

PARTIE 1 commune à tous les candidats (8 points)
Étude du volume d'eau de pluie dans la cuve.

Le **document 1** est une carte des précipitations annuelles de 2019 et le **document 2** présente la relation permettant de calculer le volume maximal d'eau de pluie récupérable V_{\max} d'une toiture suivant la région. La maison écologique étudiée se situe à Auxerre.

Document 1 : précipitations annuelles 2019.



Les valeurs indiquées correspondent aux précipitations annuelles p en millimètres.

Source : d'après météoFrance.fr

Document 2 : détermination du volume maximal d'eau de pluie.

$$V_{\max} = p \times S_{\text{toit}} \times K_T \times K_F$$

- V_{\max} : volume maximal récupérable d'eau de pluie par an en mètre cube (m^3)
- p : précipitation annuelle en mètre (m)
- S_{toit} : surface du toit en mètre carré (m^2)
- K_T : coefficient de restitution (sans unité)
 - toit en tuiles ou ardoises en pente : $K_T = 0,90$
 - toit ondulé en pente : $K_T = 0,80$
 - toit plat ou toit terrasse : $K_T = 0,60$
- K_F : coefficient de rendement hydraulique du système de filtration (sans unité)
 $K_F = 0,90$ pour un système bien entretenu

Source : d'après ecologie.gouv.fr

1.1. Calculer le volume maximal V_{\max} d'eau de pluie récupérable par an pour un toit ondulé en pente bien entretenu de surface $S_{\text{toit}} = 50 \text{ m}^2$ à Auxerre.

1.2. Calculer combien de fois la cuve pourra être remplie par an.

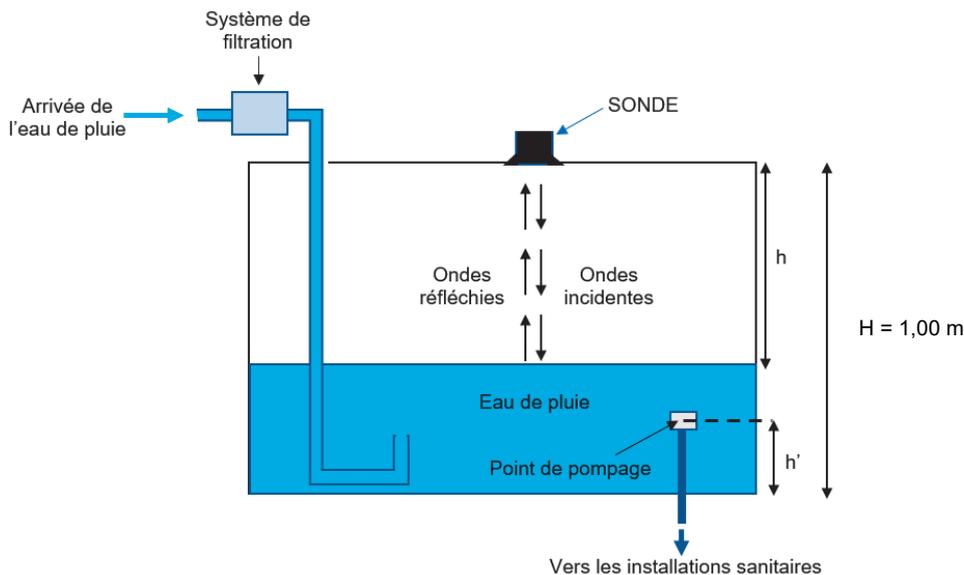
Données

Hauteur de la cuve : $H = 1,00 \text{ m}$

Surface de la base de la cuve : $S_{\text{cuve}} = 5,00 \text{ m}^2$

Pour vérifier le volume d'eau contenu dans la cuve de récupération, celle-ci est équipée d'un capteur présenté dans les **documents 3 et 4**.

Document 3 : schéma de la cuve à récupération d'eau de pluie.



Document 4 : présentation d'une sonde commerciale.

La sonde commerciale étudiée utilise des ondes sonores pour déterminer le niveau de liquide dans une cuve ou un bassin.

Cette sonde est un transducteur piézoélectrique fonctionnant successivement en émetteur et en récepteur.

La sonde émet vers le liquide de courtes salves de durée $\tau = 0,50$ ms.

Les salves sont constituées d'impulsions de fréquence 40 kHz. Elles sont réfléchies par la surface du liquide et reçues par la sonde.



Prix : environ 1 000 euros

Caractéristiques techniques

- Plage de mesures dans les liquides jusqu'à 15 m
- Incertitude-type du constructeur sur la mesure de la hauteur h : $u(h) = 10$ mm
- Grande robustesse, bonne étanchéité
- Grande résistance aux vibrations
- Connectivité Bluetooth avec application

Source : d'après le site du constructeur

1.3. D'après le **document 4**, indiquer si les ondes utilisées par le capteur sont des ondes électromagnétiques ou des ondes mécaniques. Justifier la réponse.

