

Proposition de l'activité 2

Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'illustrer la propagation d'une perturbation mécanique.

■ Objectifs de formation

La démarche de modélisation occupe une place centrale dans l'activité des physiciens et des chimistes pour établir un lien entre le « monde » des objets, des expériences, des faits et le « monde » des modèles et des théories.

■ Organisation du programme

- dispositifs expérimentaux et numériques (capteurs, instruments de mesure, microcontrôleurs, etc.) ;
- notions en lien avec les sciences numériques (programmation, simulation, etc.).

En classe de première de la voie générale, les élèves qui suivent l'enseignement de spécialité de physique-chimie expriment leur goût des sciences et font le choix d'acquérir les modes de raisonnement inhérents à une formation par les sciences expérimentales.

Le programme de physique-chimie de la classe de première s'inscrit dans la continuité de celui de la classe de seconde, en promouvant la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation** et en proposant une approche concrète et **contextualisée** des concepts et phénomènes étudiés.

Le projet de programme de 1S est constitué de **4 thèmes** :

- **Constitution et transformation de la matière**
- **Mouvement et interactions**
- **L'énergie : Conversions et transferts**
- **Ondes et signaux**

Chaque thème comporte une introduction spécifique indiquant les objectifs de formation, les domaines d'application et un rappel des notions abordées dans les classes de seconde ou au collège. Elle est complétée par un tableau en deux colonnes identifiants, d'une part, les notions et contenus à connaître, d'autre part, les capacités exigibles ainsi que les **activités expérimentales** supports .

- des notions transversales (modèles, variations et bilans, réponse à une action, etc.) ;
- des notions liées aux valeurs des grandeurs (ordres de grandeur, mesures et incertitudes, unités, etc.) ;
- des dispositifs expérimentaux et numériques (capteurs, instruments de mesure, microcontrôleurs, etc.) ;
- des notions mathématiques (situations de proportionnalité, grandeurs quotient, puissances de dix,

1. Ondes mécaniques

Cette partie s'appuie sur les connaissances acquises en classe de seconde à propos des signaux sonores pour décrire des ondes dans des domaines variés. Le rôle particulier joué par le modèle des ondes périodiques permet d'introduire la double périodicité et la notion de longueur d'onde, comme grandeur dépendant à la fois de la source et du milieu.

Les domaines d'application sont nombreux : musique, médecine, investigation par ondes ultrasonores, géophysique, audiométrie, etc. Les activités expérimentales associées à cette partie du programme fournissent aux élèves l'occasion d'utiliser des outils variés comme des capteurs, des microcontrôleurs, des logiciels d'analyse ou de simulation d'un signal sonore, etc. L'emploi d'un smartphone comme outil d'acquisition et de caractérisation d'un son peut être envisagé.

Notions abordées en seconde

Signal sonore, propagation, vitesse de propagation, fréquence, période.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Onde mécanique progressive. Grandeurs physiques associées.	Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc. Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel. <i>Produire une perturbation et visualiser sa propagation dans des situations variées, par exemple : onde sonore, onde le long d'une corde ou d'un ressort, onde à la surface de l'eau.</i>
Célérité d'une onde. Retard.	Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde. <i>Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde.</i> <i>Illustrer l'influence du milieu sur la célérité d'une onde.</i>

La présentation du programme ***n'impose pas l'ordre de sa mise en œuvre par le professeur***, laquelle relève de sa liberté pédagogique.

En classe de première, une identification des capacités expérimentales à faire acquérir aux élèves dans le cadre des activités expérimentales est établie.

Situation dans le programme de première spécialité

■ Ondes et signaux

1. Ondes mécaniques

Cette partie s'appuie sur les connaissances acquises en classe de seconde à propos des signaux sonores pour décrire des ondes dans des domaines variés. Le rôle particulier joué par le modèle des ondes périodiques permet d'introduire la double périodicité et la notion de longueur d'onde, comme grandeur dépendant à la fois de la source et du milieu.

Les domaines d'application sont nombreux : musique, médecine, investigation par ondes ultrasonores, géophysique, audiométrie, etc. Les activités expérimentales associées à cette partie du programme fournissent aux élèves l'occasion d'utiliser des outils variés comme des capteurs, des microcontrôleurs, des logiciels d'analyse ou de simulation d'un signal sonore, etc. L'emploi d'un smartphone comme outil d'acquisition et de caractérisation d'un son peut être envisagé.

Notions abordées en seconde

Signal sonore, propagation, vitesse de propagation, fréquence, période.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Onde mécanique progressive. Grandeurs physiques associées.	Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc. Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel. Produire une perturbation et visualiser sa propagation dans des situations variées, par exemple : onde sonore, onde le long d'une corde ou d'un ressort, onde à la surface de l'eau.
Célérité d'une onde. Retard.	Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde. Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde. Illustrer l'influence du milieu sur la célérité d'une onde.

