Solutionnaire du chapitre 7

1. La différence de phase entre les oscillations est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \phi_2 - \phi_1 \\ &= -1rad - 4rad \\ &= -5rad\end{aligned}$$

L'amplitude est donc

$$\begin{aligned}A_{tot} &= \left|2A\cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right| \\ &= \left|2\cdot 0,2m\cos\left(\frac{-5rad}{2}\right)\right| \\ &= 0,3205m\end{aligned}$$

2. La différence de phase entre les oscillations est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \phi_2 - \phi_1 \\ &= -2rad - 2rad \\ &= -4rad\end{aligned}$$

L'amplitude est donc

$$\begin{aligned}A_{tot} &= \sqrt{A_1^2 + 2A_1A_2\cos(\Delta\phi) + A_2^2} \\ &= \sqrt{(0,5m)^2 + 2\cdot 0,5m\cdot 0,2m\cos(-4) + (0,2m)^2} \\ &= 0,399m\end{aligned}$$

3. a) Si on veut de l'interférence constructive, on doit avoir $\Delta\phi = 2m\pi$. On doit donc avoir

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \phi_2 - \phi_1 \\ 2m\pi &= \phi_2 - 1 \\ \phi_2 &= 2m\pi + 1\end{aligned}$$

Pour avoir une valeur entre 0 et 2π, on doit choisir $m = 0$. On a donc $\phi_2 = 1$. L'oscillation à ajouter est donc

$$y_2 = 0{,}1m \sin\left(100\tfrac{rad}{s}t + 1\right)$$

b) Si on veut de l'interférence destructive, on doit avoir $\Delta\phi = (2m + 1)\pi$. On doit donc avoir

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \phi_2 - \phi_1 \\ (2m+1)\pi &= \phi_2 - 1 \\ \phi_2 &= (2m+1)\pi + 1\end{aligned}$$

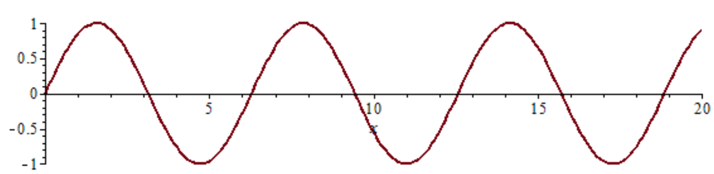
Pour avoir une valeur entre 0 et 2π, on doit choisir $m = 0$. On a donc $\phi_2 = \pi + 1$. L'oscillation à ajouter est donc

$$y_2 = 0{,}1m \sin\left(100\tfrac{rad}{s}t + 4{,}142\right)$$

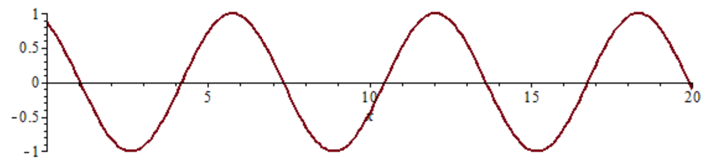
4. Ici, il n'y a que le déphasage dû à la différence de distance $\Delta\phi_T$. Le déphasage est donc

$$\begin{aligned}\Delta\phi_T &= -\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi \\ &= -\frac{r_B - r_A}{\lambda}2\pi \\ &= -\frac{3{,}6m - 5{,}2m}{0{,}5m}2\pi \\ &= \tfrac{32}{5}\pi\end{aligned}$$

5. Ici, il n'y a que le déphasage dû aux sources $\Delta\phi_S$. On va supposer que la source A a une constante de phase nulle.



Si la source B est en avance d'un tiers de cycle sur la source A, alors son graphique doit être de



Dans ce cas, la constante de phase est

$$\phi_2 = \frac{2\pi}{3}$$

$\Delta\phi_S$ est donc

$$\begin{aligned}\Delta\phi_S &= \phi_{source\ 2} - \phi_{source\ 1} \\ &= \frac{2\pi}{3} - 0 \\ &= \frac{2\pi}{3}\end{aligned}$$

