

1. Étude sur une cuve à ondes.

On laisse tomber une goutte d'eau sur une cuve à ondes. Le fond de la cuve à ondes présente un décrochement de telle sorte que l'onde créée par la chute de la goutte d'eau se propage d'abord à la surface de l'eau dont l'épaisseur au repos est $e_1 = 3$ mm puis ensuite à la surface de l'eau dont l'épaisseur au repos est $e_2 = 1$ mm. On filme la surface de l'eau avec une *webcam*. Le clip vidéo est effectué avec une fréquence de 24 images par seconde. Le **document 1 (annexe 1)** représente les positions du front d'onde créée par la chute de la goutte d'eau, repérées sur les images n°1, n°7, n°8 et n°14 du clip.

- 1.1.** Donner les définitions d'une onde transversale et d'une onde longitudinale. À quelle catégorie appartient l'onde créée par la goutte d'eau sur la cuve à ondes ?
- 1.2.** Calculer la célérité v de cette onde pour les deux épaisseurs d'eau mentionnées, à l'aide du **document 1 (annexe 1)**. L'échelle de ce document est 1 (1 cm représente 1 cm).
- 1.3.** Comment varie, dans cet exemple, la célérité v de l'onde en fonction de l'épaisseur de l'eau ?

2. Ondes périodiques

On installe sur la cuve à ondes un vibreur qui permet d'obtenir des ondes rectilignes. La fréquence du vibreur a été fixée à 24 Hz. Une source lumineuse éclaire la surface de l'eau. Cette lumière traverse l'eau et est captée par la *webcam*. Le **document 2** d'échelle 1 (**annexe 1**) représente l'onde périodique obtenue à partir d'une image du clip vidéo.

On utilise maintenant une cuve à ondes sans décrochement. L'épaisseur d'eau au repos est constante. Après avoir fait varier la fréquence du vibreur, on a réalisé des photographies et on a mesuré la longueur d'onde λ pour chacun des enregistrements.

Les résultats ont été consignés dans le tableau ci-dessous.

f (Hz)	12	24	48	96
λ (m)	0,018	0,0097	0,0059	0,0036

- 2.1.** Comment appelle-t-on la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) successives ? Quelle relation lie cette grandeur à la célérité v de l'onde et à sa période temporelle T ?
- 2.2.** À l'aide du **document 2**, calculer la célérité v de l'onde périodique pour les deux épaisseurs d'eau de e_1 et e_2 . Quelle est l'influence de l'épaisseur de l'eau sur la célérité de l'onde périodique ?

- 2.3.** Calculer la célérité v de l'onde périodique pour chaque enregistrement. Comment évolue cette célérité en fonction de la fréquence de l'onde ?

3. Un phénomène caractéristique des ondes

3.1. Expérience sur les ondes lumineuses

On place sur un faisceau laser une fente de dimension $a = 0,08$ mm. On place après la fente un écran. La distance entre la fente et l'écran est $D = 3,00$ m (voir *figure 1* du **document 3**).

La figure obtenue sur l'écran est représentée sur la *figure 2*, **document 3** de l'**annexe 2**.

- 3.1.1.** Comment se nomme le phénomène observé ?
- 3.1.2.** L'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et la première extinction vérifie la relation :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

