

La clepsydre

✚ Décrire les différentes parties d'un objet technique : la clepsydre, ainsi que son fonctionnement ;

✚ Se questionner sur les solutions techniques permettant de faire varier l'écoulement de l'eau

✚ Pratiquer un type de démarche d'investigation : PACS (Prévision, Argumentation, Confrontation, Synthèse)

1- Est ce que l'eau s'écoule ?

Matériel :

➤ Par groupe :

- une bouteille contenant de l'eau avec bouchon percé et trou dans le fond fermé par de la pâte à fixe, cuvette ;

- feuille de prévisions et de résultats, crayon de papier et gomme.

➤ Pour la classe : une clepsydre, affiche vierge et marqueurs

Mise en situation :

Questionnement permettant de tisser du lien avec le travail réalisé en classe antérieurement :

➤ Montrer la clepsydre à la classe. Quel est cet objet ?

➤ Quelle est sa fonction d'usage ? A quoi sert-il ?

➤ Comment fonctionne-t-il ?

➤ Est-ce nécessaire d'avoir une ouverture en haut de la bouteille ? Relever les hypothèses des élèves ainsi que leurs arguments.

➤ Comment peut-on valider ou non vos hypothèses ?

Expérimentation :

➤ Chaque groupe reçoit sa fiche d'expérience et le matériel nécessaire. *Ce premier atelier permettra également aux élèves de se familiariser avec le fonctionnement des ateliers suivants ayant pour objectif de valider leurs hypothèses sur ce qui permet de faire varier l'écoulement.*

➤ Avant de réaliser les expériences, chaque groupe complète la première partie de sa fiche avec les résultats qu'il pense obtenir.

➤ Expérimentation en suivant le protocole décrit sur la feuille.

➤ Noter ses observations et ses conclusions.

Regroupement et synthèse collective :

➤ Les élèves partagent leurs observations. Ils concluent qu'il est nécessaire que la bouteille soit ouverte sinon l'eau ne s'écoule pas par le bouchon percé.

➤ **Synthèse possible** : Lorsque la bouteille est bouchée, la pression extérieure de l'air est plus forte que la pression de l'eau dans la bouteille, donc l'eau ne sort pas de la bouteille. Lorsque l'on débouche la bouteille, la pression de l'air sera la même partout autour de l'eau, donc le poids de l'eau la fait descendre.

2- Comment faire varier l'écoulement de l'eau ?

Matériel :

➤ Par atelier :

Atelier 1 :

- 3 bouteilles identiques trouées en bas (trou fermé par de la pâte à fixe) ;
- grand couvercle plat à rebord ;
- feuille de prévisions et de résultats, crayon de papier et gomme.

Atelier 2 :

- montage de vases communicants avec 2 bouteilles ;
- feuille de prévisions et de résultats, crayon de papier et gomme.

Atelier 3 :

- 2 bouteilles identiques trouées vers le culot (trou fermé par de la pâte à fixe) ;
- 2 bouchons avec des trous de diamètre différent ;
- feuille de prévisions et de résultats, crayon de papier et gomme.

Atelier 4 :

- 1 bouteille avec un trou de petit diamètre placé vers le culot (trou fermé par de la pâte à fixe) ;
- 1 bouteille avec un trou de grand diamètre placé vers le culot (trou fermé par de la pâte à fixe) ;
- 2 bouchons avec trous de diamètre identique ;
- feuille de prévisions et de résultats, crayon de papier et gomme.

Atelier 5 :

- 1 petite bouteille fermée par un bouchon non percé ;
- feuille de prévisions et de résultats, crayon de papier et gomme.

➤ Pour la classe : une clepsydre, affiche vierge et marqueurs

Questionnement :

➤ Qu'est ce qui peut faire couler l'eau plus vite ou moins vite ? Qu'est-ce qui fait varier l'écoulement ? Noter les hypothèses des élèves.

➤ Proposer aux élèves de tourner sur 5 ateliers afin de vérifier leurs hypothèses.

