Université Lille 1 - UFR de Physique

Licence Sciences Exactes et Sciences pour l'Ingénieur (SESI)

Semestre 1

TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE
CORRIGES

1 – Principe d'Archimède – 3ème loi de Newton
2 – MAP : Mobiles autoporteurs
3 – Effet Doppler
4 – Vague et onde progressive

Semaine du	CM	TD	TP		Tutorat	DS/Interro	
			Gr. n°impair	Gr. n°pair		Interro	DS
10 sept.	CM1 - Meca						
17 sept.	CM2 - Meca	TD1 - Meca					
24 sept.		TD2 - TD3 - Meca		⋆			
1 oct.	CM3 - Meca	TD4 - Meca	⋆				
8 oct.		TD5 - TD6 - Meca		⋆		Interro	
15 oct.	CM4 - Pression		⋆				
22 oct.		TD1 - TD2- Pression					
29 oct. - 4 nov. : Interruption pédagogique							
5 nov.		TD3 - TD4 - Pression			⋆		
12 nov.	CM - Révisions		⋆				**DS1 17 nov.**
19 nov.	CM5 - Ondes	TD1 - Ondes		⋆			
26 nov.	CM6 - Ondes	TD2 - Ondes	⋆				
3 déc.		TD3 - TD4 - Ondes		⋆			
10 déc.		TD5 - TD6 - Ondes			⋆		
17 déc.		**Examen écrit de TP**			⋆		
22 déc. - 6 janvier : Vacances de Noël							
7 jan. - 13 janv. : DS 2							**DS2 8 janv.**
fin correction DS : 26 janv.							

CM : Cours Magistral (7 CM de 2h)
TD : Travaux dirigés (16 TD de 2h)
TP : Travaux Pratiques (4 TP de 2h)
DS : Devoir Surveillé.
2 séances de Tutorat.

TP de Physique n°1

Principe d'Archimède – 3ème loi de Newton

2 – **2 pts**

- Le poids P = mg est une force en N ; la masse est une grandeur physique en kg (USI)

3 –

- formules utilisées : ρ_{solide}.= m_{solide} / V_{solide} et V_{solide} = $m_{equivalente}$ / ρ_{eau}

  On prendra ρ_{eau} = 1000 kg/m^3.

3.1.3 – **2 pts pour une explication claire**

- L'eau applique sur le solide une force, F_a, dirigée vers le haut. En réaction, le solide applique sur l'eau une force, égale à F_a, mais dirigée vers le bas. L'effet est "d'alourdir" l'eau pesée par la balance électronique, d'où l'augmentation apparente de masse, équivalente à F_a.

3.2 – **1 pt pour le tableau, 2 pts pour rho à +- 20 g/l, 1 pt pour calcul d'incertitude**

$m_{equivalente}$				
		m_s = 100,5 g		
m_1 = 71,4 g	V_1 = 0,0714 l		ρ_1 = 1407,6 g/l	
m_2 = 72,1 g	V_2 = 0,0721 l		ρ_2 = 1393,9 g/l	ρ_s = 1399,1 ± 8,5 g/l
m_3 = 72,0 g	V_3 = 0,0720 l		ρ_3 = 1395,8 g/l	

3.3 – **2 pts pour d et h à +- 0.2 cm, 3 pts pour rho, 2 pts pour explication claire**

d = 3,7 cm et h = 6,5 cm

V_s' = π.d².h/4 = 69,889 cm^3

ρ_s' = m_s/V_s' = 1438,0 g/l

- Les masses d'environ 100 g sont mesurées avec une précision de 0,1 g, soit une incertitude d'environ 4 ordres de grandeur. Les longueurs de quelques cm sont mesurées avec une précision de 1 mm, soit une incertitude de 1 à 2 ordres de grandeur. C'est donc la précision des appareils de mesure qui donne plus de confiance dans un volume obtenu à partir des masses. De plus, on a la possibilité de faire une moyenne de 3 mesures, ce qui améliore également la valeur.

4 – **1 pt pour tableau, 2 pts pour rho à +- 50 g/l, 1 pt pour PVC souple.**

	unité	chapeau	yeux	bouche	main g	main d	pieds
masse	g	36,4	8,4	4,8	12,7	11,9	24,5
masse apparente	g	27,7	6,2	3,6	9,6	8,9	18,9
volume	l	0,0277	0,0062	0,0036	0,0096	0,0089	0,0189
masse volumique	g/l	1314,1	1354,8	1333.3	1322,9	1337,1	1296,3
masse volumique moyenne	g/l	1326,4 ± 30,1					

- Il s'agit d'un PVC souple.