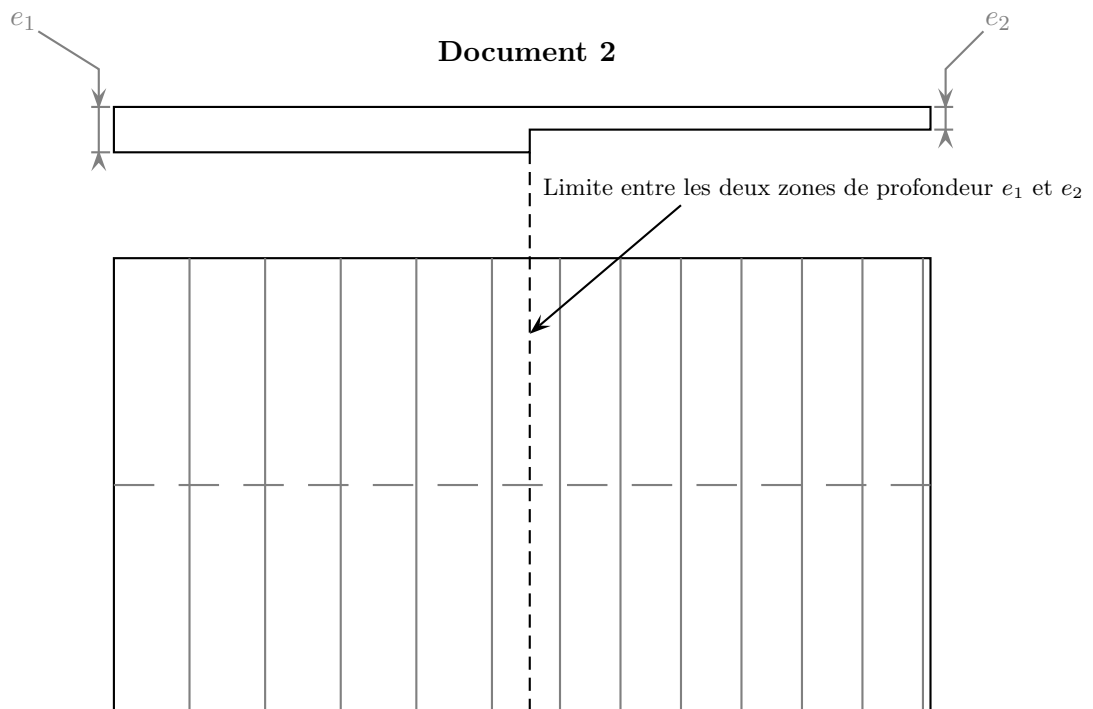
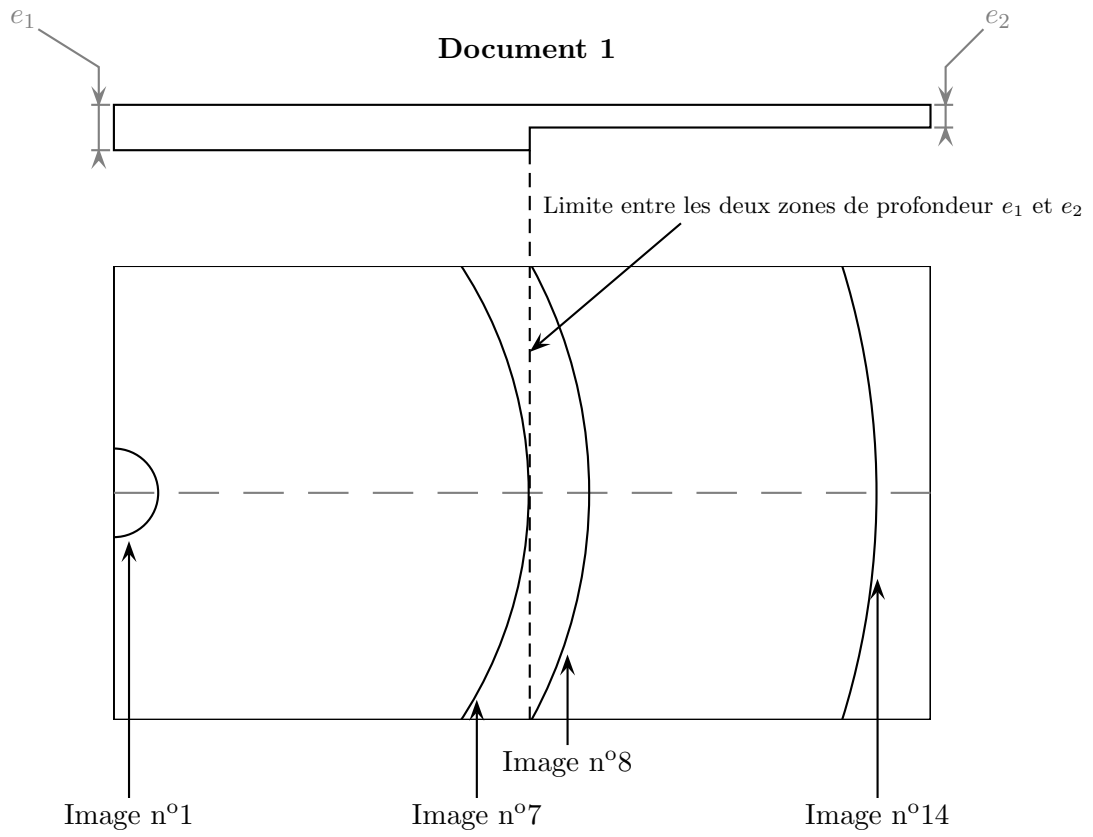
Calculer la longueur d'onde λ de ce faisceau laser (on considèrera que cet écart angulaire θ est faible et donc que $\tan \theta \simeq \theta$, où θ est exprimé en radians).