Expérimentation sous forme de PACS :

➤ A partir de l'exemple de l'atelier que viennent de vivre les élèves, expliquer le fonctionnement commun à chaque atelier :

Démarche PACS :

- Préviation : que pense-t-on qu'il va se passer lorsque l'on va réaliser l'expérience
- Confrontation : effectuer la manipulation
- Conclusion : noter ses observations, les confronter avec ses prévisions et conclure.

Atelier 1 : 3 hauteurs d'eau → la hauteur du liquide : la vitesse d'écoulement diminue lorsque la hauteur d'eau diminue.

- 3 schémas : entourer le schéma que l'on pense correct.
- Effectuer l'expérience.
- Valider l'exactitude du schéma ou corriger d'une autre couleur.
- Cette expérience permet de vérifier la validité de l'hypothèse qui concerne la hauteur d'eau

Atelier 2 : les vases communicants → hauteur du liquide

- 4 schémas : 2 bouteilles reliées par un tuyau flexible
- à l'endroit / à l'envers / décalée dans un sens et dans l'autre.
- Cette expérience permet de comprendre que l'un des deux réservoirs doit être plus haut que l'autre pour permettre l'écoulement du liquide. Cela rejoint l'hypothèse concernant la hauteur d'eau (cela servira aussi à comprendre que pour régler finement l'écoulement de la clepsydre il faudra régler la différence de hauteur entre les deux réservoirs).

Atelier 3 : section du trou → proportionnalité (le temps d'écoulement est proportionnelle à l'aire du trou).

- Deux bouteilles identiques, mais l'une d'elle a un bouchon possédant un trou de section plus grande.
- Prévoir quelle bouteille va se vider en premier.
- Effectuer l'expérience.

Atelier 4 : Et le diamètre du trou d'arrivée d'air ?

- Deux bouteilles identiques, mais l'une d'elle avec un trou vers le culot de section plus grande.
- Prévoir quelle bouteille va se vider le plus vite.
- Effectuer l'expérience.
- Conclure.

Atelier 5 : Est-ce que l'eau peut être penchée ? (horizontalité de l'eau)

- schémas + 1 bouteille
- Entourer les schémas que l'on pense corrects.
- Effectuer les manipulations.
- Corriger éventuellement la fiche.
- Conclure.

Regroupement et synthèse collective :

➤ Reprendre collectivement tous les ateliers les uns après les autres. Construire une synthèse collectivement sur le TNI.

➤ Synthèse possible :

Atelier 1 : la hauteur d'eau dans le réservoir

Plus la pression de l'eau est forte, plus l'eau est projetée loin. (seringue). Donc la pression à la sortie du trou dépend de la hauteur entre la surface libre du liquide et le trou.

Plus la hauteur est grande, plus la pression est grande.

Pour la clepsydre : plus la colonne d'eau est haute, plus l'eau coule vite = plus le débit est important.

A noter : pour mettre en évidence que c'est bien la hauteur d'eau qui entre en jeu et non la quantité (même si, bien sûr pour une même bouteille les deux grandeurs sont corrélées : plus la quantité d'eau est importante, plus la colonne d'eau va être haute), on peut faire l'expérience suivante :

- Prendre 2 clepsydras construites comme celles de l'atelier 1 mais dont le seul paramètre qui change est le diamètre de la bouteille.

- Remplir les deux bouteilles avec la même hauteur d'eau.

Ouvrir les bouchons.

- Observer la longueur du jet qui sort et donc la vitesse de l'eau qui s'écoule.

Les 2 jets sont identiques et donc la vitesse d'écoulement est la même dans les 2 cas puisque les 2 hauteurs sont les mêmes ; pourtant la quantité d'eau dans les 2 bouteilles n'est pas la même, la bouteille plus large contient plus d'eau.



Atelier 2 : les vases communicants

Si on place 2 réservoirs à des hauteurs différentes, l'eau va s'écouler du niveau le plus haut vers le niveau le plus bas, jusqu'à ce que le niveau de l'eau soit le même dans les 2 récipients.