+ 1 pt de présentation générale

TP de Physique n°2

MAP

I) Partie théorique à réaliser AVANT la séance de TP.

1) Etude d'un mouvement rectiligne.

* Faire un schéma indiquant toutes les forces s'exerçant sur le mobile et le plateau. On supposera que le mobile glisse sans frottement sur la table.

1pt

* Ecrire le principe fondamental de la dynamique pour le mobile de masse M, projeter cette équation sur les deux axes orientés du schéma ci-dessus.

$\Sigma \vec{F} = \vec{P}_M + \vec{N} + \vec{T}_M = M\ \vec{a}_M$ **ce qui donne en projection : M g - N = 0 et T_M = M a_M**

1pt

* Ecrire le principe fondamental de la dynamique pour le plateau de masse m, projeter cette équation sur les deux axes orientés du schéma ci-dessus.

$\Sigma \vec{F} = \vec{P}_m + \vec{T}_m = m\ \vec{a}_m$ **donne en projection : m g - T_m = m a_m**

1pt

On a donc, en écrivant T_M = T_m, a_M = a_m et éliminant T : a = m g / (m + M)

2) Etude d'un mouvement curviligne

* Donner l'expression générale de l'accélération dans la base de Serret-Frénet (base intrinsèque) en donnant la signification de chacun des termes. Comment se simplifie cette expression dans le cas d'un mouvement uniforme ? Dans le cas dans mouvement circulaire uniforme ?

$\vec{a} = \frac{\mathrm{dv}}{\mathrm{dt}} \vec{T} + \frac{v^2}{R_c} \vec{N} = a_T\ \vec{T} + a_N\ \vec{N}$ **où $\vec{T}$ et $\vec{N}$ sont les vecteurs unitaires tangentiel (tangent à la trajectoire et dirigé dans le sens du mouvement) et normal (perpendiculaire à $\vec{T}$ et dirigé vers l'intérieur de la trajectoire) de la base, v est la vitesse scalaire et R_c le rayon de courbure de la trajectoire au point considéré.**

Dans le cas d'un mouvement uniforme dv / dt = 0 -> $\vec{a} = \frac{v^2}{R_c} \vec{N} = a_N\ \vec{N}$

1pt

Dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme dv / dt = 0 et R_c = R = cte -> $\vec{a}=\frac{v^2}{R}\vec{N}=a_N\ \vec{N}$

1pt

* Exprimer la composante normale de l'accélération a_N en fonction de la composante tangentielle de l'accélération a_T et de la norme de l'accélération a.

$\|\vec{a}\|=a=\sqrt{a_{T^2}+a_{N^2}}$ **, on a donc** $a_N=\sqrt{a^2-a_{T^2}}$

1pt

3) Exemple d'un mouvement circulaire

Tracer sur la figure 6, les vecteurs $\vec{v}(t)Dt$ aux points 3, 4, 5, 6, 7 et 8. En déduire la norme de la vitesse du mobile en ces points.

Voir la figure (ci-après) sur laquelle sont tracés les vecteurs.
La norme de la vitesse aux points 4, 5, 6, 7 et 8 est de : 4,1 /(120 *10^{-3}) = 34,16 cm/s.

Norme de v : **1pt**
Figure : **1pt**

Voir la figure (ci-après) sur laquelle sont tracés les vecteurs.

La norme de l'accélération aux points 4 et 7 est de : 2,8 /(120 *10^{-3})^2 = 194,44 cm/s^2

Norme de a : **1pt**
Figure : **1pt**

En déduire le rayon de courbure de la trajectoire du mobile.

a_N= v^2/ R donc R = v^2/ a_N , ce qui donne R = 6,00 cm.

<u>Caractérisation du mouvement :</u>
L'angle entre les vecteurs d'accélération et vitesse au point 4 est très proche de 90 °, le mouvement est donc circulaire uniforme. (L'origine ou centre du mouvement circulaire est l'intersection des médiatrices des cordes.)

