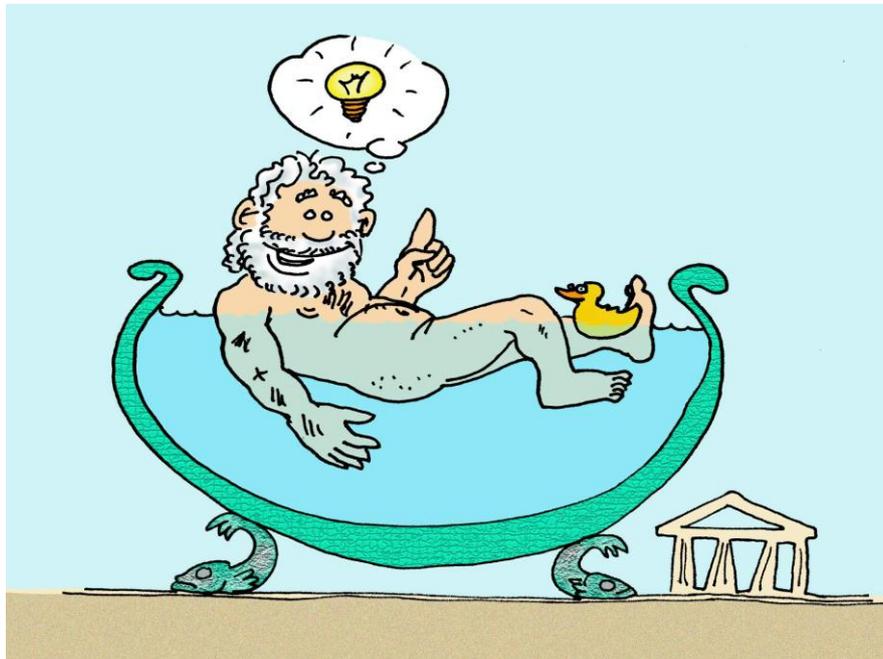


Document enseignant

Atelier 4^e - 3^e - Lycée

Sous-marins : le principe d'Archimède



Service pédagogique :

Stéphanie JAUBERT, responsable
pédagogique, du lundi au vendredi de 9h
à 12h et de 14h à 18h.

sjaubert@citedelamer.com

Tél : 02.33.20.26.35

Sommaire

I. Présentation générale	3
1. Objectifs généraux	3
2. Supports utilisés	4
II. Déroulement de l'atelier	5
Activité 1 : Détermination du volume V de la maquette	5
Activité 2 : Mesure du poids du volume d'eau correspondant au volume de la maquette	6
Activité 3 : Mise en évidence de la poussée d'Archimède et vérification du principe	6
Activité 4 : Conditions de flottabilité	6
III. Suggestions de pistes de travail	7
IV. Bibliographie et webographie	8
1. Livres.....	8
2. Articles de périodiques.....	9
3. Sites internet de l'annuaire de liens de la Médiathèque	9
V. Réalisation de la maquette de sous-marin	10

I. Présentation générale

L'atelier est basé sur l'utilisation de 4 maquettes de sous-marin représentant *Le Redoutable* et a pour objectif de faire comprendre à des élèves de collège et lycée la signification du principe d'Archimède.

Il doit être associé à une visite du pôle sous-marin de La Cité de la Mer : histoire, technique de construction, principe de fonctionnement, simulateurs de pilotage. La visite du *Redoutable*, ancien sous-marin nucléaire (128 m de long, 10 m de diamètre), permet de replacer les problèmes de flottabilité dans leur contexte industriel.

L'atelier sous-marin s'adresse essentiellement à des élèves de classes de 3^e et de 2^{de}, mais peut également être exploité par d'autres classes (lycées professionnels, enseignement supérieur...) dans le cadre d'une thématique sur les mouvements et les forces.

La démarche pédagogique consiste à énoncer le principe d'Archimède dès le début de la séance et à proposer aux élèves des expériences permettant de comprendre le sens de cette loi physique. En effet, l'énoncé du principe lui-même est relativement complexe, ou du moins difficilement compréhensible par un élève dont les connaissances en sciences physiques sont sommaires et pour lequel les notions de force, poids et masse ne sont pas totalement maîtrisées.

Outre l'aspect compréhension, la manipulation présentée doit amener l'élève à déterminer quantitativement l'intensité de la poussée d'Archimède.