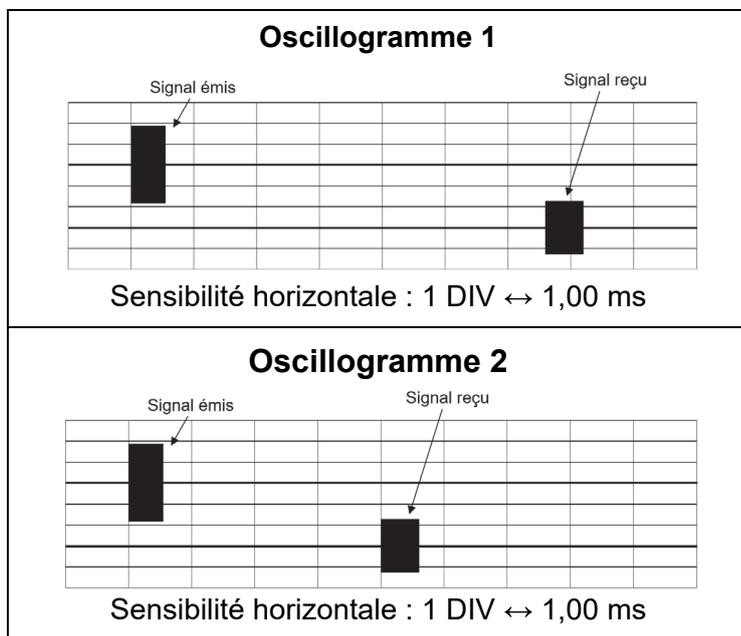
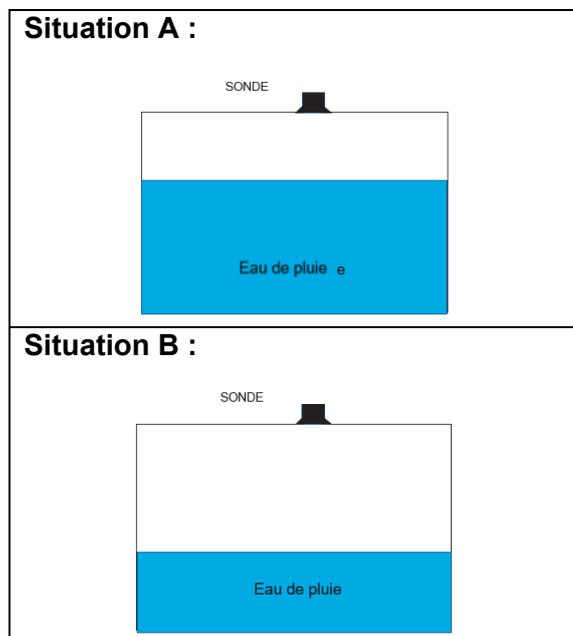
1.4. À l'aide du **document 5**, indiquer à quel domaine ces ondes appartiennent.

Document 5 : domaines associés aux fréquences des ondes sonores.

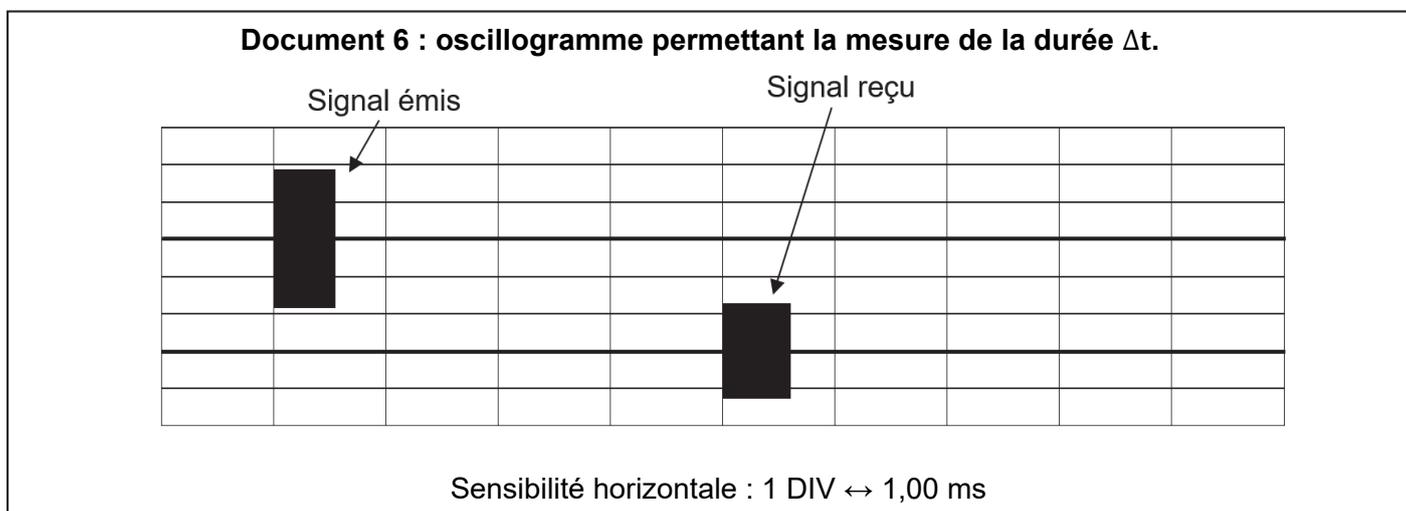


La sonde permet d'obtenir des mesures de hauteur. Les oscillogrammes présentés ci-dessous en sont une illustration.