Capacités expérimentales

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'illustrer la propagation d'une perturbation mécanique.

Trame générale de l'activité

➤ **Compétences de la démarche scientifique mises en jeu :**

- **S'approprier**
- **Analyser**
- **Réaliser**
- **Valider**
- **Communiquer**
-

➤ **Intentions pédagogiques :**

Niveau visé : Première spécialité

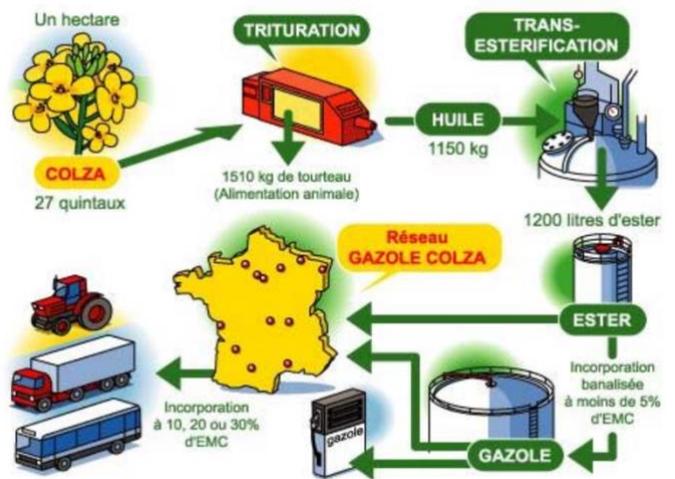
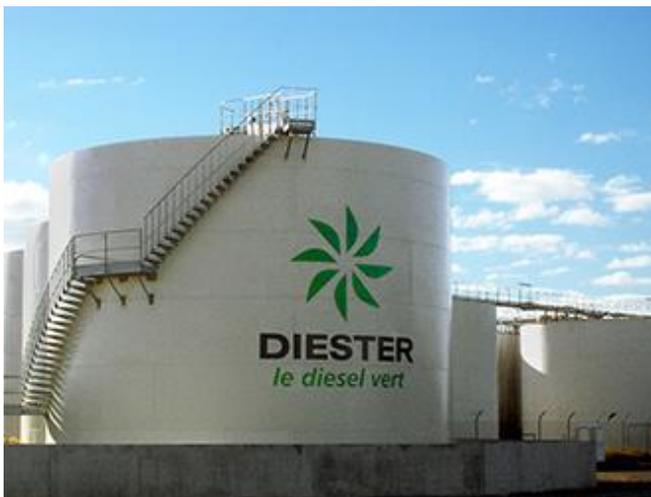
Cette activité a été construite avec l'objectif de travailler les compétences de la démarche scientifique à travers une activité expérimentale.

Cette activité vise à exercer l'élève à analyser des documents, des données traitant de notions qui n'ont pas été abordées pendant le temps de classe.

Cette activité sert de support à l'utilisation d'un microcontrôleur type « arduino ».

Sujet de l'activité

La physique au service de la chimie industrielle



Dans le cadre du développement de biocarburant, les industries chimiques développent des protocoles de synthèses de plus en plus performant. L'entreprise SAIPOL située à Bassens à côté de Bordeaux, synthétise ce type de carburant par transestérification.

L'Ester Méthylique de Colza (EMC) est synthétisé à partir de deux réactifs principaux que sont l'huile de colza et le méthanol. Ces réactifs sont stockés dans des cuves cylindriques de *information en cours* m de hauteur et pouvant contenir jusqu'à m³ de réactifs.

Lors du procédé de fabrication, il est impératif de connaître le volume de réactif introduit et donc la hauteur de liquide restant dans la cuve. À l'aide de capteurs de niveaux ultrasoniques, les techniciens connaissent à chaque instant la quantité de réactif introduit.

Comment mesurer expérimentalement le niveau d'huile contenu dans la cuve ?

PARTIE I : Mesure par capteur de niveau ultrasonique de la hauteur de liquide dans la cuve