3.2. Étude sommaire de la houle

La houle prend naissance sous l'effet du vent loin des côtes. Un vent de 65 km.h^{-1} engendre une houle dont les vagues font 1 mètre de hauteur. Ces vagues sont espacées de 230 mètres. Un vague remplace la précédente après une durée de 12 secondes.

- 3.2.1.** Calculer la vitesse de déplacement des vagues à la surface de l'océan.
- 3.2.2.** Cette houle arrive sur un port dont l'ouverture entre deux jetées a une largeur $a = 200$ m. Un bateau est ancré au fond du port, comme indiqué sur le schéma du **document 4**. Ce bateau risque-t-il de ressentir les effets de la houle ? Justifier la réponse en complétant le **document 4** de l'**annexe 2**.

Annexe 1



Document 3

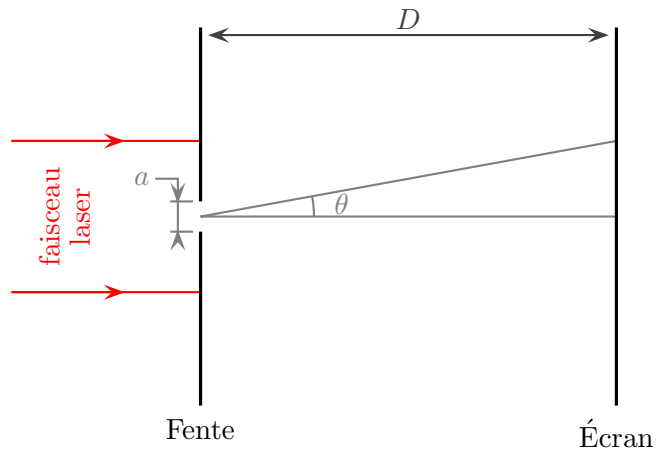


Figure 1 : schéma du dispositif

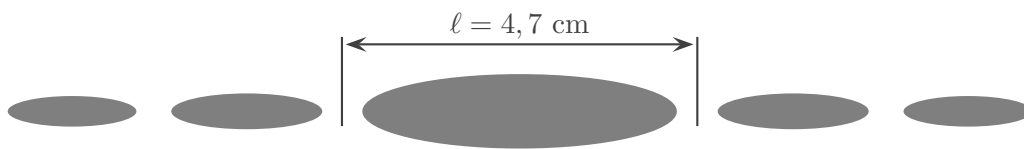
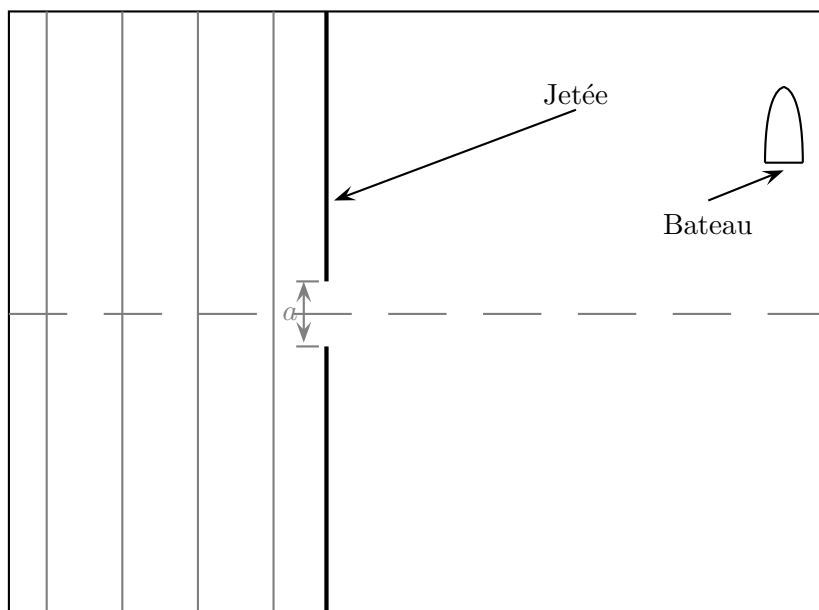