1pt

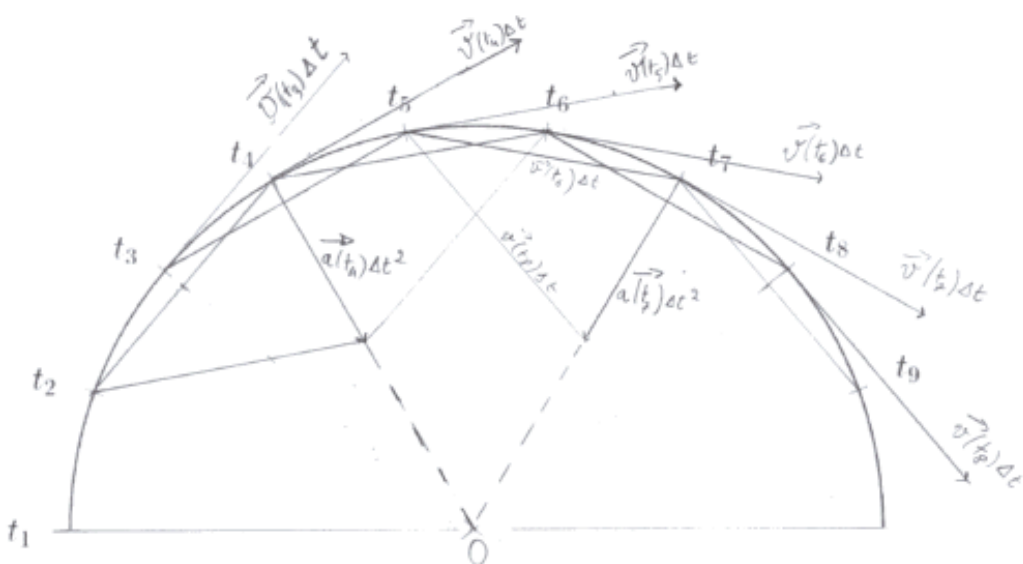


Figure 5 : Résultat à dépouiller, enregistrement de mouvement circulaire.

Rappel de la position des principaux éléments utiles à l'acquisition et au traitement des données.

Les mesures ont été réalisées avec un mobile auto porteur de masse M = 643 g (d'autres font plutôt 650 g)

Traitements spécifiques à l'expérience n°1 : mouvement rectiligne

Cliquer sur l'onglet Graphique. Désélectionner Y pour n'afficher que le graphe X(t). Décrire le graphe obtenu. Comment peut-on qualifier le mouvement du mobile ?

La courbe est croissante, d'allure parabolique -> X(t) croît de plus en plus vite avec t. Le mouvement est donc rectiligne accéléré.

1pt

1) A l'aide d'un des onglets situés à gauche, calculer la Dérivée de la variable X(t), cette dérivée s'appelle par défaut X'(t). Tracer X'(t) et masquer X(t).

2) On appelle droite de régression la droite passant le plus près possible de tous les points. Pour obtenir l'équation de la droite représentant au mieux X'(t), utiliser l'onglet situé à gauche appelé Régression : effectuer la Régression de la variable X'(t), cette régression s'appelle par défaut X'r. Tracer X'r(t) sur le même graphe que X'(t). Noter l'équation de la droite de régression donnée par le logiciel. Imprimer le graphe présentant X'(t) et X'r(t).

Copie d'écran montrant pour l'expérience n°1 la partie « traitement/régression » de Généris 5+, la courbe de la vitesse du mobile au cours du temps ainsi que la droite de régression associée. Les annotations sur la courbe ne sont pas nécessaires, à réserver aux binômes « dégourdis ».

Compte tenu des résultats précédents, comment peut-on à présent qualifier précisément le mouvement du mobile ?
La pente est égale à dv / dt donc égale à l'accélération du mobile, son unité est $m.s^{-2}$. La courbe v = f(t) est une droite donc dv / dt = a = constante. Le mouvement est donc rectiligne <u>uniformément</u> accéléré.

1pt

En vous aidant de la partie I-1) déduire des résultats précédents la masse m du plateau. Conclure.
L'équation de la droite v = f(t) est : $v(t) = 623.10^{-3}\, t - 27.9\ 10^{-3}$, on a donc $a = 0.623\ m.s^{-2}$
Grace à la préparation I-1) on avait établi : a = m g / (m + M) ce qui donne m = M a / (g – a)
avec $a = 0.623\ m.s^{-2}$ et M = 643 g on obtient m = 43,6 g

1pt

Cette valeur est à comparer à la masse du plateau mesurée à la balance qui est de 41 g. On retrouve donc la masse du plateau à 6% près. La source d'erreur la plus importante me semble être au niveau de l'étalonnage où il est délicat d'aligner la pointe de la flèche repérant l'axe des abscisses avec les repères d'une règle…