1.5. Associer à chaque **situation A et B** présentée ci-dessous l'**oscillogramme 1 ou 2** qui lui correspond. Expliquer votre démarche.



1.6. À l'aide du **document 6**, déterminer la durée Δt entre l'émission et la réception du signal pour la cuve étudiée.



1.7. À l'aide du **document 3**, vérifier alors que la hauteur h mesurée entre le capteur et la surface de l'eau vaut 68,0 cm.

Donnée

Célérité du son dans l'air à 25 °C : $c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

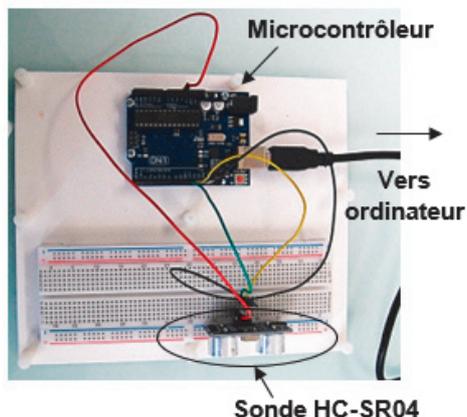
Un point de pompage, dans la cuve, permet d'envoyer l'eau de pluie récupérée dans les installations sanitaires. Ce point de pompage est situé à une hauteur $h' = 25,0 \text{ cm}$ du fond de la cuve (**document 3**).

1.8. Vérifier alors si le niveau de l'eau de pluie récupérée est suffisant pour le système de pompage.

Une autre sonde est testée en laboratoire dans des conditions expérimentales similaires à l'utilisation de la sonde commerciale dans la cuve. La sonde testée est une sonde HC-SR04 pilotée par un microcontrôleur relié à un ordinateur.

L'expérimentation réalisée permet de déterminer la précision de cette nouvelle sonde.

Document 7 : présentation du dispositif sonde HC-SR04 piloté par un microcontrôleur relié à un ordinateur.



Prix du dispositif (sans ordinateur) : environ 50 euros

Programme du microcontrôleur :

```

1  int trig = 11;           // émetteur sur la PIN 11
2  int echo = 12;          // récepteur sur la PIN 12
3  float h;                // placer l'objet à la distance h, en cm
4  float v =340;           // vitesse du son dans l'air, en m/s
5  float t;                // durée entre l'émission et la réception, en microsecondes
6  void setup() {
7      pinMode(emetteur,OUTPUT);
8      pinMode(recepteur,INPUT);
9      Serial.begin(9600);
10     digitalWrite(emetteur,LOW);
11 }
12 void loop() {
13     digitalWrite(emetteur,HIGH); // émettre des ultrasons
14     delayMicroseconds(2);        // émission d'un pulse ultrason pendant 2 microsecondes
15     digitalWrite(emetteur,LOW); // arrêter d'émettre
16     t=pulseIn(recepteur,HIGH);
17     h=v*t/2/10000 ;              // calcul de h avec prise en compte des conversions
18     Serial.println(h,1);         // afficher h sur le moniteur série avec un chiffre après la virgule
19     Serial.print("h (en cm)= "); // écrire h (en cm) sur l'ordinateur
20     delay(1000);
21 }

```

1.9. Justifier la relation de la ligne 17 du programme du microcontrôleur présenté dans le **document 7**.

Les résultats des mesures de la hauteur h par la sonde HC-SR04 sont présentées dans le tableau ci-dessous :

n° de la mesure	1	2	3	4	5	6	7	8
h (cm)	68,0	65,5	68,0	68,0	67,9	67,9	68,0	68,0

n° de la mesure	9	10	11	12	13	14	15
h (cm)	68,0	67,9	67,8	68,0	67,9	67,9	68,0

Document 8 : détermination de l'incertitude-type sur la mesure de la hauteur h.

$$u(h) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

$u(h)$: incertitude-type sur la mesure de la hauteur h

σ_{n-1} : écart type expérimental

n : nombre de mesures effectuées

- 1.10.** Calculer l'incertitude-type $u(h)$ sur la mesure de la hauteur h avec un écart type expérimental σ_{n-1} de 0,64 cm.
- 1.11.** Proposer au minimum 2 avantages et 2 inconvénients de chaque sonde dans le cadre d'une utilisation dans une cuve de récupération.