

Séance de 1 heure | Situation et cours

Vidange d'un réservoir

Seconde TNE | Apport professionnel « Fluides »

Prénom et nom : Classe :

Énoncé — Contexte professionnel : vidange d'une cuve d'eau

Un installateur en génie climatique doit **vider une cuve de récupération d'eau de pluie** avant une intervention. La cuve se vide par un robinet de purge situé tout en bas. Le chef de chantier lui demande : « *Combien de temps va prendre la vidange ? Si on ouvre un robinet plus gros, est-ce que ça ira deux fois plus vite ? Et pourquoi l'eau coule-t-elle de moins en moins fort à la fin ?* »

Pour répondre, on va d'abord **observer le phénomène sur une simulation**, puis le mettre en équations.

Propriété — Vitesse de sortie de l'eau

L'eau qui sort par un orifice situé à une hauteur h sous la surface a une vitesse : $v = \sqrt{2gh}$ avec v en **m/s**, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (intensité de la pesanteur) et h en **mètres**.

Erreur fréquente — Prendre le temps calculé pour le temps réel

Les formules de cette page décrivent un modèle idéal : liquide parfait, petit orifice, grande cuve. Elles négligent les frottements et la forme du robinet. Une vraie vidange est plus lente : la simulation donne un temps théorique, pas un temps d'intervention garanti.

Méthode — Lien avec les mathématiques : la racine carrée

Comme v dépend de $\sqrt{h}$, la vitesse n'est pas proportionnelle à la hauteur. Par exemple, si h est multiplié par 9, $\sqrt{h}$ est multiplié par 3 : v n'est multipliée que par 3.

Définition — Section d'un orifice circulaire

Un orifice (robinet, trou) de diamètre d a une section, c'est-à-dire l'aire du disque : $s = \frac{\pi d^2}{4}$ avec s en m^2 et d en m. Le diamètre se convertit d'abord en mètres.

Définition — Débit qui sort de la cuve

Le débit volumique qui s'écoule par l'orifice vaut $Q = s \times v$, avec Q en **m³/s**, s en m^2 et v en m/s. On rappelle que $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$.

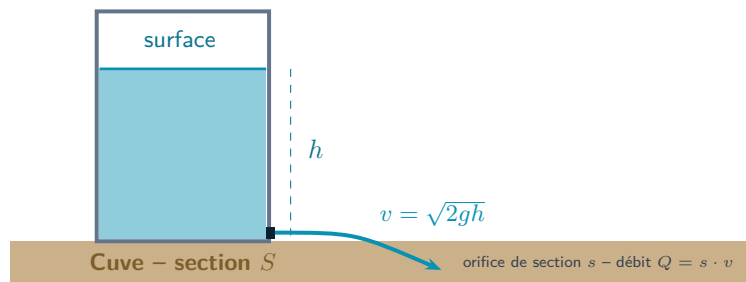
Propriété — Temps de vidange

Le débit diminue à mesure que le niveau baisse. On admet que le temps total de vidange d'une cuve de section S , remplie sur une hauteur h_0 , par un orifice de section s , vaut : $t = \frac{S}{s} \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$

Exercices | Socle

Vitesse, section, débit et temps de vidange

Écris tes calculs et l'unité de chaque résultat.



La cuve vue de côté, schéma sans échelle. L'eau monte à la hauteur h au-dessus de l'orifice de section s ; le jet sort à la vitesse v avec le débit Q . S est la section de la cuve.

Exercice 1 – Découvrir la loi avec la simulation

Exemple — Sur d'autres valeurs

Pour $h = 60$ cm, soit $0,60$ m : $2 \times 9,81 \times 0,60 = 11,772$ et $\sqrt{11,772} \approx 3,43$ m/s. La simulation affiche 3,43 m/s pour une hauteur de 60 cm.

À toi de jouer.

Ouvre la simulation « Vidange d'un réservoir ». Règle la section $S = 1\,000$ cm² et le diamètre $d = 12$ mm. **Sans lancer la vidange**, fais varier la hauteur d'eau initiale et relève la vitesse de sortie v affichée pour chaque hauteur :

Hauteur h (cm)	h (m)	v lue sur la simulation (m/s)	$\sqrt{2 \times 9,81 \times h}$ calculée
20	0,20		
45	0,45		
80	0,80		
120	1,20		

1. Comparer la colonne « v lue » et la colonne « calculée ». Que remarque-t-on ?
2. Quand on passe de $h = 20$ cm à $h = 80$ cm (hauteur $\times 4$), par combien la vitesse est-elle multipliée ?
3. Lancer maintenant la vidange et observer le jet : pourquoi faiblit-il au cours du temps ?