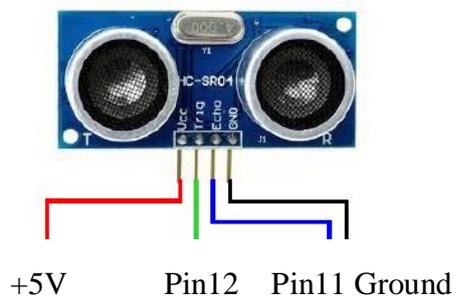
PARTIE I : Mesure de la hauteur de liquide contenu dans la cuve

document 1 : Microcontrôleur Arduino UNO avec capteur ultrasonore HC-SR04

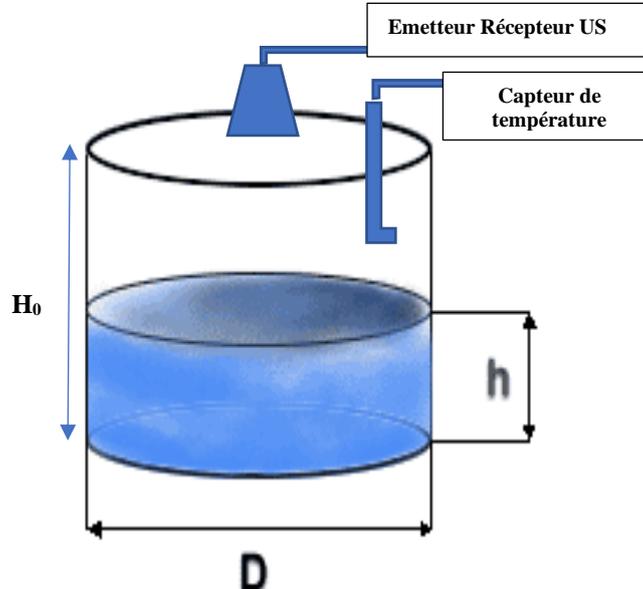
Carte microcontrôleur Arduino



Emetteur Récepteur ultrasonore



document 2 : Principe de la mesure

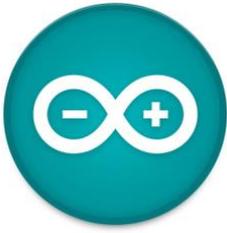


En mesurant la durée de parcours des US entre l'émission et la réception, le capteur envoie au microcontrôleur un « temps de vol » des US dans l'air situé au-dessus du liquide.

Document 3 : Vitesse des ultrasons et température

$$v(\theta) = v(0^\circ\text{C}) \times \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}} \text{ avec } v(0^\circ\text{C}) = 330 \text{ m.s}^{-1}$$

θ (°C)	16	18	20	22	24	26
v (m.s ⁻¹)	339,4	340,5	341,7	342,9	344,0	345,2



- Brancher le microcontrôleur au port USB de l'ordinateur Relier les différents fils (Rouge Vert Bleu Noir) permettant d'alimenter le capteur.
- Ouvrir le logiciel de contrôle Arduino
- Ouvrir le fichier « »

Le code suivant s'affiche

1. Déclaration et initialisation des variables

```

/*
 * Code pour un capteur à ultrasons HC-SR04 et capteur de température .
 */

/* Constantes pour les broches */
const byte TRIGGER_PIN = 12; // Broche TRIGGER
const byte ECHO_PIN = 11; // Broche ECHO

//Déclaration et initialisation des variables capteur température
float mesure=0; //Variable pour le stockage mesure retournée par le capteur
float tension=0; //Variable pour le stockage de la tension
float temperature=0; //Variable pour le stockage de la température
int portanal = 1; //Numéro du port analogique sur lequel la température est mesurée

/* Constantes pour le timeout */
const unsigned long MEASURE_TIMEOUT = 25000UL; // 25ms = ~8m à 340m/s

/* Vitesse du son dans l'air en mm/us */
const float vitesse = 340.0 / 1000;

```

2. Initialisation des ports de la carte Arduino (fonction « void setup »)

```

/** Fonction setup() */
int compt = 0;
void setup() {

  /* Initialise le port série */
  Serial.begin(115200);

  /* Initialise les broches */
  pinMode(TRIGGER_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW); // La broche TRIGGER doit être à LOW au repos
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
}

```

3. Réglage des paramètres de mesures et d'affichage (fonction « loop »)

```

/** Fonction loop() */
void loop() {
  compt += 1;
  /* 1. Lance une mesure de distance en envoyant une impulsion HIGH de 10µs sur la broche TRIGGER */
  digitalWrite(TRIGGER_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW);

  /* 2. Mesure le temps entre l'envoi de l'impulsion ultrasonique et son écho (si il existe) */
  long mesure = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, MEASURE_TIMEOUT);

  /* 3. Calcul la distance à partir du temps mesuré */
  float distance_mm = mesure / 2.0 * vitesse;

  /* Affiche les résultats en mm, cm et m */
  Serial.print(" ");
  Serial.print("durée: ");
  Serial.print(mesure);
  Serial.print(" microsec ");
  Serial.print(compt);
  Serial.print(F(" . Distance: "));
  Serial.print(distance_mm, 1);
  Serial.print(F("mm ("));
  Serial.print(distance_mm / 10.0, 1);
  Serial.print(F("cm, "));
  Serial.print(distance_mm / 1000.0, 2);
  Serial.println(F("m"));
  delay(100);
}