Cet atelier permet donc d'impliquer une équipe pluridisciplinaire d'enseignants :

- Sciences physiques : énoncé et vérification du principe d'Archimède ;
- Sciences de l'ingénieur ou technologie : réalisation de la maquette ;
- Mathématiques : calcul des volumes.

D'autre part, la manipulation peut amener l'élève à réfléchir sur plusieurs démarches pour arriver à un même résultat : détermination d'un volume de façon purement mathématique ou à partir d'expériences simples.

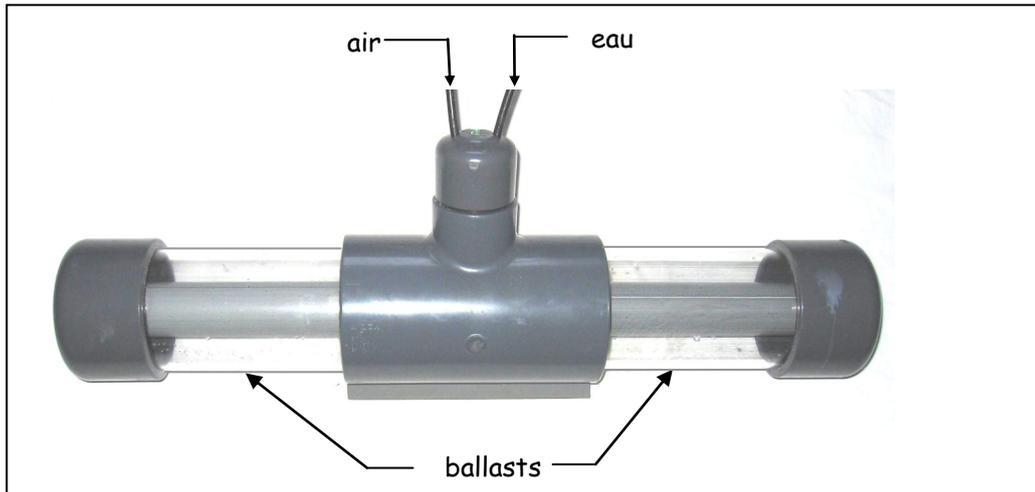
1. Objectifs généraux

À partir des maquettes, on réalisera les opérations de « ballastage » et de « déballastage », afin de vérifier qualitativement et quantitativement le principe d'Archimède.

L'élève sera alors capable de prévoir les conditions permettant au sous-marin de plonger ou au contraire de remonter à la surface.

2. Supports utilisés

- Maquette ballastable de sous-marin d'environ 65 cm de longueur.
- Peson permettant de déterminer la masse de la maquette et d'en déduire son poids.
- Bassin.



La maquette est réalisée au moyen de tubes PVC gris et de tubes de méthacrylate de méthyle transparents, facile à se procurer dans le commerce (cf. annexe pour la réalisation de la maquette). Les tubes de méthacrylate transparent sont munis d'arrivées d'eau et d'air et constituent les ballasts.

Une pompe à eau, extérieure à la maquette, permet le remplissage des ballasts avec de l'eau ou leur vidange en remplaçant l'eau par de l'air.

Un système de crochet permet de suspendre la maquette à un peson.

II. Déroulement de l'atelier

Les différentes étapes vont permettre de vérifier le principe d'Archimède et de déterminer les conditions de flottabilité d'un sous-marin.