Atelier 3 : le diamètre (ou la surface) du trou d'écoulement de l'eau

Plus l'aire de la section (du trou) est grande, plus l'eau s'écoule vite (plus le débit est important).

Pour la clepsydre, plus le diamètre du trou d'écoulement de l'eau est grand, plus le débit est important.

Atelier 4 : le diamètre (ou la surface) du trou d'entrée de l'air

Plus l'aire de la section (du trou) est grande, plus l'eau s'écoule vite (plus le débit est important).

Pour la clepsydre, plus le diamètre du trou d'entrée de l'air est grand, plus le débit est important. Ce paramètre ne peut intervenir sur une clepsydre « classique » ayant déjà une ouverture supérieure maximum.

Atelier 5 : l'horizontalité de l'eau

La surface libre d'un liquide est toujours horizontale.

En conclusion : Pour une clepsydre, le débit dépend de 2 choses : la pression (hauteur du liquide) et l'aire de la section où l'eau s'écoule. Si la clepsydre n'a pas une ouverture supérieure maximum, on peut ajouter comme paramètre l'aire du trou où l'air entre.

Prolongement possible :

Atelier 6 (ou séance 6 décrochée) : Lecture de documents sur la clepsydre - lien avec l'histoire des sciences.

3- Défi

Matériel :

- Par groupe :
 - une bouteille avec fond percé et bouché par de la pâte à fixe, un verre mesureur, une cuvette ;
 - feuille de prévisions et de résultats, crayon de papier et gomme.
- Pour la classe : fichier TNI, série de bouchons de différents diamètres (4, 6 et 8 mm)

Présentation du défi :

- Construire une clepsydre qui permette de faire couler 500ml d'eau en 30 secondes.
- Pour relever ce défi, les élèves auront à leur disposition un tableau de valeurs qui donne le temps d'écoulement en fonction du diamètre du trou :

Aire du trou (mm ²)	7	?	70	140
Temps (s)	120	30	12	6

Recherche :

- Le tableau de valeurs permet de trouver l'aire du trou nécessaire pour répondre au défi, en s'appuyant sur les propriétés de linéarité :

Par exemple :

$$70 \xrightarrow{\times 2} 140$$

$$12 \xrightarrow{: 2} 6$$

$$7 \xrightarrow{\times 4} ?$$

$$120 \xrightarrow{: 4} 30$$

- Les relations de proportionnalité permettent de trouver la valeur de l'aire du trou correspondant à un écoulement d'une durée de 30 secondes : **28** mm².

Expérimentation

- Lorsque les élèves ont trouvé un résultat pour l'aire du trou, chaque groupe viendra chercher, après validation de l'enseignant, le bouchon avec l'aire trouvée, pour vérifier le résultat de sa recherche. 3 sortes de bouchons sont disponibles :

- Aire du trou 12 mm² (un diamètre de 4mm)

- Aire du trou 50 mm² (un diamètre de 8mm)

- Aire du trou 28 mm² (un diamètre de 6 mm)

- Expérimentation : mesure de la durée d'écoulement de **500 ml d'eau**.
- Si la mesure convient, alors le défi est réussi. Si la mesure est erronée (penser à donner une marge d'erreur !), alors le groupe pourra reprendre ses calculs pour construire une nouvelle clepsydre.

Mise en commun et synthèse

**Problème : Construire une clepsydre qui permette de faire couler
500ml d'eau en 30 secondes.**

Aidez-vous du tableau ci-dessous :

Aire du trou (mm ²)	7	?	70	140
Temps (s)	120	30	12	6

Prévision : Nous pensons qu'il faudra un trou de

Arguments (pourquoi fait-on ce choix?) :

Confrontation avec l'expérience :

Protocole de l'expérience que nous allons faire
pour vérifier que notre prévision est correcte

Synthèse (conclusion qui permet de résoudre le problème de départ)