```

```

// code température//
//Lecture de la valeur fournie par le capteur de température
mesure = analogRead(portana1);

//Conversion en tension (en volt)
tension = mesure * 5 / 1024;
//Conversion en température (en degré Celsius)
temperature = tension * 100;
//Envoi de la tension et des températures à l'ordinateur par la liaison série pour affichage dans la console
Serial.print("température:");
Serial.print (temperature);
delay(2000);
if (compt >10){ exit(0) ;
}
}
}

```

➤ Pour « téléverser » le programme, cliquer sur l'icône en haut à gauche :



➤ Pour visualiser les mesures effectuées cliquer sur l'icône en haut à droite :



➤ Un écran de ce type apparaît :

```

durée: 732 microsec      1 . Distance: 124.4mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.00      durée: 732 microsec      2 . Distance: 124.4mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.00      durée: 737 microsec      3 . Distance: 125.3mm (12.5cm, 0.13m)
température:21.00      durée: 732 microsec      4 . Distance: 124.4mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.48      durée: 732 microsec      5 . Distance: 124.4mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.00      durée: 738 microsec      6 . Distance: 125.5mm (12.5cm, 0.13m)
température:21.00      durée: 731 microsec      7 . Distance: 124.3mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.00      durée: 731 microsec      8 . Distance: 124.3mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.00      durée: 738 microsec      9 . Distance: 125.5mm (12.5cm, 0.13m)
température:21.00      durée: 732 microsec     10 . Distance: 124.4mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.00      durée: 732 microsec     11 . Distance: 124.4mm (12.4cm, 0.12m)
température:21.00

```

Approprier

1. A l'aide des documents fournis, expliquer le principe de la mesure de profondeur à l'aide de capteurs ultrasoniques. Vous schématiserez le trajet des ultrasons en recopiant le schéma du document 2.
2. A l'aide du code « déclaration et initialisation des variables », dire sur quel port est branché le récepteur ultrasonore ?
3. A l'aide de la partie du code « paramètres de mesures et affichage », quel calcul réalise la carte Arduino lorsqu'elle lit la ligne suivante :

```
float distance_mm = mesure / 2.0 * vitesse;
```

Analyser

4. Expliquer l'origine du facteur 2,0 utilisé pour le calcul précédent.
5. La distance calculée par le microcontrôleur correspond à quelle variable du document 2.
6. Exprimer la profondeur p du niveau d'huile en fonction des dimensions de la cuve.

Réaliser

7. En utilisant le code fourni, quelle valeur de la vitesse allez-vous utiliser pour réaliser vos mesures. Justifier.
8. Compléter la partie du code nécessaire et « téléverser » le programme sur la carte Arduino.
9. Réaliser la mesure de la profondeur de l'eau p contenue dans la cuve, présente sur votre paillasse.
10. Compléter le tableau suivant :

Durée (s)									
Distance (m)									
Vitesse (m.s ⁻¹)									

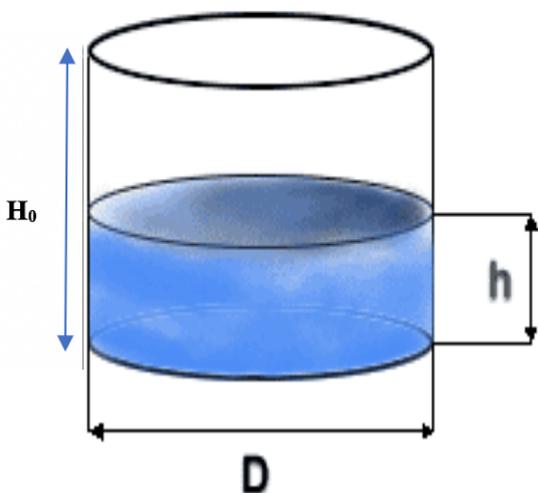
Compléter la dernière ligne du tableau et comparer à la valeur rentrée dans le programme. Commenter.

Valider

Vous disposez d'un flacon contenant un volume inconnu V , d'eau colorée.

11. A l'aide des mesures réalisées et des dimensions de la cuve, déterminer le volume V contenu dans le flacon. Vérifier la cohérence de votre mesure en utilisant une balance au 1/10^{ème} de gramme.
12. Répondre à la question de départ concernant la cuve industrielle d'huile.

Rappel : masse volumique de l'eau $\rho_{eau} = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$



Durée mesurée : $\Delta t =$ information en cours ms
Diamètre de la cuve : information en cours m
Hauteur H_0 de la cuve : informations en cours m
Température : 20 °C

Déterminer le volume V en m³ restant dans la cuve d'huile ?