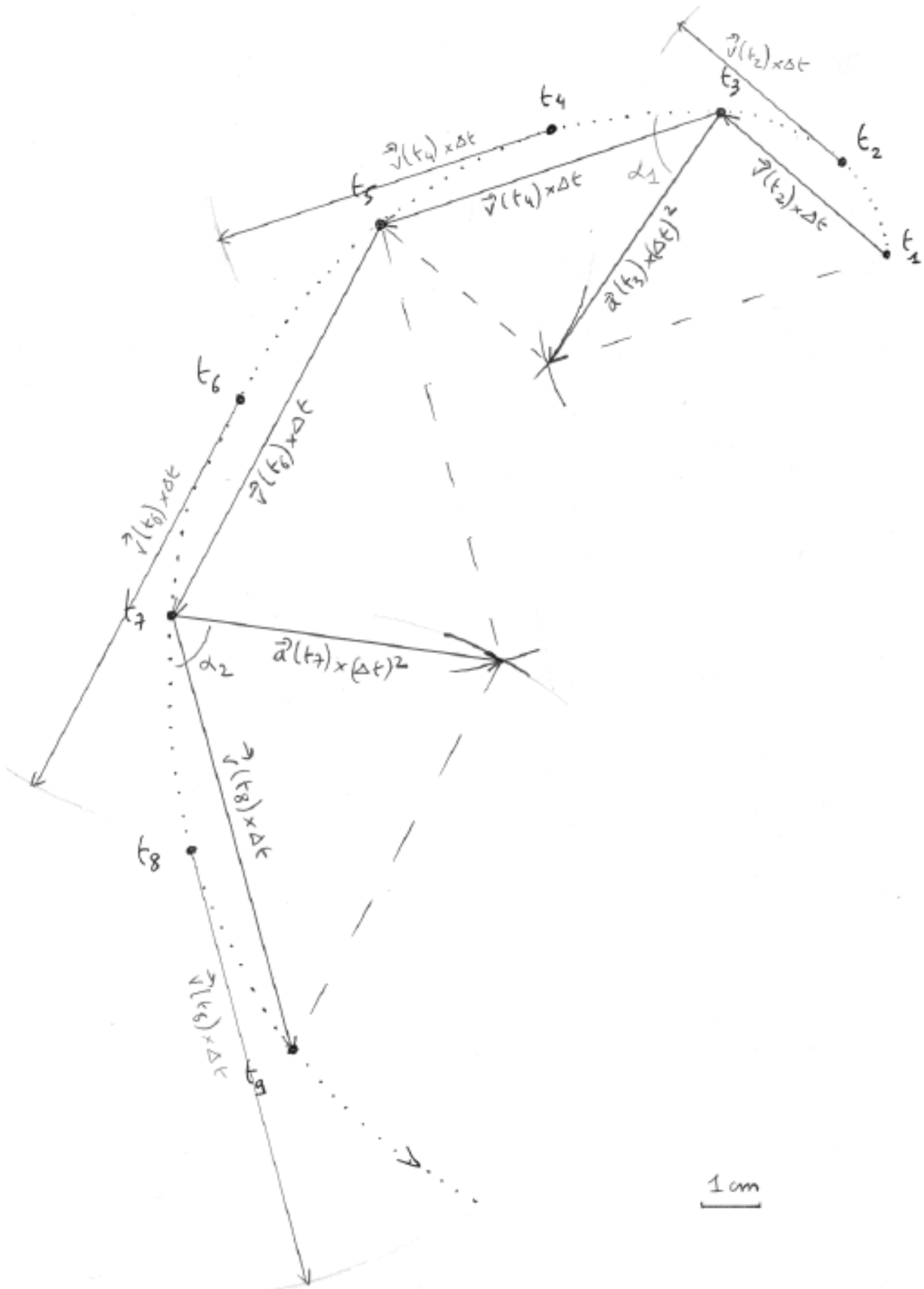
Traitements spécifiques à l'expérience n°2 :

On dispose de l'enregistrement effectué au préalable des positions successives du mobile au cours du temps. Deux positions successives y sont séparées par un intervalle de temps $\Delta t/2 = 0{,}1$s.

* Tracer soigneusement sur cette figure les vecteurs suivants :

$\vec{v}(t_2)\,.\,\Delta t$, $\vec{v}(t_4)\,.\,\Delta t$, $\vec{v}(t_6)\,.\,\Delta t$, $\vec{v}(t_8)\,.\,\Delta t$, $\vec{a}(t_3)\,.\,(\Delta t)^2$ et $\vec{a}(t_7)\,.\,(\Delta t)^2$.