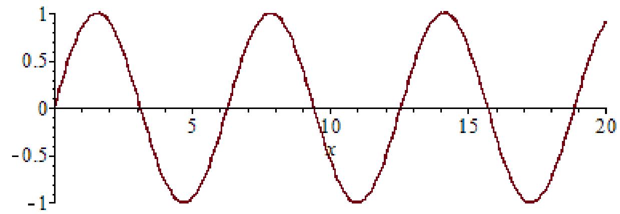
6. Le déphasage total est

$$\Delta\phi = \Delta\phi_T + \Delta\phi_S + \Delta\phi_R$$

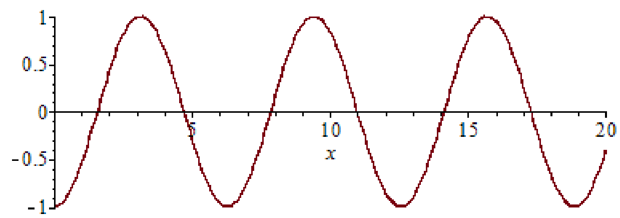
$\Delta\phi_T$ est

$$\begin{aligned}\Delta\phi_T &= -\frac{\Delta r}{\lambda} 2\pi \\ &= -\frac{r_B - r_A}{\lambda} 2\pi \\ &= -\frac{3m - 5m}{0,2m} 2\pi \\ &= 20\pi\end{aligned}$$

Pour $\Delta\phi_S$, on va supposer que la source A a une constante de phase nulle.



Si la source B est en retard d'un quart de cycle sur la source A, alors son graphique doit être de



Dans ce cas, la constante de phase est

$$\phi_2 = -\frac{\pi}{2}$$

$\Delta\phi_S$ est donc

$$\begin{aligned}\Delta\phi_S &= \phi_{source\ 2} - \phi_{source\ 1}\\ &= -\frac{\pi}{2} - 0\\ &= -\frac{\pi}{2}\end{aligned}$$

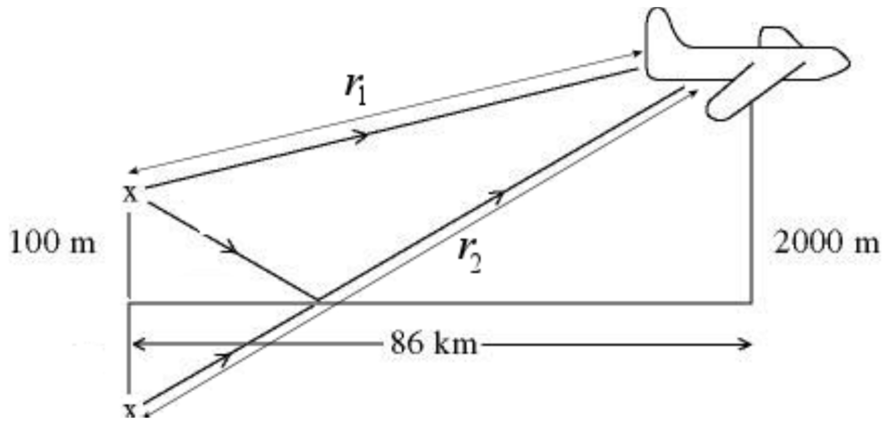
Le déphasage total est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \Delta\phi_T + \Delta\phi_S + \Delta\phi_R\\ &= 20\pi + -\frac{\pi}{2} + 0\\ &= \frac{39\pi}{2}\\ &= 61,26 rad\end{aligned}$$

7. Trouvons premièrement la longueur d'onde du signal. Cette longueur d'onde est

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8 \frac{m}{s}}{120\times10^6 Hz} = 2,5m$$

Les distances sont (en posant que l'onde 2 est celle qui se réfléchie)



$$r_1 = \sqrt{(86000m)^2 + (1900m)^2}$$
$$r_2 = \sqrt{(86000m)^2 + (2100m)^2}$$

La différence de marche est donc

$$\begin{aligned}\Delta r &= \sqrt{(86000m)^2 + (2100m)^2} - \sqrt{(86000m)^2 + (1900m)^2} \\ &= 4,6499m\end{aligned}$$

$\Delta\phi_T$ est

$$\begin{aligned}\Delta\phi_T &= -\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi \\ &= -\frac{-4,6499m}{2,5m} \\ &= -11,686rad\end{aligned}$$

