

Spécialité PC	THEME 4 <i>Chapitre 1 – Propriétés des ondes sonores</i> <i>Chapitre 3 – Effet Doppler</i>	ISAAC de l'étoile LYCÉE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

TP5 – Les ondes sonores en ateliers tournants

Mesurer une vitesse par effet Doppler · étudier l'atténuation d'un son

I – CONTEXTE ET ORGANISATION

Les ondes sonores et ultrasonores servent à mesurer des vitesses (radars, échographie Doppler) et leur atténuation conditionne l'isolation phonique d'un logement. Ce TP est organisé en **trois ateliers tournants** : chaque groupe passe successivement sur les trois postes, dans l'ordre indiqué par le professeur. Ces trois manipulations font partie des sujets possibles d'ECE en fin d'année.

Atelier	Ce que l'on cherche	Ordre de passage	Réalisé
A	Mesurer la vitesse d'une voiture par effet Doppler	 / 3	☐
B	Vérifier comment l'intensité sonore diminue avec la distance	 / 3	☐
C	Comparer l'atténuation par absorption de différents matériaux	 / 3	☐

Groupe :

★ Question traitée en cours : pas d'urgence en TP, son résultat peut être admis pour la suite.

Si le temps manque pour un atelier, voir la partie VI.

II – RECHERCHES DANS LE COURS (avant le premier atelier)

Les cours des chapitres 1 (propriétés des ondes sonores) et 3 (effet Doppler) sont mis à disposition. Y rechercher les réponses aux questions suivantes : elles serviront dans les trois ateliers.

R1. Définir l'intensité sonore I et donner son unité.

.....

.....

.....

.....

R2. ★ Donner l'expression du niveau d'intensité sonore L en précisant le nom et l'unité de chaque grandeur.

.....

.....

.....

.....

R3. Qu'appelle-t-on atténuation d'un son ? Donner son expression et son unité, puis distinguer atténuation géométrique et atténuation par absorption.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 4 <i>Chapitre 1 – Propriétés des ondes sonores</i> <i>Chapitre 3 – Effet Doppler</i>	ISAAC de l'étoile LYCÉE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

R4. Qu'est-ce que l'effet Doppler ? Donner l'expression du décalage Doppler lorsque l'émetteur et le récepteur se rapprochent à une vitesse v faible devant la célérité c de l'onde.

.....

.....

.....

.....

.....

❖ **Données**

- Célérité du son dans l'air : $c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Incertitude-type d'une série de n mesures indépendantes, de moyenne $\bar{x}$ et d'écart-type s (touche Sx ou $\sigma-1$ de la calculatrice, ECARTYPE du tableur) : $u(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$. Le résultat s'écrit $x = \bar{x} \pm u(\bar{x})$.

III - ATELIER A — MESURER UNE VITESSE PAR EFFET DOPPLER

❖ **Le montage (déjà réalisé sur la paillasse)**

- Un émetteur d'ultrasons, relié à la sortie SA1 de la console, émet un signal sinusoïdal de fréquence $f_E = 40\,000 \text{ Hz}$, enregistré sur la voie EA0.
- Le récepteur d'ultrasons est relié à la voie EA1. Une petite voiture, alimentée par les rails, se déplace et fait varier la distance entre l'émetteur et le récepteur.
- Latis Pro est déjà paramétré : l'acquisition démarre automatiquement quand le signal reçu sur EA1 dépasse un seuil de déclenchement.

A.1 – S'approprier : la voiture à l'arrêt

1. La voiture étant immobile, lancer une acquisition pour trois positions différentes de la voiture. Comparer les signaux émis (EA0) et reçu (EA1) : qu'est-ce qui reste identique ? qu'est-ce qui change d'une position à l'autre ?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Ouvrir la feuille de calcul de Latis Pro et y saisir les deux lignes ci-dessous, puis exécuter le calcul (touche F2).
Noter les valeurs obtenues.

fE=Frequence(EA0)

fR=Frequence(EA1)

.....

.....

.....

.....

3. Lorsque la voiture roulera vers l'émetteur, la fréquence reçue sera-t-elle plus grande ou plus petite que 40 000 Hz ? Justifier à l'aide de vos recherches (R4).

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 4 <i>Chapitre 1 – Propriétés des ondes sonores</i> <i>Chapitre 3 – Effet Doppler</i>	ISAAC de l'étoile LYCÉE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

APPEL n°1		
 .	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	 .

A.2 – Réaliser : la voiture en mouvement

4. Seuil de déclenchement à 150 mV. Faire rouler la voiture vers l'émetteur et relever le décalage Doppler Δf . Réaliser au moins 6 passages.

Passage	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δf (Hz)									

5. Pourquoi le fait de modifier le seuil de déclenchement permet-il de mesurer la vitesse à un autre endroit du parcours ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Recommencer avec un seuil de déclenchement de 250 mV. Réaliser au moins 6 passages.

Passage	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δf (Hz)									

APPEL n°2		
 .	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	 .

A.3 – Exploiter et conclure

7. Pour chaque série, calculer la moyenne, l'écart-type et l'incertitude-type du décalage Doppler.

Seuil	n	Moyenne Δf (Hz)	s (Hz)	$u(\Delta f)$ (Hz)	v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
150 mV					
250 mV					

Spécialité PC	THEME 4 Chapitre 1 – Propriétés des ondes sonores Chapitre 3 – Effet Doppler	ISAAC de l'étoile LYCÉE M. VAN HORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

8. En déduire la vitesse v de la voiture et son incertitude-type $u(v) = c \times \frac{\Delta f}{f_E}$ pour chaque seuil. Compléter la dernière colonne du tableau.