Tracé des vitesses et des accélérations :



En déduire les normes des vecteurs $\vec{v}(t_2)$, $v(t_4)$, $\vec{v}(t_6)$, $\vec{v}(t_8)$, $\vec{a}(t_3)$ et $a(t_7)$.

Normes des vecteurs :

$\|\vec{v}(t_2).\Delta t\| =$ **3.8 cm avec $\Delta t = t_3 - t_1 = 2 * 0.1$ s donc** $\|\vec{v}(t_2)\| =$ **0.19 $m.s^{-1}$**

$\|\vec{v}(t_4).\Delta t\| =$ **6.1 cm donc** $\|\vec{v}(t_4)\| =$ **0.305 $m.s^{-1} \approx 0.31$ $m.s^{-1}$**

$\|\vec{v}(t_6).\Delta t\| =$ **7.7 cm donc** $\|\vec{v}(t_6)\| =$ **0.385 $m.s^{-1} \approx 0.39$ $m.s^{-1}$**

$\|\vec{v}(t_8).\Delta t\| =$ **7.8 cm donc** $\|\vec{v}(t_8)\| =$ **0.39 $m.s^{-1}$**

$\|\vec{a}(t_3).(\Delta t)^2\| =$ **5.2 cm avec $(\Delta t)^2 = 0.04$ s^2 donc** $\|\vec{a}(t_3)\| =$ **1.3 $m.s^{-2}$**

$\|\vec{a}(t_7).(\Delta t)^2\| =$ **5.7 cm donc** $\|\vec{a}(t_7)\| =$ **1.4 $m.s^{-2}$**

Norme de v : **1pt**
Norme de a : **1pt**
Figure : **1pt**

* Déduire de l'orientation (direction et sens) des vecteurs accélération par rapport à la trajectoire du mobile si le mouvement est accéléré ou retardé.

ī à l'instant t_3 : $0 < \alpha_1 < 90°$, on a donc un mouvement curviligne accéléré ce qui est cohérent avec les vitesses $v(t_4) > v(t_2)$.

1pt

ī à l'instant t_7 : $\alpha_2 \approx 90°$, l'accélération à l'instant t_7 est pratiquement normale à la trajectoire, donc $dv/dt \approx 0$ ce qui est bien sur cohérent avec le fait que $v(t_6) \approx v(t_8)$. Le rayon de courbure est voisin de 11 cm ($R = v^2 / a_N$). Le mouvement est curviligne quasi-uniforme.

1pt

Bilan : 1pt

TP de Physique n°3

Effet Doppler

Caractérisation de l'onde ultra-sonore

Dans cette partie, nous cherchons à utiliser les fréquences des ondes émises et reçues pour déterminer la vitesse du train. Vous devrez obtenir sur l'oscilloscope un écran similaire à la Figure 9. Les fonctions de l'oscilloscope dont vous aurez besoin sont indiquées en annexe2.

☞ Régler le générateur sur un signal sinusoïdal de fréquence 40kHz et afficher ce signal sur la voie 1 de l'oscilloscope. Afficher le signal reçu sur la voie 2. Utiliser la fonction **Autoscale** de l'oscilloscope pour afficher le signal sur l'oscilloscope (voir annexe 2-A). Recentrer les signaux en utilisant les boutons de commandes verticales **1** et **2**.

Note pour les enseignants : si le signal n'est pas stable, vérifiez que le trigger est bien ajusté sur la voie 1 **(trig menu)**

☞ **A partir de la mesure d'une période**, Vérifier la valeur de la fréquence affichée sur l'écran l'oscilloscope (partie inférieure). Si la mesure automatique de la fréquence ne s'affiche pas en bas de l'écran, suivre la démarche de l'annexe 2-6.2.

✍ On cherche à mesurer une fréquence de l'ordre de 40kHz en affichant 5 périodes, quelle sensibilité horizontale (indiquée en haut à gauche de l'écran) doit-on choisir sur l'oscilloscope ? Affiner le réglage si nécessaire.

F=40kHz => T=25µs => mesure de 5 périodes = 125µs / 12 carreaux => Sensibilité horizontale 10µs/carreaux

1pt

✍ En plaçant le train à environ 1 m du récepteur, visualiser le signal reçu par le récepteur en branchant le câble issu du récepteur sur la voie 2 de l'oscilloscope.

Quelle est la fréquence du signal reçue lorsque le train est à l'arrêt ?

Fr= 40kHz

✍ Que se passe-t-il lorsque l'on rapproche ou éloigne le train du récepteur ?