Puisque l'onde réfléchie est inversée, $\Delta\phi_R$ est

$$\Delta\phi_R = \pi$$

Le déphasage total est donc

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= -11,686rad + \pi \\ &= -8,545rad\end{aligned}$$

8. Puisque la différence de marche est *d*, $\Delta\phi_T$ est

$$\begin{aligned}\Delta\phi_T &= -\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi \\ &= -\frac{d}{0,25m}2\pi\end{aligned}$$

(On choisit la source 2 comme étant le hautparleur le plus éloigné de l'observateur et la source 1 comme étant le hautparleur le plus près de l'observateur. Ainsi, la valeur de *d* sera positive puisque $d = r_2 - r_1$.)

Il n'y a pas d'autres déphasages puisqu'il n'y a pas de réflexion et que les sources sont en phase.

Le déphasage total est donc

$$\Delta\phi = -\frac{d}{0,25m}2\pi$$

Si on veut de l'interférence destructive, on doit avoir

$$\Delta\phi = (2m+1)\pi$$

On arrive donc à

$$-\frac{d}{0,25m}2\pi = (2m+1)\pi$$

En isolant *d,* on arrive a

$$\begin{aligned}-\frac{d}{0,25m}2\pi &= (2m+1)\pi \\ d &= -\frac{(2m+1)}{2}\cdot 0,25m\end{aligned}$$

Les valeurs de *m* positives et nulle nous donne une distance négative, ce qui est inacceptable. On trouve la plus petite valeur positive de *d* avec *m* = -1. On a alors

$$\begin{aligned} d &= -\frac{\left(2(-1)+1\right)}{2} \cdot 0,25m \\ &= 12,5cm \end{aligned}$$

9. Les distances sont (en posant que l'onde 2 est celle qui arrive du haut-parleur B)

$$\begin{aligned} r_1 &= \sqrt{(1m)^2 + (2,4m)^2} \\ r_2 &= 2,4m \end{aligned}$$

La différence de marche est donc

$$\begin{aligned} \Delta r &= 2,4m - \sqrt{(1m)^2 + (2,4m)^2} \\ &= -0,2m \end{aligned}$$

$\Delta\phi_T$ est

$$\begin{aligned} \Delta\phi_T &= -\frac{\Delta r}{\lambda} 2\pi \\ &= -\frac{-0,2m}{\lambda} 2\pi \\ &= \frac{0,2m}{\lambda} 2\pi \end{aligned}$$

Comme il n'y a pas de déphasage entre les sources ni de réflexion, ce déphasage est le déphasage total

$$\Delta\phi = \frac{0,2m}{\lambda} 2\pi$$

Si on veut de l'interférence destructive, on doit avoir

$$\Delta\phi = (2m+1)\pi$$

On arrive donc à

$$\frac{0,2m}{\lambda} 2\pi = (2m+1)\pi$$

En isolant λ, on arrive a

$$\frac{0,2m}{\lambda}2=(2m+1)$$
$$\lambda=\frac{0,4m}{2m+1}$$

Pour avoir la fréquence minimale, il faut la longueur d'onde maximale. Il faut avoir le plus petit diviseur positif, qu'on obtient avec m = 0. On a donc

$$\lambda_{\max}=\frac{0,4m}{2\cdot 0+1}=0,4m$$

La fréquence minimale est donc

$$f_{\min}=\frac{v}{\lambda_{\max}}=\frac{340\frac{m}{s}}{0,4m}=850Hz$$

10. Trouvons premièrement la longueur d'onde du signal. Cette longueur d'onde est

$$\lambda=\frac{v}{f}=\frac{343\frac{m}{s}}{490Hz}=0,7m$$

Les distances sont (en posant que l'onde 1 est celle qui se réfléchie sur le mur)

$$r_1=2\sqrt{(3m)^2+d^2}$$
$$r_2=6m$$

La différence de marche est donc

$$\Delta r=6m-2\sqrt{(3m)^2+d^2}$$

$\Delta\phi_T$ est

$$\begin{aligned}\Delta\phi_T&=-\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi\\&=-\frac{6m-2\sqrt{(3m)^2+d^2}}{0,7m}2\pi\\&=\frac{2\sqrt{(3m)^2+d^2}-6m}{0,7m}2\pi\end{aligned}$$