Figure 2 : figure observée à l'écran

Nom : Prénom :

Document 4, à rendre avec la copie



1. Étude sur une cuve à ondes

1.1. Onde transversale : perturbation perpendiculaire à la direction de propagation.

Onde longitudinale : perturbation parallèle à la direction de propagation.

Dans le cas des vagues, on considère l'onde comme transversale.

1.2. Entre l'image n°1 et l'image n°7, nous avons un retard τ_1 tel que :

$$\tau_1 = 6 \times \frac{1}{24} = 0,25 \text{ s}$$

à raison de 6 images successives, pour 24 images par seconde. Ce retard est associé à une distance lue sur le document 1 de $d_1 = 3,4 \text{ cm}$. La célérité de l'onde dans l'épaisseur e_1 d'eau est donc :

$$v_1 = \frac{d_1}{\tau_1} = \frac{3,4 \cdot 10^{-2}}{0,25} = 0,14 \text{ m.s}^{-1}$$

Pour l'épaisseur d'eau e_2 , on recommence les mêmes mesures, encore une fois avec $14 - 8 = 6$ images :

$$v_2 = \frac{d_2}{\tau_2} = \frac{2,6 \cdot 10^{-2}}{6 \times \frac{1}{24}} = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$$

1.3. $v_2 < v_1$, donc la célérité des ondes sur l'eau diminue avec la profondeur. C'est bien conforme à l'intuition, qui veut qu'un fond proche, moins profond, gêne l'onde dans son déplacement.

2. Ondes périodiques

2.1. La distance séparant deux franges brillantes successives est la longueur d'onde, qui est la plus petite distance séparant deux points en phase. La relation avec la célérité v et la période T est :

$$\lambda = vT$$

2.2. Pour la grande épaisseur d'eau, on compte quatre interfranges pour 2,8 cm, donc :

$$\lambda_1 = \frac{2,8}{4} = 0,70 \text{ cm}$$

Pour la faible épaisseur d'eau, on compte six interfranges pour 3,3 cm, donc :

$$\lambda_2 = \frac{3,3}{6} = 0,55 \text{ cm}$$

2.3. Pour les calculs, nous utilisons :

$$\lambda = vT \quad \text{et} \quad T = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad v = \lambda f$$

Il s'agit d'une simple multiplication entre les deux premières lignes du tableau, pour obtenir la troisième :

$v \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$	0,22	0,23	0,28	0,35
-------------------------------	------	------	------	------

La célérité augmente avec la fréquence de l'onde. L'eau est un milieu dispersif pour les ondes *de gravité*.