Activité 1 : Détermination du volume V de la maquette

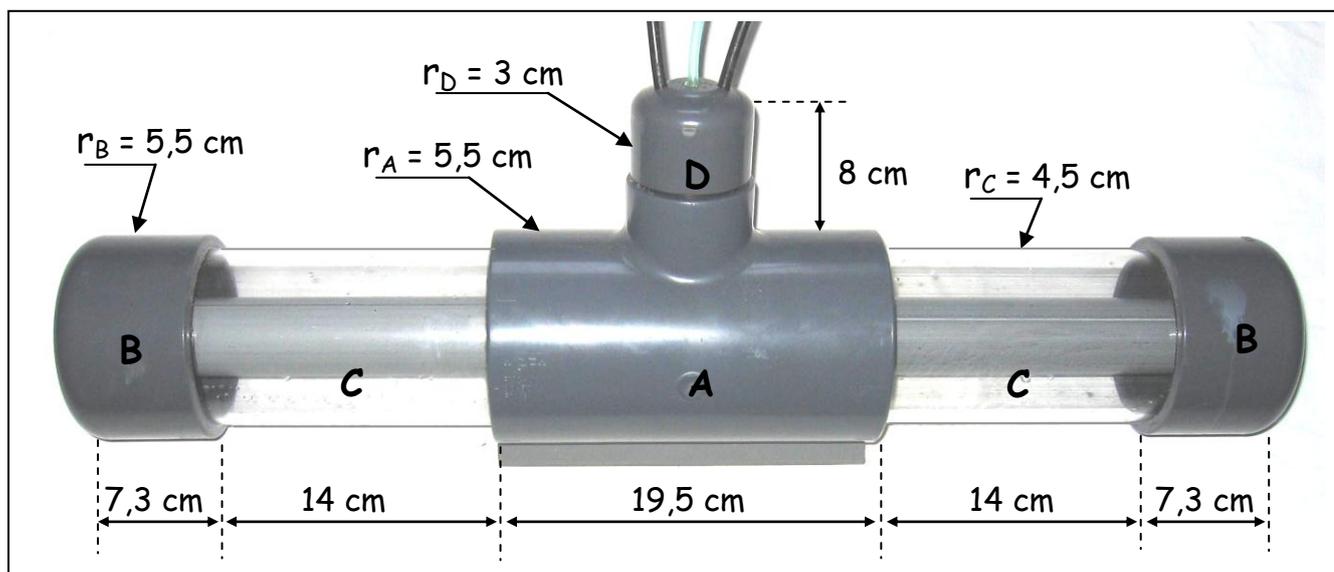
Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de ce fluide une poussée verticale dirigée de bas en haut égale au poids du **volume de fluide déplacé**.

Deux démarches sont envisageables et proposées aux élèves :

- La méthode basée sur le calcul mathématique du volume.

Pour cela, on considère que les différentes parties de la maquette sont assimilables à des cylindres.

Les dimensions (rayon et longueur des cylindres) sont indiquées sur le schéma ci-dessous :



Le volume total du sous-marin est sensiblement égal à la somme des volumes des parties repérées A, B, C et D.

- La méthode expérimentale.

Les élèves sont amenés à imaginer et à employer une méthode expérimentale permettant de vérifier la valeur calculée (débordement d'un bassin dans lequel est immergée la maquette).

Activité 2 : Mesure du poids du volume d'eau correspondant au volume de la maquette

Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de ce fluide une poussée verticale dirigée de bas en haut égale au **poids du volume de fluide déplacé**.

Pour pouvoir vérifier le principe d'Archimède appliqué au sous-marin, il faut déterminer le poids d'eau (P_e) dont le volume correspond à celui de la maquette (V).

En pesant le volume d'eau V obtenu par immersion de la maquette dans un bassin rempli d'eau, on détermine la masse de ce poids à l'aide du peson, puis son poids.

Activité 3 : Mise en évidence de la poussée d'Archimède et vérification du principe

Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de ce fluide **une poussée verticale dirigée de bas en haut** égale au poids du volume de fluide déplacé.

Les ballasts étant remplis d'eau, on détermine le poids du sous-marin dans l'air (P_1), puis dans l'eau (P_2).

On constate une différence qui correspond à la poussée d'Archimède (P_{arch}).

La différence entre les deux poids doit amener l'élève à conclure que l'eau a une action sur la maquette : c'est la poussée d'Archimède.

Activité 4 : Conditions de flottabilité

Les trois premières activités permettent de vérifier le principe d'Archimède, tant du point de vue qualitatif (direction de la poussée) que du point de vue quantitatif (intensité égale au poids du volume de fluide déplacé).

À partir de ces résultats, il est possible de déterminer les conditions de flottabilité d'un objet tel qu'un sous-marin en comparant le poids de l'objet à la poussée d'Archimède. Les conditions de flottabilité sont énoncées pour qu'un sous-marin flotte à la surface de l'eau, coule au fond ou reste à l'équilibre entre deux eaux.

III. Suggestions de pistes de travail

- **En Sciences Physiques :**

Condition d'équilibre ou de non équilibre d'un objet plongé dans l'eau.

Représentation vectorielle des forces.

Influence du point d'application des forces sur la position de l'objet.