Le son réfléchi sur un mur étant inversé, $\Delta\phi_R$ est

$$\Delta\phi_R = \pi$$

Comme il n'y a pas de déphasage entre les sources, le déphasage total est

$$\Delta\phi = \frac{2\sqrt{(3m)^2 + d^2} - 6m}{0,7m} 2\pi + \pi$$

Si on veut de l'interférence constructive, on doit avoir

$$\Delta\phi = 2m\pi$$

On arrive donc à

$$\frac{2\sqrt{(3\text{m})^2 + d^2} - 6\text{m}}{0,7\text{m}} 2\pi + \pi = 2m\pi$$

Remarquons ici que puisque les deux termes de gauche sont positifs, le terme de droite doit aussi être positif, ce qui élimine toutes les valeurs de *m* négatives.

En isolant *d,* on arrive a

$$\frac{2\sqrt{(3\text{m})^2 + d^2} - 6\text{m}}{0,7\text{m}} 2 + 1 = 2m$$

$$\frac{2\sqrt{(3\text{m})^2 + d^2} - 6\text{m}}{0,7\text{m}} 2 = 2m - 1$$

$$2\sqrt{(3\text{m})^2 + d^2} - 6\text{m} = \frac{2m-1}{2} 0,7\text{m}$$

$$2\sqrt{(3\text{m})^2 + d^2} = \frac{2m-1}{2} 0,7\text{m} + 6\text{m}$$

$$\sqrt{(3\text{m})^2 + d^2} = \frac{2m-1}{4} 0,7\text{m} + 3\text{m}$$

$$(3\text{m})^2 + d^2 = \left(\frac{2m-1}{4} 0,7\text{m} + 3\text{m}\right)^2$$

$$d^2 = \left(\frac{2m-1}{4} 0,7\text{m} + 3\text{m}\right)^2 - (3\text{m})^2$$

Voici ce qu'on obtient selon la valeur de *m*.

$m = 0$	d^2 est négatif, ce qui est inacceptable
$m = 1$	$d^2 = 1{,}080625$ m²
$m = 2$ et plus	d^2 est plus grand que $1{,}080625$ m²

La valeur minimale se trouve donc avec $m = 1$. La distance est alors

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{1{,}080625m^2} \\ &= 1{,}0395m \end{aligned}$$

11. Prenons le haut-parleur B comme source 2. $\Delta\phi_T$ est alors

$$\begin{aligned} \Delta\phi_T &= -\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi \\ &= -\frac{\Delta r}{0{,}32m}2\pi \end{aligned}$$

$\Delta\phi_S$ est

$$\Delta\phi_S = \frac{\pi}{4}$$

La valeur est positive puisque la source 2 est en avance sur la source 1.

Comme il n'y a pas de réflexion, le déphasage total est

$$\Delta\phi = -\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi + \frac{\pi}{4}$$

Avec de l'interférence destructive, on doit avoir

$$\Delta\phi = (2m+1)\pi$$

On a donc

$$-\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi + \frac{\pi}{4} = (2m+1)\pi$$

Si on isole la différence de marche, on arrive à

$$-\frac{\Delta r}{\lambda}2+\frac{1}{4}=2m+1$$
$$-\frac{\Delta r}{\lambda}2=2m+\frac{3}{4}$$
$$-\frac{\Delta r}{\lambda}=m+\frac{3}{8}$$
$$\Delta r=-\left(m+\frac{3}{8}\right)\lambda$$

Si $m = 0$, on a $\Delta r = -3\lambda/8$.
Si $m = 1$, on a $\Delta r = -11\lambda/8$.
Plus m augmente à partir de $m = 1$, plus la différence de marche augmente (en valeur absolue).
Si $m = -1$, on a $\Delta r = 5\lambda/8$.
Plus m diminue à partir de $m = -1$, plus la différence de marche augmente.

La plus petite différence de marche (en valeur absolue) est donc de

$$\Delta r=-\frac{3}{8}\lambda=-\frac{3}{8}32cm=-12cm$$

On a donc

$$r_2-r_1=-12cm$$

La source 2 doit donc être 12 cm plus près que la source 1.