3. Un phénomène caractéristique des ondes

3.1.1. C'est la diffraction des ondes lumineuses.

3.1.2. Dans le triangle rectangle représenté sur la figure 1 du document 3 de l'annexe 2 :

$$\tan \theta \simeq \theta = \frac{\frac{\ell}{2}}{D} = \frac{\ell}{2D}$$

où l'on a utilisé la taille ℓ de la tache centrale de diffraction, telle que notée sur la figure 2 du document 3. Le facteur 2 provient du fait que l'on vise le centre de la tache, et pas les deux extinctions latérales. En identifiant avec la formule donnée :

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{\ell}{2D} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{a\ell}{2D}$$

Application numérique :

$$\lambda = \frac{0,08 \cdot 10^{-3} \times 4,7 \cdot 10^{-2}}{2 \times 3,00}$$

$$\Rightarrow \quad \lambda = 6,27 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 627 \text{ nm}$$

Le laser est un laser rouge.

3.2.1. Réutilisons la formule :

$$\lambda = vT \quad \Rightarrow \quad v = \frac{\lambda}{T}$$

L'énoncé indique en termes simples mais compréhensibles que la période spatiale des ondes vaut $\lambda = 230 \text{ m}$, et que la période temporelle vaut $T = 12 \text{ s}$. D'où l'application numérique :

$$v = \frac{230}{12} = 19 \text{ m.s}^{-1}$$

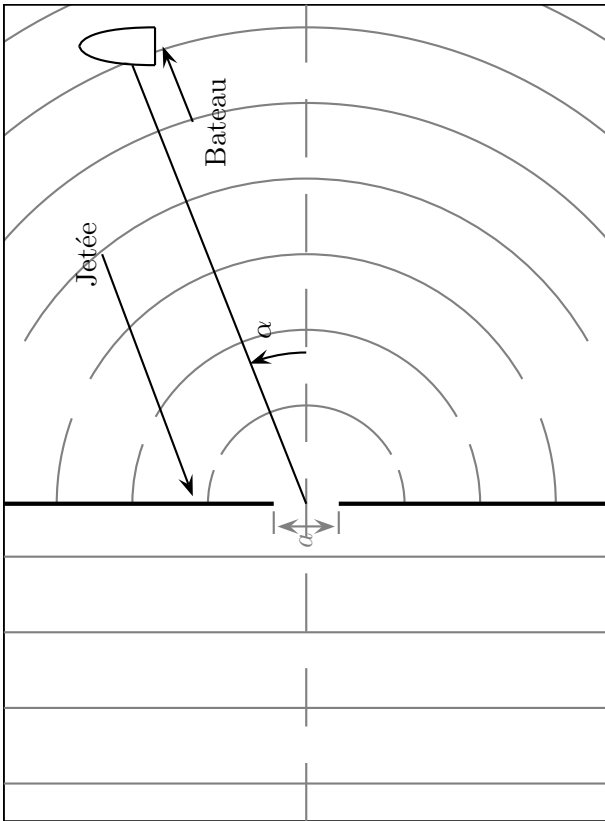
3.2.2. L'ouverture du port a est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde λ , donc l'ouverture va donner lieu à une diffraction des ondes. Sur le schéma en annexe, il faut bien respecter le fait que la longueur d'onde est la même après diffraction, et que les ondes sont circulaires, centrées sur l'ouverture !

De plus il faut vérifier que la bateau ne se trouve pas sur la première extinction, cas dans lequel il serait à l'abris de tout remous :

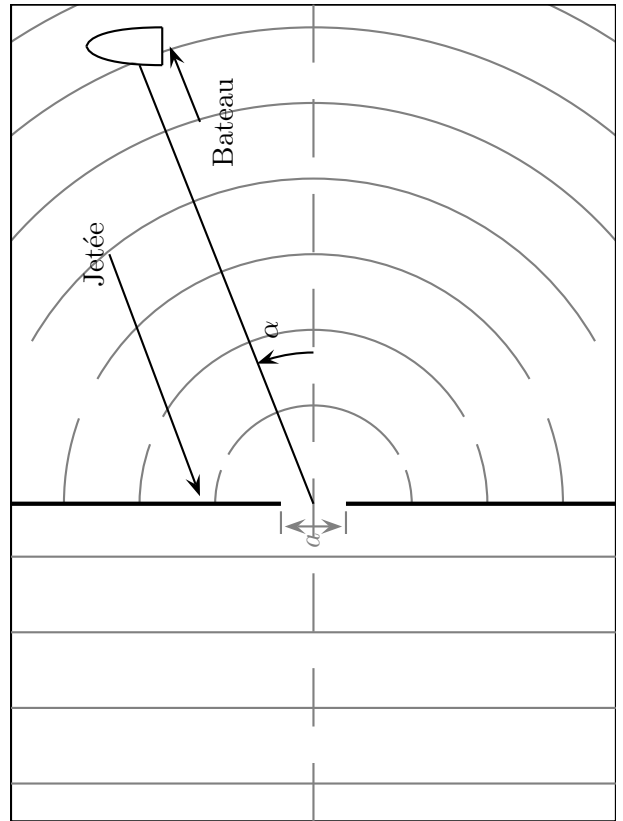
$$\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{230}{200} = 1,15 \text{ rad} = 66^\circ$$