Lorsque l'on déplace le train, le signal sur l'oscilloscope de déplace aussi 1pt

✍ A partir d'une position où les signaux sont en phase, avancer le train pour que les deux signaux soient en opposition de phase, l'avancer une deuxième fois pour que les deux signaux soient en phase. Quelle distance a été parcourue pour chaque manipulation ? A quoi correspond cette distance ?

Jusqu'à l'opposition de phase, on parcourt environ 4,25mm et jusqu'à position où les signaux sont en phase 8.5mm. Ces distances correspondent respectivement à une demi-période et une période. 2pts

✍ A partir de ces observations, trouver une méthode précise permettant de déterminer la longueur d'onde de l'onde. En déduire la vitesse de l'onde.

La mesure d'une seule longueur d'onde sur le banc est trop peu précise. La mesure de plusieurs longueurs d'onde permet d'améliorer cette précision. Pour 10λ, on mesure 8.5 cm donc λ=8.5mm. On en déduit $v=\lambda/T$ soit environ 340m/s

2pts

Mesure de la vitesse du train

Mesure manuelle de la vitesse

☞ Mesurer manuellement la vitesse du train lorsque le commutateur de vitesse est successivement sur les positions 1, 4, et 7. Pour cela, vous disposez d'un chronomètre et de repères le long des rails espacés de 50cm.

Pour faire reculer le train, utiliser la position *recule* sur le boitier.

✍ Présenter les résultats dans un tableau. Que pensez-vous de la qualité de votre mesure ?

Position commutateur	1	2	3	4	5	6	7	8
Distance (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Temps (s)	4.29	3.25	2.42	2.04	1.84	1.68	1.44	1.34
Vitesse (m/s)	0.23	0.31	0.41	0.49	0.54	0.60	0.69	0.75

Tableau 1pt ; mesures 2pts

Vu notre temps de réaction, cette mesure n'est pas très précise, on pourrait l'améliorer en l'effectuant plusieurs fois, ou sur une distance plus longue 1pt

Effet Doppler

La fréquence émise par l'émetteur est $f_e = 40kHz$. La vitesse d'onde ultra-sonore émise, v_e a été déterminée dans la section 2. Après une courte phase d'accélération, le train se déplace à une vitesse constante v_T. La fréquence perçue par le récepteur est alors :

$$f_r = \frac{f_e}{1-v_T/v_e} \qquad (1)$$

avec $v_T > 0$ si le train se rapproche du récepteur et $v_T < 0$ s'il s'éloigne.

✍ En déduire **la relation** liant la vitesse du train v_T en fonction de la différence de fréquence $\Delta f = f_R - f_e$ et de la vitesse de l'onde ultrasonore v_e .

$$v_T = \frac{\Delta f}{f_R} v_e = \frac{\Delta f}{f_e+\Delta f} v_e$$

2pts

✍ Lorsque le train avance, en utilisant les vitesses estimées dans la partie I, calculer le décalage de fréquence que l'on cherche à mesurer sur l'oscilloscope. Comparer ces valeurs aux fréquences des signaux émis et reçus, qu'en pensez-vous ?

Position commutateur	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Vitesse estimée (m/s)	0.23	0.31	0.41	0.49	0.54	0.60	0.69	0.75
ΔF (Hz) = $F_r * v_T / v_e$	27.42	36.20	48.61	57.67	63.94	70.03	81.70	87.80

Calcul : 2pt

Pour la plus grande vitesse, on cherche à mesurer une différence de fréquence de 90Hz pour des signaux ayant des fréquences de 40kHz soit une différence de 0.22% . La mesure est donc impossible. 1pt

Mesure de la période et fréquence de battement

Afin d'effectuer une mesure de la différence de fréquence Δf entre onde émise et onde reçue, nous allons utiliser **le phénomène de battement** (Voir annexe 1).

Il est obtenu est additionnant le signal émis et le signal reçu. La mesure de la demi-période de battement $\frac{T_B}{2}$ permet d'obtenir la différence de fréquence entre les 2 ondes (Figure 10) : $\frac{T_B}{2} = \frac{1}{\Delta f}$

Pour additionner les 2 signaux avec l'oscilloscope, utiliser la fonction **Math** (Annexe 2-6.3).