12. L'angle est

$$\tan\theta=\frac{y}{L}$$
$$\tan\theta=\frac{1cm}{200cm}$$
$$\theta=0,2865°$$

On trouve ensuite la distance avec

$$d\sin\theta=m\lambda$$
$$d\sin\left(0,2865°\right)=4\cdot 600nm$$
$$d=4,8\times 10^{-4}m=0,48mm$$

13. L'angle est donné par

$$d\sin\theta = m\lambda$$
$$0{,}1\times10^{-3}m\sin\theta = 5\cdot 500nm$$
$$\theta = 1{,}4325°$$

La position du maximum est donc

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 1{,}4325° = \frac{y}{160cm}$$
$$y = 4{,}001cm$$

14. Avec la longueur d'onde de 550 nm, on a

$$d\sin\theta = m\lambda$$
$$d\sin\theta = 5\cdot 550nm$$
$$d\sin\theta = 2750nm$$

Avec l'autre longueur d'onde, on a

$$d\sin\theta = m\lambda$$
$$d\sin\theta = 4\lambda$$

Comme ces maximums sont à la même position, donc au même angle, les deux $d\sin\theta$ de ces deux équations sont égaux. On a donc

$$2750nm = 4\lambda$$
$$\lambda = 687{,}5nm$$

15. La figure nous montre que le troisième minimum (m =2) est à 11,5 mm du centre du maximum central. L'angle est

$$d\sin\theta = \left(m+\tfrac{1}{2}\right)\lambda$$
$$0{,}2\times10^{-3}m\sin\theta = \left(2+\tfrac{1}{2}\right)632\times10^{-9}m$$
$$\theta = 0{,}4526°$$

On a donc

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 0,4526° = \frac{1,15cm}{L}$$
$$L = 145,6cm$$

16. Dans l'expérience de Young, on peut trouver la différence de marche avec le déphasage avec

$$\Delta\phi = -\frac{\Delta r}{\lambda} 2\pi$$
$$2 = \left| -\frac{\Delta r}{450 \times 10^{-9} m} 2\pi \right|$$
$$\Delta r = 143,24nm$$

Comme la différence de marche est

$$\Delta r = d \sin\theta$$

on a

$$143,24 \times 10^{-9} m = 0,2 \times 10^{-3} m \sin\theta$$
$$\theta = 0,041°$$

La position se trouve alors avec

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 0,041° = \frac{y}{240cm}$$
$$y = 0,1719cm$$

17. L'angle à 2 cm du maximum central est

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan\theta = \frac{2cm}{200cm}$$
$$\theta = 0,5729°$$

La différence de marche est alors

$$\begin{aligned}\Delta r &= d\sin\theta \\ &= 0,2\times 10^{-3}m\sin 0,5729° \\ &= 1,9999\times 10^{-6}m\end{aligned}$$

Le déphasage est alors

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \frac{\Delta r}{\lambda}2\pi \\ &= \frac{1,9999\times 10^{-6}m}{600\times 10^{-9}m}2\pi \\ &= 20,9429 rad\end{aligned}$$

L'intensité est donc

$$\begin{aligned}I_{tot} &= 4I_1\cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \\ &= 1,0018I_1\end{aligned}$$

18. Si l'intensité est de 50% de l'intensité maximale, c'est qu'elle vaut

$$I_2 = 0,5I_{\max} = 0,5\times 4I_1 = 2I_1$$

Le déphasage est donc

$$I_{tot} = 4I_1 \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)$$
$$2I_1 = 4I_1 \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)$$
$$\frac{1}{2} = \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)$$
$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)$$
$$\frac{\pi}{4} = \frac{\Delta\phi}{2}$$

(En fait, il y a beaucoup d'autres réponses à un arccos, mais elles sont toutes plus grandes ou négatives. Comme on veut la plus petite distance du maximum central, on garde la plus petite valeur du déphasage. On a donc

$$\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$$

On a donc

$$\Delta\phi = \frac{\Delta r}{\lambda} 2\pi$$
$$\frac{\pi}{2} = \frac{\Delta r}{500 \times 10^{-9} m} 2\pi$$
$$\Delta r = 125 nm$$