Une simple vérification de l'angle α au rapporteur, avec un bateau entre 17° et 26° , indique que le Capitaine aurait dû mieux lire son bulletin météo à l'heure d'ancrer son navire dans le port.

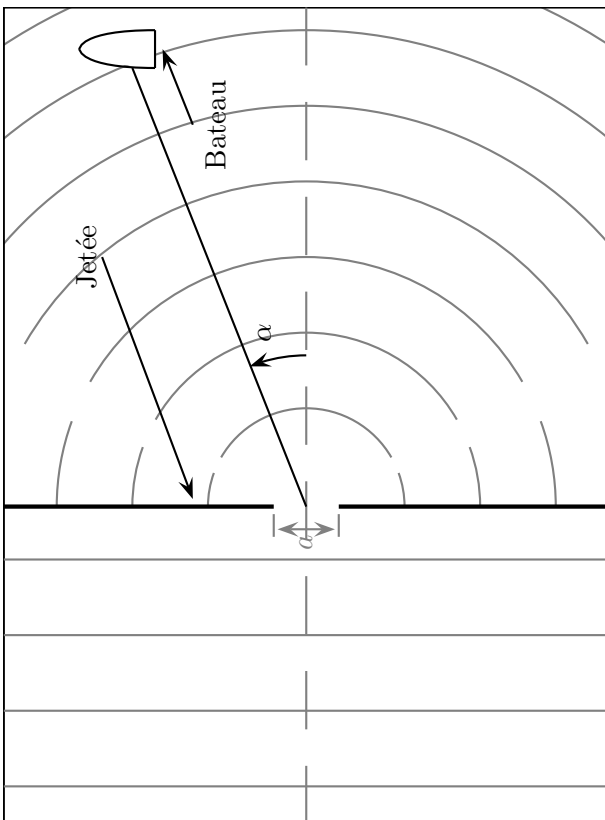
DM2 — Corrigé du document 4



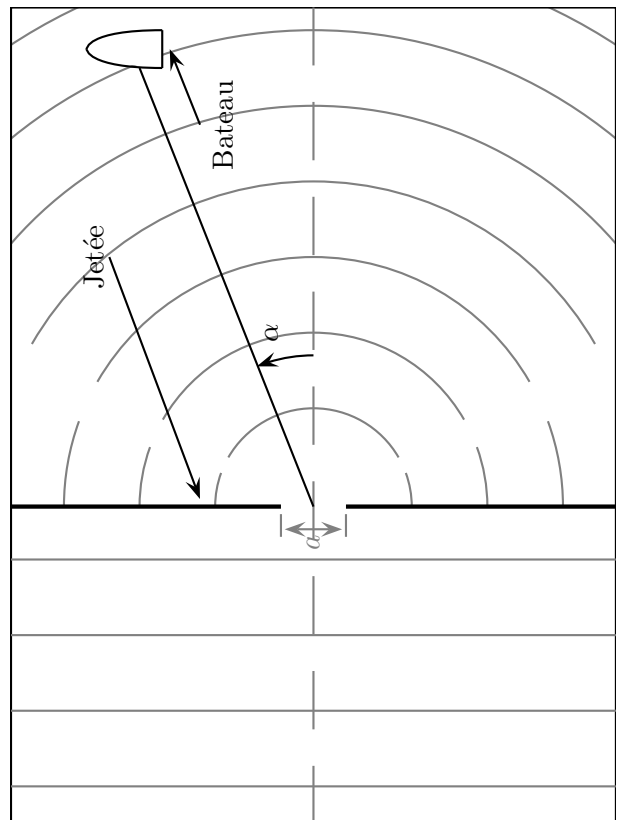
DM2 — Corrigé du document 4



DM2 — Corrigé du document 4



DM2 — Corrigé du document 4



Grille DM 1**1. Cuve à ondes .../5**

- Déf. trans. + long.
- Onde transversale
- $v_1 = 0,14 \text{ m.s}^{-1}$ (0,12...0,15)
- $v_2 = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ (0,09...0,11)
- v diminue avec profondeur

2. Ondes périodiques .../5

- Longueur d'onde, $\lambda = vT$
- $\lambda_1 = 0,70 \text{ cm}$ (0,6...0,8)
- $\lambda_2 = 0,55 \text{ cm}$ (0,5...0,6)
- $v = 0,22; 0,23; 0,28$ et $0,35 \text{ m.s}^{-1}$
- Milieu dispersif

3.1. Laser .../4

- Diffraction
- $\theta \simeq \ell/2D$ ou équivalent
- $\lambda = a\ell/2D$ form. litt. exigée
- $\lambda = 627 \text{ nm}$

3.2. Houle .../6

- Énoncé : $\lambda = 230 \text{ m}$ et $T = 12 \text{ s}$
- $v = 19 \text{ m.s}^{-1}$
- Diffraction si $a \sim \lambda$
- 1ère extinction $\theta = 66^\circ$
- Schéma : ondes circulaires
- Schéma : λ inchangé

Note .../20**Grille DM 1****1. Cuve à ondes .../5**

- Déf. trans. + long.
- Onde transversale