- **En SVT :**

Analogie entre le sous-marin et le nautilus. Étude de la physiologie du nautilus pour mettre en évidence les différences fondamentales entre les deux exemples de ballastage (le nautilus met en jeu des phénomènes très lents liés à la pression osmotique pour assurer son équilibre et sa flottabilité).

IV. Bibliographie et webographie

1. Livres

L'encyclopédie des sous-marins français / Thierry Arbonneau (d').- Paris : SPE Barthélémy

Tome 1 : Naissance d'une arme nouvelle, 2009

Tome 2 : D'une guerre à l'autre, 2010

Tome 3 : L'apogée des classiques, 2011

Tome 6 : La construction d'un sous-marin : approche générique et prospective, 2013

Cette encyclopédie est née de la rencontre d'un éditeur passionné de beaux livres avec des spécialistes passionnés par leur métier. Elle comble un vide, car l'histoire des sous-marins en France n'a jamais été traitée dans son ensemble, sous ses trois aspects humain, technique, et militaire. On y découvre à quel point elle est imbriquée dans l'histoire générale, depuis la révolution industrielle jusqu'à la guerre froide. On y mesure l'importance stratégique de ces navires terrifiants pour l'adversaire, mais aussi les conditions de galérien et les risques encourus par leurs équipages. Les auteurs de cet ouvrage, tous marins, sous-mariniers et ingénieurs, font revivre cette aventure "de l'intérieur", donnant chaque fois que possible la parole aux acteurs de tous grades, embarqués sur des bateaux qui reprennent vie dans les aquarelles d'un peintre de la Marine.

Espace adulte / Cote : M32 ARB

Comment ça marche un sous-marin ? / DCN Cherbourg.- Cherbourg (Manche) : DCN Cherbourg, 2006.

Cette plaquette de DCN Cherbourg explique le fonctionnement d'un sous-marin en rappelant les principes de Pascal et d'Archimède.

Espace adulte / Cote : M31 DCN

Des engins pour aller partout / Christophe Merlin.- Paris : Albin Michel Jeunesse, 2001. - 83 p. (Sciences en poche ; 15).

7/11 ans

Cette encyclopédie de poche aborde divers thèmes comme la poussée d'Archimède, le fonctionnement des ballasts dans un sous-marin... et permet de réaliser des expériences très simples.

Espace jeunesse / Cote : T7 MER

Copain des sciences : le guide des scientifiques en herbe. / Robert Pince. - Toulouse : Milan, 1998. - (Copains).

12/14 ans

Pour tous les petits scientifiques en herbe, ce livre permet de découvrir par le jeu les diverses activités des sciences en général : la Terre, la vie, les mathématiques,

l'électricité, la biologie, la physique, l'informatique... Il permet de se plonger dans un monde passionnant et enrichissant de façon simple, en s'appuyant sur des éléments de la vie de tous les jours. Le principe d'Archimède est ainsi présenté sous forme de 2 expériences.

Espace jeunesse / Cote : T1 PIN

2. Articles de périodiques

Comment plonge un sous-marin ?

in : **Images Doc**, Août 2014. - N°308 : Les aventuriers des océans

Une petite expérience pour fabriquer un ludion, un petit sous-marin avec un stylo Bic, et mieux comprendre son fonctionnement dans la réalité avec le système des ballasts et des réserves d'air comprimé.

3. Sites internet de l'annuaire de liens de la Médiathèque

Les vaisseaux noirs - le monde des sous-marins

Vous trouverez sur ce site des informations sur le fonctionnement d'un sous-marin ; sur les sous-marins français, britanniques, russes, américains.