L'angle est donc

$$\Delta r = d \sin\theta$$
$$125 \times 10^{-9} m = 0{,}15 \times 10^{-3} m \sin\theta$$
$$\theta = 0{,}04775°$$

La position sur l'écran est donc

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 0{,}04775° = \frac{y}{300cm}$$
$$y = 0{,}25cm$$

19. Trouvons premièrement la longueur d'onde du signal. Cette longueur d'onde est

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343\frac{m}{s}}{245Hz} = 1,4m$$

Les distances sont (en posant que l'onde 2 est celle qui se réfléchie sur le mur

$$r_1 = 6m$$
$$r_2 = 2\sqrt{(3m)^2 + (2m)^2}$$

La différence de marche est donc

$$\begin{aligned}\Delta r &= 2\sqrt{(3m)^2 + (2m)^2} - 6m \\ &= 1,211m\end{aligned}$$

et $\Delta\phi_T$ est

$$\begin{aligned}\Delta\phi_T &= -\frac{\Delta r}{\lambda}2\pi \\ &= -\frac{1,211m}{1,4m}2\pi \\ &= -5,435rad\end{aligned}$$

Le son réfléchi sur un mur étant inversé, $\Delta\phi_R$ est

$$\Delta\phi_R = \pi$$

Comme il n'y a pas de déphasage entre les sources, le déphasage total est

$$\Delta\phi = -5,435 + \pi = -2,294rad$$

Puisque $A_2 = 0,7\ A_1$, l'intensité est

$$\begin{aligned}I_{tot} &= I_1\left(1 + 2\tfrac{A_2}{A_1}\cos(\Delta\phi) + \tfrac{A_2^2}{A_1^2}\right) \\ &= I_1\left(1 + 2\tfrac{0,7A_1}{A_1}\cos(-2,294rad) + \tfrac{(0,7A_1)^2}{A_1^2}\right) \\ &= I_1\left(1 + 1,4\cos(-7,729rad) + 0,49\right) \\ &= 0,5637I_1\end{aligned}$$

L'intensité est donc 56,37% de l'intensité qu'il y aurait s'il y avait seulement l'onde qui arrive directement de la source.

20. On sait que l'intensité est donnée par

$$I_{tot} = I_A \left(1 + 2\tfrac{A_B}{A_A}\cos\left(\Delta\phi\right) + \tfrac{A_B^2}{A_A^2}\right)$$

Pour connaitre l'intensité totale, on doit donc connaitre le rapport des amplitudes et le déphasage.

Comme l'intensité est proportionnelle au carrée de l'amplitude, on a

$$\frac{I_B}{I_A} = \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2$$

$$\frac{\frac{P}{4\pi r_B^2}}{\frac{P}{4\pi r_A^2}} = \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2$$

$$\frac{r_A^2}{r_B^2} = \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2$$

$$\frac{r_A}{r_B} = \frac{A_B}{A_A}$$

Le rapport des amplitudes est donc égal au rapport des distances. Ce rapport est

$$\begin{aligned}\frac{A_B}{A_A} &= \frac{r_A}{r_B} \\ &= \frac{300m}{\sqrt{\left(300m\right)^2 + \left(200m\right)^2}} \\ &= \frac{3}{\sqrt{13}}\end{aligned}$$

Reste à trouver le déphasage. Comme il n'y a que le déphasage dû à la différence de distance, le déphasage est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= -\frac{r_B - r_A}{\lambda}2\pi \\ &= \frac{\sqrt{(300m)^2+(200m)^2}-300m}{3\times10^8\,\frac{m}{s}/100\,\text{MHz}}2\pi \\ &= \frac{60,555m}{3m}2\pi \\ &= 126,826rad\end{aligned}$$

Ainsi, l'intensité est

$$\begin{aligned}I_{tot} &= I_A\left(1+2\tfrac{A_B}{A_A}\cos(\Delta\phi)+\tfrac{A_B^2}{A_A^2}\right) \\ &= 0,001\tfrac{W}{m^2}\left(1+2\cdot\tfrac{3}{\sqrt{13}}\cos(126,826rad)+\tfrac{9}{13}\right) \\ &= 0,002353\tfrac{W}{m^2}\end{aligned}$$