- $v_1 = 0,14 \text{ m.s}^{-1}$ (0,12...0,15)
- $v_2 = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ (0,09...0,11)
- v diminue avec profondeur

2. Ondes périodiques .../5

- Longueur d'onde, $\lambda = vT$
- $\lambda_1 = 0,70 \text{ cm}$ (0,6...0,8)
- $\lambda_2 = 0,55 \text{ cm}$ (0,5...0,6)
- $v = 0,22; 0,23; 0,28$ et $0,35 \text{ m.s}^{-1}$
- Milieu dispersif

3.1. Laser .../4

- Diffraction
- $\theta \simeq \ell/2D$ ou équivalent
- $\lambda = a\ell/2D$ form. litt. exigée
- $\lambda = 627 \text{ nm}$

3.2. Houle .../6

- Énoncé : $\lambda = 230 \text{ m}$ et $T = 12 \text{ s}$
- $v = 19 \text{ m.s}^{-1}$
- Diffraction si $a \sim \lambda$
- 1ère extinction $\theta = 66^\circ$
- Schéma : ondes circulaires
- Schéma : λ inchangé

Note .../20**Grille DM 1****1. Cuve à ondes .../5**

- Déf. trans. + long.
- Onde transversale
- $v_1 = 0,14 \text{ m.s}^{-1}$ (0,12...0,15)
- $v_2 = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ (0,09...0,11)
- v diminue avec profondeur

2. Ondes périodiques .../5

- Longueur d'onde, $\lambda = vT$
- $\lambda_1 = 0,70 \text{ cm}$ (0,6...0,8)
- $\lambda_2 = 0,55 \text{ cm}$ (0,5...0,6)
- $v = 0,22; 0,23; 0,28$ et $0,35 \text{ m.s}^{-1}$
- Milieu dispersif

3.1. Laser .../4

- Diffraction
- $\theta \simeq \ell/2D$ ou équivalent
- $\lambda = a\ell/2D$ form. litt. exigée
- $\lambda = 627 \text{ nm}$