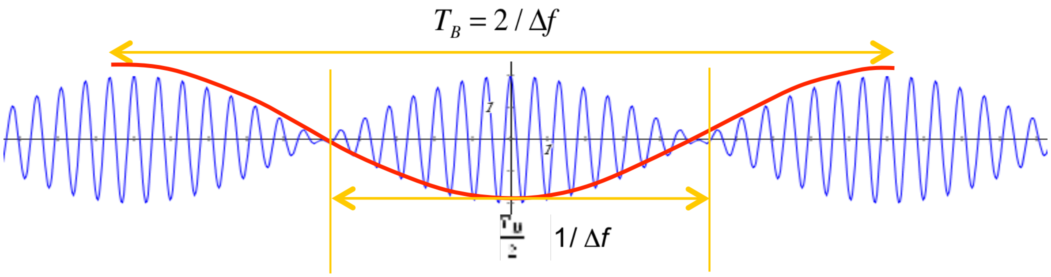


Figure A-1 : Somme de deux signaux de fréquences proches

✍ Si le train ne bouge pas, voyez-vous une période de battement ? non 1pt

☞ Nous allons maintenant mesurer le signal reçu par le récepteur lorsque le train avance en utilisant la fonction **Single** (Voir annexe 2-6.4) **:**

- Régler la sensibilité horizontale à 50ms par carreau.
- Placer le commutateur de vitesse sur la position 1 pour faire avancer le train.
- Appuyer sur **Single** après quelques dixièmes de secondes afin d'enregistrer le signal reçu par le récepteur lorsque le train avance.
- Additionner les deux signaux en utilisant la fonction **Math.**
- Après avoir réglé le sensibilité horizontale (environ 10ms/carreau), visualiser les battements et imprimer le signal mesuré pour le joindre à votre compte-rendu (Voir annexe 2-6.6).

Pour la mesure il faut régler la sensibilité horizontale à 50ms/carreau pour avoir une série suffisante avec un échantillonnage correct. Pour visualiser les battements, il faut diminuer la sensibilité horizontale à 10ms/carreau

☞ La période de battement ne peut pas être obtenue automatiquement par l'oscilloscope, nous allons donc utiliser les curseurs (Annexe 2-6.5) pour mesurer la période de battement $T_B/2$

☞ Refaire une mesure de la période de battement pour les positions 4 et 7 du commutateur en réglant cette fois la sensibilité horizontale sur 50ms/carreau.

✍ En déduire la vitesse du train. Présenter vos résultats dans un tableau.

✍ Comment varie la différence de fréquence ? Comparer avec vos mesures de la partie I.

position	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Tb/2=1/Δf (ms)	36.1	25.4	21.6	18.8	15.6	13.6	12.0	11.5
Δf (Hz)	27.70	39.37	46.30	53.19	64.10	73.53	83.33	86.96
V_T (m/s)	0.24	0.33	0.39	0.45	0.54	0.63	0.71	0.74
V_T(km/h)	0.85	1.20	1.42	1.63	1.96	2.25	2.55	2.66

Remarque : En étant précis, il est nécessaire de calculé Tr pour estimer ΔF car Fr intervient dans la relation sinon on utilise Fr=Fe=40kHz comme demandé ici. Les résultats sont proches

Mesures de Tb/2= 1pt ; Calcul de Vt= 2pts

Commentaires : 1pt

Détermination de l'incertitude sur la vitesse du train.

(Partie à faire si il vous reste du temps)

On considère que l'on connaît parfaitement la fréquence émise et la vitesse de l'onde ultrasonore. Dans ce cas, l'incertitude sur la vitesse du train peut être déduite de la relation : $\frac{\Delta v_T}{v_T} = \frac{\Delta T_b}{T_b}$

- Estimer l'erreur de mesure ΔT_b. En déduire l'incertitude sur la vitesse du train. Quelle est l'avantage de la méthode de la partie 3 ?

Δt (ms)	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ΔT/T	0.0111	0.0157	0.0185	0.0106	0.0128	0.0147	0.0167	0.0174
ΔVt/Vt	0.0111	0.0157	0.0185	0.0106	0.0128	0.0147	0.0167	0.0174
ΔVt x 100 (m/s)	0.26	0.53	0.73	0.48	0.70	0.92	1.18	1.29

Bonus : 1pt

TP de Physique n°4

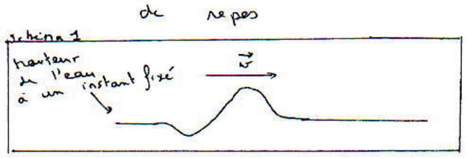
Vague et Onde progressive

ELEMENTS DE REPONSES - TP VAGUE & ONDE PROGRESSIVE

I. INTRO & DEROULEMENT DU TP

II. MANIPULATION et ANALYSE A l'œil

+ 1ère description :
  - variation de la hauteur de l'eau, créée avec le bout de plastique, se propage le long de la cuve (cf. schéma 1)
  - A l'extrémité droite, la vague se réfléchit et repart dans l'autre sens
  - la hauteur d'eau diminue au cours du temps, après quelques secondes l'eau revient à son état de repos