21. Le déphasage entre les ondes est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \frac{4\pi e n_p}{\lambda} \\ &= \frac{4\pi\cdot 450nm\cdot 1,3}{\lambda} \\ &= \frac{2340nm\cdot\pi}{\lambda}\end{aligned}$$

Avec de l'interférence destructive, on doit avoir

$$\Delta\phi = (2m+1)\pi$$

On a donc

$$\begin{aligned}\frac{2340nm\cdot\pi}{\lambda} &= (2m+1)\pi \\ \lambda &= \frac{2340nm}{2m+1}\end{aligned}$$

Ce qui donne les valeurs suivantes.

m= 0 λ = 2340 nm

$m = 1$	$\lambda = 780$ nm
$m = 2$	$\lambda = 468$ nm
$m = 3$	$\lambda = 334{,}3$ nm

Dans le visible, seule la longueur d'onde de 468 nm est absente.

22. Le déphasage entre les ondes est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \frac{4\pi e n_p}{\lambda} \\ &= \frac{4\pi \cdot 450nm \cdot 1,3}{\lambda} \\ &= \frac{2340nm \cdot \pi}{\lambda}\end{aligned}$$

Avec de l'interférence constructive, on doit avoir

$$\Delta\phi = 2m\pi$$

On a donc

$$\begin{aligned}\frac{2340nm \cdot \pi}{\lambda} &= 2m\pi \\ \lambda &= \frac{1170nm}{m}\end{aligned}$$

Ce qui donne les valeurs suivantes.

$m = 1$	$\lambda = 1170$ nm
$m = 2$	$\lambda = 585$ nm
$m = 3$	$\lambda = 390$ nm

Dans le visible, seule la longueur d'onde de 585 nm est fortement réfléchie.

23. a) Le déphasage entre les ondes est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \frac{4\pi e n_p}{\lambda} + \pi \\ &= \frac{4\pi \cdot 250nm \cdot 1,6}{450nm} + \pi \\ &= 14,31 rad\end{aligned}$$

b) L'intensité est donc

$$\begin{aligned}I_{tot} &= 4I_1 \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \\ &= 4I_1 \cos^2\left(\frac{14,31}{2}\right) \\ &= 1,65 I_1\end{aligned}$$

La lumière est donc 1,65 fois plus forte par rapport à celle qu'il y aurait sans couche mince.

24. Le déphasage entre les ondes est

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \frac{4\pi e n_p}{\lambda} + \pi \\ &= \frac{4\pi \cdot e \cdot 1,8}{550nm} + \pi \\ &= \frac{7,2 \cdot \pi \cdot e}{550nm} + \pi\end{aligned}$$

Avec de l'interférence constructive, on doit avoir

$$\Delta\phi = 2m\pi$$

On a donc

$$\begin{aligned}\frac{7,2 \cdot \pi \cdot e}{550nm} + \pi &= 2m\pi \\ \frac{7,2 \cdot e}{550nm} + 1 &= 2m \\ e &= \frac{550nm(2m-1)}{7,2}\end{aligned}$$

On trouve l'épaisseur minimale avec m = 1. On a alors

$$e = \frac{550nm}{7,2} = 76,39nm$$

25. Le déphasage entre les ondes est

$$\Delta\phi = \frac{4\pi en}{\lambda} + \pi$$

Pour la longueur d'onde renforcée (λ_1), il y a interférence constructive. La condition pour l'interférence constructive est

$$\Delta\phi = 2m\pi$$

On a donc

$$\frac{4\pi en}{\lambda_1} + \pi = 2m_1\pi$$

Si on isole l'épaisseur, on obtient

$$e = \frac{(2m_1 - 1)\lambda_1}{4n} = \frac{(2m_1 - 1)\cdot 638,4nm}{4\cdot 1,33} = (2m_1 - 1)120nm$$

En donnant des valeurs de 1, 2, 3, 4, 5…. à m_1, on a les épaisseurs possibles suivantes : 120 nm, 360 nm, 600 nm, 840 nm, 1080 nm.