3.2. Houle .../6

- Énoncé : $\lambda = 230 \text{ m}$ et $T = 12 \text{ s}$
- $v = 19 \text{ m.s}^{-1}$
- Diffraction si $a \sim \lambda$
- 1ère extinction $\theta = 66^\circ$
- Schéma : ondes circulaires
- Schéma : λ inchangé

Note .../20**Grille DM 1****1. Cuve à ondes .../5**

- Déf. trans. + long.
- Onde transversale
- $v_1 = 0,14 \text{ m.s}^{-1}$ (0,12...0,15)
- $v_2 = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ (0,09...0,11)
- v diminue avec profondeur

2. Ondes périodiques .../5

- Longueur d'onde, $\lambda = vT$
- $\lambda_1 = 0,70 \text{ cm}$ (0,6...0,8)
- $\lambda_2 = 0,55 \text{ cm}$ (0,5...0,6)
- $v = 0,22; 0,23; 0,28$ et $0,35 \text{ m.s}^{-1}$
- Milieu dispersif

3.1. Laser .../4

- Diffraction
- $\theta \simeq \ell/2D$ ou équivalent
- $\lambda = a\ell/2D$ form. litt. exigée
- $\lambda = 627 \text{ nm}$

3.2. Houle .../6

- Énoncé : $\lambda = 230 \text{ m}$ et $T = 12 \text{ s}$
- $v = 19 \text{ m.s}^{-1}$
- Diffraction si $a \sim \lambda$
- 1ère extinction $\theta = 66^\circ$
- Schéma : ondes circulaires
- Schéma : λ inchangé

Note .../20**Grille DM 1****1. Cuve à ondes .../5**

- Déf. trans. + long.
- Onde transversale
- $v_1 = 0,14 \text{ m.s}^{-1}$ (0,12...0,15)
- $v_2 = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ (0,09...0,11)
- v diminue avec profondeur

2. Ondes périodiques .../5

- Longueur d'onde, $\lambda = vT$
- $\lambda_1 = 0,70 \text{ cm}$ (0,6...0,8)
- $\lambda_2 = 0,55 \text{ cm}$ (0,5...0,6)
- $v = 0,22; 0,23; 0,28$ et $0,35 \text{ m.s}^{-1}$
- Milieu dispersif

3.1. Laser .../4

- Diffraction
- $\theta \simeq \ell/2D$ ou équivalent
- $\lambda = a\ell/2D$ form. litt. exigée
- $\lambda = 627 \text{ nm}$

3.2. Houle .../6

- Énoncé : $\lambda = 230 \text{ m}$ et $T = 12 \text{ s}$
- $v = 19 \text{ m.s}^{-1}$
- Diffraction si $a \sim \lambda$
- 1ère extinction $\theta = 66^\circ$
- Schéma : ondes circulaires
- Schéma : λ inchangé

Note .../20**Grille DM 1****1. Cuve à ondes .../5**

- Déf. trans. + long.
- Onde transversale
- $v_1 = 0,14 \text{ m.s}^{-1}$ (0,12...0,15)
- $v_2 = 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ (0,09...0,11)
- v diminue avec profondeur

2. Ondes périodiques .../5

- Longueur d'onde, $\lambda = vT$
- $\lambda_1 = 0,70 \text{ cm}$ (0,6...0,8)
- $\lambda_2 = 0,55 \text{ cm}$ (0,5...0,6)
- $v = 0,22; 0,23; 0,28$ et $0,35 \text{ m.s}^{-1}$
- Milieu dispersif

3.1. Laser .../4

- Diffraction
- $\theta \simeq \ell/2D$ ou équivalent
- $\lambda = a\ell/2D$ form. litt. exigée
- $\lambda = 627 \text{ nm}$

3.2. Houle .../6

- Énoncé : $\lambda = 230 \text{ m}$ et $T = 12 \text{ s}$
- $v = 19 \text{ m.s}^{-1}$
- Diffraction si $a \sim \lambda$
- 1ère extinction $\theta = 66^\circ$
- Schéma : ondes circulaires
- Schéma : λ inchangé

Note .../20