<http://sousmarin.chez.com/pdg.htm>

Net-marine

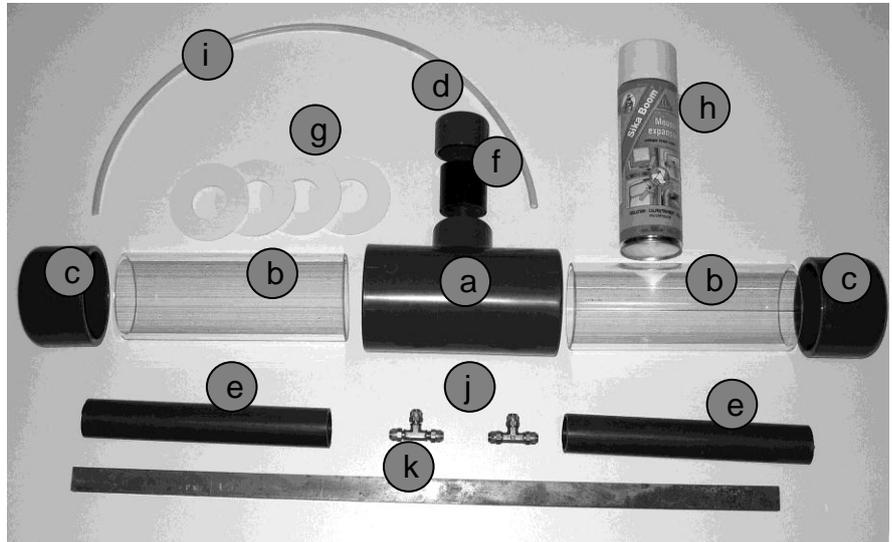
Comment ça marche un sous-marin ?

<http://www.netmarine.net/bat/smarins/triomphe/comment.htm>

V. Réalisation de la maquette de sous-marin

Matériel nécessaire :

- (a) Un té réduit à 90° (90-50-90) en PVC
- (b) Deux tronçons de tube transparent en Altuglass DN 90, longueur 230 mm
- (c) Deux bouchons femelle PVC DN 90
- (d) Un bouchon femelle PVC DN 50
- (e) Deux tronçons de tube PVC DN 40, longueur 250 mm
- (f) Un tronçon de tube PVC DN 50, longueur 70 mm
- (g) Quatre disques de plastique rigide de diamètre 90 mm percés à 40 mm au centre
- (h) 500 mL de mousse expansive
- (i) Environ 1 m de tube à air comprimé (Rilsan par exemple) de diamètre 8mm
- (j) Deux raccords laiton en té pour tuyau Rilsan de 8 mm
- (k) Barre, ou billes, ou morceaux d'acier (lest) de masse totale 1,4 kg



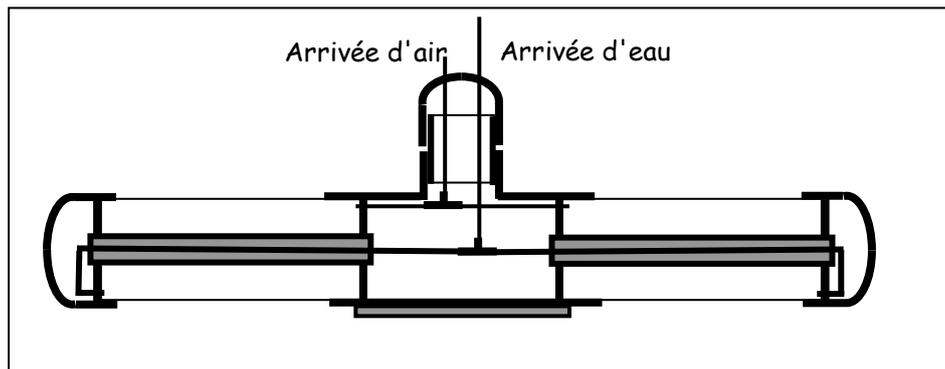
Le coût total est d'environ 90 €, sachant qu'une partie de ce matériel peut être récupérée (disques en plastique rigide, tuyau Rilsan, raccords à air comprimé, acier...)

À cette liste, il convient de rajouter :

- Une pompe réversible et son alimentation en 12 V, d'un coût total approximatif de 50 € ;
- Un peson à affichage digital, portée 10kg, d'un coût approximatif de 50 €.

Le prix de revient global est donc de l'ordre de **200 € TTC**.

Le schéma en coupe de la maquette est donné sur la figure ci-dessous. La réalisation peut être l'objet d'un travail pratique réalisé en classe par un groupe d'élèves.



Les différents éléments peuvent être assemblés par simple emboîtement, ou éventuellement collés à la colle pour PVC.

Les parties creuses (embouts et partie centrale) sont remplies de mousse expansive, afin d'éviter les entrées d'eau.

Le lest, représenté en gris sur le schéma, est réparti de manière symétrique dans les deux tubes centraux (DN 40) et une barre d'acier est vissée sous la partie centrale, servant ainsi de quille.