.....

.....

.....

.....

.....

9. Conclure : la vitesse de la voiture est-elle la même aux deux endroits du parcours ? Justifier en tenant compte des incertitudes.

.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	

IV - ATELIER B — ATTÉNUATION GÉOMÉTRIQUE

❖ Le montage

- Un émetteur d'ultrasons (40 kHz) fait face à un récepteur d'ultrasons relié à un oscilloscope. La base de temps est déjà réglée sur 20 $\mu\text{s}/\text{div}$: **ne pas la modifier**.
- On admet que l'intensité sonore reçue est proportionnelle au carré de l'amplitude U_{max} de la tension délivrée par le récepteur : $I = k \times U_{\text{max}}^2$.
- Attention** : la distance réelle entre émetteur et récepteur est plus petite que celle lue sur la règle (6 cm lus $\approx$ 4,5 cm réels). **Retrancher 1,5 cm à chaque lecture**.

B.1 - Analyser

1. ★ À l'aide de R3, expliquer pourquoi l'intensité sonore diminue lorsque le récepteur s'éloigne de l'émetteur.

.....

.....

.....

.....

2. ★ Montrer que, si $I = \frac{P}{S}$, alors U_{max}^2 est proportionnel à $\frac{1}{r^2}$.

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 4 <i>Chapitre 1 – Propriétés des ondes sonores</i> <i>Chapitre 3 – Effet Doppler</i>	ISAAC de l'étoile LYCÉE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

3. Proposer un protocole pour vérifier cette relation : grandeurs mesurées, appareils, choix des distances, graphique à tracer.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°1		
 .	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	 .

B.2 – Réaliser

4. Mettre en œuvre le protocole et compléter le tableau.

Coup de pouce : trop près de l'émetteur, les mesures ne sont pas fiables ; commencer vers 5 cm (distance réelle). Les distances réelles de 10 cm et 20 cm sont imposées (question 7). Pour U_{max} , mesurer la tension crête à crête et la diviser par 2 : c'est plus précis.

Mesure	1	2	3	4	5	6	7
d lue (cm)			11,5		21,5		
d réelle (cm)			10		20		
U_{max} (V)							
$1/d^2$ (cm ⁻²)							
U_{max}^2 (V ²)							

APPEL n°2		
 .	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	 .

B.3 – Exploiter et conclure

5. Tracer U_{max}^2 en fonction de $1/d^2$ avec l'outil de votre choix (Excel, Calc ou calculatrice) et modéliser. La relation est-elle vérifiée ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 4 <i>Chapitre 1 – Propriétés des ondes sonores</i> <i>Chapitre 3 – Effet Doppler</i>	ISAAC de l'étoile LYCÉE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

2. Proposer un protocole pour déterminer l'atténuation due à l'absorption par chaque matériau.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°1		
 .	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	 .

C.2 – Réaliser

3. Mettre en œuvre le protocole et compléter les colonnes « L » et « A » du tableau ci-dessous.
4. Peser chaque obstacle. Rechercher en ligne un encadrement de la masse volumique ρ de chaque matériau (inutile de la calculer) et compléter le tableau.

Matériau	m (g)	ρ (g·cm ⁻³) : encadrement	L (dB)	A (dB)
Sans obstacle	—	—		—
Bois				
Liège				
Polystyrène expansé				
PVC expansé				

APPEL n°2		
 .	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	 .

C.3 – Exploiter et conclure

5. Classer les matériaux par masse volumique croissante, puis par atténuation croissante. Conclure sur l'effet de la masse volumique du matériau sur l'absorption.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 4 <i>Chapitre 1 – Propriétés des ondes sonores</i> <i>Chapitre 3 – Effet Doppler</i>	ISAAC de l'étoile LYCÉE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

6. Citer une application de ce résultat.

.....

.....

.....

.....

APPEL n°3		
 .	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	 .

VI – SI LE TEMPS MANQUE : LE DIGIPAD DE LA CLASSE

Cette partie ne concerne que les ateliers qui n'ont pas pu être réalisés par tous les groupes. Le professeur indique en fin de séance quels groupes déposent sur le Digipad, et pour quel atelier.

❖ Mon groupe dépose sur le Digipad (atelier, avant le,)

- ☐ Un enregistrement audio de 2 minutes maximum : ce que vous avez cherché à mesurer, comment, et ce que vous avez trouvé.
- ☐ Une photo du montage, légendée : nom de chaque appareil et de son rôle.
- ☐ Le tableau de mesures et le graphique (photo nette ou capture d'écran).
- ☐ Le résultat et la conclusion, en une ou deux phrases, avec l'incertitude quand il y en a une.
- ☐ Un conseil pour un élève qui tomberait sur cet atelier à l'ECE : le piège à éviter, le réglage à ne pas oublier.

Sur les photos et les vidéos, on montre le montage et les mains, pas les visages.

❖ Mon groupe n'a pas réalisé un atelier

Après avoir consulté les dépôts du Digipad, je note ce que l'on mesure, comment, et le résultat obtenu :

Atelier

.....

.....

.....

.....

Conception des TP tournants : G. de Tournadre · manipulations : S. Riquet · travail conjoint et tests : J. Pintaud, G. de Tournadre et L. Van Hoorde