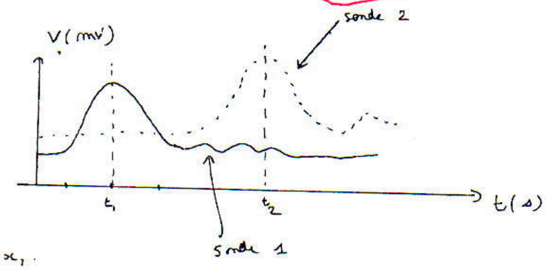
3 pts

1 pt

- onde transverse : perturbation selon l'axe y et direction de propagation selon x.
- vitesse de l'onde v (utiliser chrono) $\simeq 1\ m.s^{-1}$ 1 pt

III. CAPTEURS

+ signal sur oscillo ⇒



- interprétation :

  ↳ Sonde 1 mesure la hauteur d'eau en x_1.
  On observe le passage de la vague (et des fluctuations qui arrivent après)

  2 pts

  ↳ signal de la sonde 2, placée en x_2, ressemble à celui de la sonde 1, décalé en temps, dû à la propagation.
  On peut aussi observer un élargissement de la vague (dispersion) et le signal réfléchi

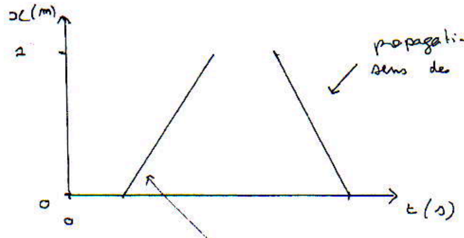
+ vitesse $= \dfrac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ avec t_1 et t_2 l'instant de passage du max. de la hauteur d'eau en x_1 et x_2 resp.

  $\simeq 0.8\ m.s^{-1}$

1 pt

IV WEBCAM

- Analyse de l'onde grâce au diagramme spatio-temporel (ici, les traits noirs correspondent à une hauteur importante de la surface de l'eau)



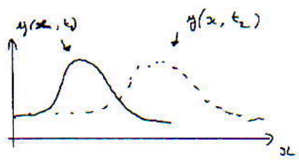
propagation de la vague dans le sens des x négatifs, après réflexion

3 pts

- propagation dans le sens des x positifs de la vague.

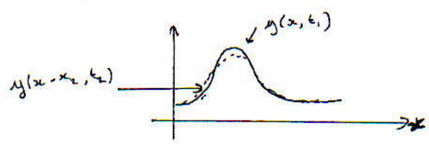
- vitesse de l'onde ≃ constante, car la position du max. au cours du temps forme une droite

- vague à 2 instants fixés : $y(x, t_1)$ et $y(x, t_2)$



1 pt

- décalage spatial entre les 2 ondes : $(t_2 - t_1) \times v = x_2$
- superposition des 2 ondes : $y(x, t_1)$ et $y(x - x_2, t_2)$



2 pts

- idem pour les 2 ondes se propageant vers les x négatifs, sauf que $x_2 = -\frac{(t_2 - t_1)}{v}$

1 pt

V. CONCLUSION

- En première approximation, les vagues dans une cuve sont bien progressives, sans déformation car la vague se retrouve à peu près identique à elle-même à un instant plus tard et un peu plus loin.

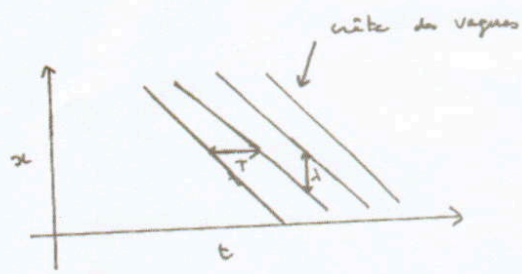
2 pts

- mais on remarque aussi que durant la propagation, l'onde se déforme (élargissement, atténuation, vitesse ≠ à l'aller et au retour) ≠ onde progressive sans déformation.

5. onde périodiq

- diagramme spatio-temporel

2 pts



- $T \simeq 0.3$ s
- $\lambda \simeq 0.2$ m
- $\lambda = v T \Leftrightarrow v = \lambda / T$ A.N $v \simeq 0.67$ m.s^{-1}

1 pt

---

exemple de résultat (sur écran)