Exercice 2 – Calculer une vitesse de sortie**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Pour $h = 0,30 \text{ m}$: $2 \times 9,81 \times 0,30 = 5,886$, puis $v = \sqrt{5,886} \approx 2,43 \text{ m/s}$.

À toi de jouer.

Une cuve a une hauteur d'eau $h = 0,50 \text{ m}$ au-dessus du robinet de purge. On prend $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

1. Calculer le produit $2 \times g \times h$.
2. En déduire la vitesse v , en m/s , arrondie au centième.

Exercice 3 – Section d'un orifice**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Pour $d = 8 \text{ mm}$: $1 \text{ m} = 1\,000 \text{ mm}$, donc $d = 8 \div 1\,000 = 0,008 \text{ m}$. Puis $d^2 = 0,008 \times 0,008 = 0,000\,064 \text{ m}^2$ et $s = \pi \times 0,000\,064 \div 4 \approx 0,000\,050\,3 \text{ m}^2$. En écriture scientifique, on décale la virgule de 5 rangs vers la droite : $s \approx 5,03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

À toi de jouer.

Le robinet de purge a un diamètre $d = 10 \text{ mm}$.

1. Convertir le diamètre en mètres.
2. Calculer la section $s = \frac{\pi d^2}{4}$, en m^2 . Donner le résultat en écriture scientifique.

Exercice 4 – Calculer un débit**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Pour $s = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ et $v = 2,0 \text{ m/s}$: $Q = 5,0 \times 10^{-5} \times 2,0 = 1,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, soit $1,0 \times 10^{-4} \times 1\,000 = 0,10 \text{ L/s}$.

À toi de jouer.

À un instant donné, l'eau sort à $v = 3,0 \text{ m/s}$ par un orifice de section $s = 8,0 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

1. Calculer le débit $Q = s \times v$, en m^3/s .
2. Convertir ce débit en litres par seconde ($1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L}$).

Exercices | Standard

Exercice 5 – Lire un temps de vidange sur la simulation

Exemple — Sur d'autres valeurs

Pour $S = 0,20 \text{ m}^2$, $h_0 = 0,45 \text{ m}$ et $s = 2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$: $S \div s = 0,20 \div 0,0002 = 1\,000$;
 $\sqrt{2 \times 0,45 \div 9,81} \approx 0,303$; $t \approx 1\,000 \times 0,303 = 303 \text{ s}$.

À toi de jouer.

Sur la simulation, on règle une cuve de section $S = 1\,000 \text{ cm}^2$, remplie sur $h_0 = 80 \text{ cm}$, avec un orifice $d = 12 \text{ mm}$.

1. Lancer la vidange et relever le **temps de vidange total** affiché.

2. Retrouver ce temps par le calcul avec $t = \frac{S}{s} \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$, sachant $S = 0,10 \text{ m}^2$, $s = 1,13 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, $h_0 = 0,80 \text{ m}$.

3. Le résultat lu et le résultat calculé sont-ils cohérents ?

Exercices | Approfondissement

Exercice 6 – Effet du diamètre : un orifice deux fois plus gros

Exemple — Sur d'autres valeurs

Un diamètre qui passe de 4 mm à 12 mm est multiplié par 3. La section, qui dépend de d^2 , est multipliée par $3 \times 3 = 9$. Comme $t = (S \div s) \times \sqrt{2h_0 \div g}$, le temps de vidange est divisé par 9.

À toi de jouer.

Sur la simulation, on garde $S = 1\,000 \text{ cm}^2$ et $h_0 = 80 \text{ cm}$. On compare un orifice de $d = 10 \text{ mm}$ et un orifice de $d = 20 \text{ mm}$ (diamètre doublé).

1. Calculer la section s dans les deux cas. Quand le diamètre double, par combien la section est-elle multipliée ?

2. D'après $t = \frac{S}{s} \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$, par combien le temps de vidange est-il divisé quand on passe de 10 à 20 mm ?

3. Vérifier en lançant les deux vidanges sur la simulation et en comparant les temps affichés.

Mon bilan avec l'enseignant : ☐ Calculer une vitesse ☐ Section et débit ☐ Temps de vidange.