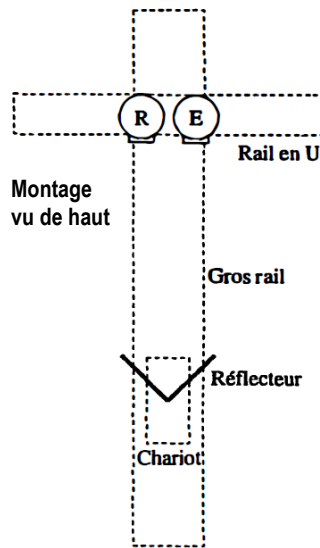


## Laboratoire 7

### Ondes ultrasonores : prélaboratoire

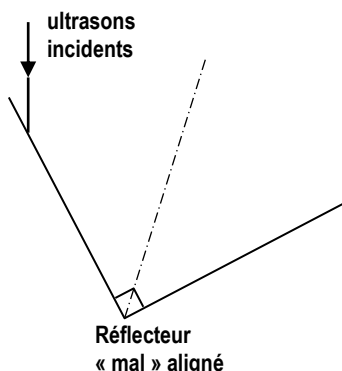
Voici le schéma d'un des montages que vous allez utiliser au laboratoire pour étudier le comportement des **ultrasons**, des ondes sonores dont la fréquence est trop élevée pour qu'elles puissent être entendues par des oreilles humaines.

L'émetteur d'ultrasons **E** est un petit haut-parleur relié à un générateur de tension alternative (oscillateur) non montré sur le schéma.



Les ultrasons rebondissent sur le réflecteur en forme de « V » constitué de deux plaques **à angle droit** l'une par rapport à l'autre, ce qui fait en sorte qu'ils sont réfléchis selon leur direction de provenance et reviennent au récepteur **R**, et ce, même si le réflecteur n'est pas parfaitement aligné (on suppose que la distance entre **R** et **E** est négligeable). Si on utilisait un réflecteur constitué d'une seule plaque et que celle-ci n'était pas parfaitement orientée, les ultrasons pourraient être réfléchis trop à gauche ou trop à droite et ne pas parvenir au récepteur.

**Question 1.** Démontrez que le réflecteur renvoie les ultrasons selon leur direction de provenance, et ce, peu importe l'orientation exacte du V (tant que les deux parties du V sont à 90° l'une de l'autre). Pour ce faire, commencez par compléter la trajectoire du « rayon sonore » sur le **schéma ci-dessous** : le rayon se comporte comme un rayon de lumière et obéit à la loi de la réflexion. Sur le schéma, identifiez chacun des angles pertinents par une variable différente (par exemple,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ...). Dans l'espace en haut de la colonne suivante, présentez une analyse générale (sans remplacer de valeurs numériques particulières) qui montre que le rayon réfléchi final est antiparallèle au rayon incident (ce qui revient à dire que la déviation totale est de 180°). À chaque étape où c'est pertinent, écrivez le nom du principe que vous utilisez : par exemple, loi de la réflexion, angles opposés par le sommet, angles alternes-internes, etc.



(Répondez en haut de la colonne suivante.)

**Question 2.** Dans le montage, le réflecteur est fixé à un chariot qui peut, si on lui donne une poussée, rouler librement sur le gros rail. Supposez que le chariot **s'éloigne** de l'ensemble émetteur-récepteur avec une vitesse de module  $u$ . Vous allez déterminer la relation entre la fréquence émise par l'émetteur et la fréquence reçue par le récepteur après l'aller-retour des ultrasons : pour ce faire, vous allez répondre aux questions suivantes. Pour simplifier, vous pouvez supposer que le réflecteur est une simple plaque correctement orientée pour réfléchir d'un seul coup les ultrasons vers le récepteur.

(a) Comme le chariot s'éloigne, on peut prévoir que la fréquence reçue par le récepteur sera plus \_\_\_\_\_ (petite ou grande ?) que la fréquence émise.

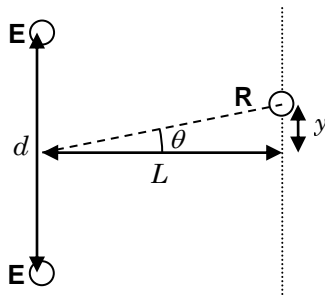
(b) Utilisez la théorie de l'effet Doppler sonore pour obtenir la relation entre  $f'$ , la fréquence à laquelle les ultrasons parviennent au réflecteur (après seulement l'aller) et  $f$ , la fréquence émise par l'émetteur, en fonction du module de la vitesse du son  $v_s$  et du module  $u$  de la vitesse du chariot.

(c) Écrivez la relation entre  $f''$ , la fréquence des ultrasons reçus par le récepteur après l'aller-retour, et  $f'$ , la fréquence à laquelle les ultrasons quittent le réflecteur.

(d) Combinez les résultats des parties (b) et (c) pour obtenir la relation entre  $f''$  et  $f$  lorsque **le chariot s'éloigne** avec une vitesse de module  $u$ . Simplifiez la relation au maximum et encadrez-la (vous en aurez besoin au laboratoire pour effectuer votre analyse).

(e) Par symétrie, quelle est la relation entre  $f''$  et  $f$  lorsque **le chariot se rapproche** avec une vitesse de module  $u$  ?

**Question 3.** Au laboratoire, vous allez également disposer d'un montage qui permet d'étudier l'interférence en deux dimensions des ultrasons (**schéma ci-dessous**). Vous placerez deux émetteurs identiques émettant des ultrasons de même fréquence à une distance  $d$  l'un de l'autre, et vous déplacerez le récepteur sur un rail parallèle à  $d$  situé à une distance  $L$  afin de déterminer la position  $y$  du  $N^{\text{ième}}$  minimum d'interférence.



Supposez que vous ayez pris les données suivantes :  
 $d = 40 \text{ cm}$  ;  $L = 50 \text{ cm}$  ;  $y = 5,2 \text{ cm}$  pour le 5<sup>ème</sup> minimum

(a) Calculez l'angle  $\theta$  défini sur le schéma.

(b) Calculez la différence de marche  $\delta$  en utilisant l'équation  $\delta = d \sin \theta$  que nous avons démontrée lorsque nous avons étudié l'expérience de Young.

(c) À partir de cette valeur de  $\delta$  et de la théorie de l'interférence, déterminez la longueur d'onde des ultrasons. (*Répondez en haut de la colonne suivante.*)

(d) En supposant que le son se déplace à  $345 \text{ m/s}$ , calculez la fréquence des ultrasons.

(e) Lorsque nous avons démontré l'équation  $\delta = d \sin \theta$ , nous avons vu qu'elle ne s'applique pas toujours.

À quelle condition s'applique-t-elle ? \_\_\_\_\_

Cette condition est-elle respectée ici ? \_\_\_\_\_

(f) Calculez la véritable valeur de  $\delta$  dans cette situation en **établissant d'abord la relation algébrique entre  $\delta$  et  $d$ ,  $y$  et  $L$** . (*Complétez le schéma de l'énoncé en y indiquant les segments de droite et les variables nécessaires pour ce calcul.*)

(g) À partir de cette valeur de  $\delta$  et de la théorie de l'interférence, déterminez la véritable longueur d'onde des ultrasons, ainsi que leur véritable fréquence (en supposant que le son se déplace à  $345 \text{ m/s}$ ).

*Note:* Faites attention de ne pas utiliser l'équation  $\delta = d \sin \theta$  dans une situation où elle ne s'applique pas. Si vous le faites, vous serez fortement pénalisés dans votre rapport de laboratoire!