Pour la longueur d'onde atténuée (λ_2), il y a interférence destructive. La condition pour l'interférence destructive est

$$\Delta\phi = (2m+1)\pi$$

On a donc

$$\frac{4\pi en}{\lambda_2} + \pi = (2m_2 + 1)\pi$$

Ce qui se simplifie à

$$\frac{4\pi en}{\lambda_2} = 2m_2\pi$$

Si on isole l'épaisseur, on obtient

$$e = \frac{2m_2\lambda_1}{4n} = \frac{2m_2 \cdot 478,8nm}{4 \cdot 1,33} = m_2 \times 180nm$$

En donnant des valeurs de 1, 2, 3, 4, 5…. à m_2, on a les épaisseurs possibles suivantes : 180 nm, 360 nm, 540 nm, 720 nm, 900 nm.

La plus petite épaisseur commune est donc 360 nm.

26. a) La valeur maximale de m est

$$m < \frac{d}{\lambda} = \frac{\frac{1}{300} \times 10^{-3} m}{650 \times 10^{-9} m} = 5,13$$

La valeur maximale de m est donc de 5. Il y a donc 11 maximums au total (les maximums m = 1 à m = 5 à droite, les maximums m = 1 à m = 5 à gauche et le maximum central).

b) L'angle du premier maximum est

$$d \sin\theta = m\lambda$$
$$\tfrac{1}{300} \times 10^{-3} m \sin\theta = 1 \cdot 650 \times 10^{-9} m$$
$$\theta = 11,24°$$

La position est alors

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 11,24° = \frac{y}{240cm}$$
$$y = 47,7cm$$

27. a) L'angle du premier maximum est

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan\theta = \frac{43,6cm}{100cm}$$
$$\theta = 23,56°$$

On a donc

$$d\sin\theta = m\lambda$$
$$\tfrac{1}{800}\times 10^{-3}m\cdot\sin 23,55° = 1\cdot\lambda$$
$$\lambda = 499,6nm$$

b) l'angle de deuxième maximum est

$$d\sin\theta = m\lambda$$
$$\tfrac{1}{800}\times 10^{-3}m\cdot\sin\theta = 2\cdot 499,6nm$$
$$\theta = 53,07°$$

La position est donc

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 53,07° = \frac{y}{100cm}$$
$$y = 133,02cm$$

La distance entre le maximum d'ordre 2 et le maximum d'ordre 1 est donc

$$x = 133,02cm - 43,6cm = 89,42cm$$

c) La valeur maximale de *m* est

$$m < \frac{d}{\lambda} = \frac{\tfrac{1}{800}\times 10^{-3}m}{499,6\times 10^{-9}m} = 2,50$$

La valeur maximale de *m* est donc de 2. Il y a donc 5 maximums au total (les maximums m = 1 et m = 2 à droite, les maximums m = 1 et m = 2 à gauche et le maximum central).

28. Pour la première longueur d'onde, l'angle de premier maximum est

$$d\sin\theta = m\lambda$$
$$\tfrac{1}{300}\times 10^{-3}m\cdot\sin\theta = 1\cdot 589{,}0nm$$
$$\theta = 10{,}1776°$$

La position est donc

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 10{,}1776° = \frac{y}{200cm}$$
$$y = 35{,}9050cm$$

Pour la deuxième longueur d'onde, l'angle de premier maximum est

$$d\sin\theta = m\lambda$$
$$\tfrac{1}{300}\times 10^{-3}m\cdot\sin\theta = 1\cdot 589{,}6nm$$
$$\theta = 10{,}1881°$$

La position est donc

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 10{,}1881° = \frac{y}{200cm}$$
$$y = 35{,}9427cm$$

La distance entre ces maximums est donc

$$x = 35{,}9427cm - 35{,}9050cm = 0{,}0377cm$$

29. L'angle du premier maximum est

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan\theta = \frac{35cm}{100cm}$$
$$\theta = 19{,}29°$$

On a donc

$$d \sin \theta = m\lambda$$
$$d \sin 19,29° = 1 \cdot \lambda$$
$$\frac{\lambda}{d} = 0,3304$$

L'angle de deuxième maximum est

$$d \sin \theta = m\lambda$$
$$d \sin \theta = 2\lambda$$
$$\sin \theta = 2\frac{\lambda}{d}$$
$$\sin \theta = 0,6607$$
$$\theta = 41,35°$$

La position est donc

$$\tan \theta = \frac{y}{L}$$
$$\tan 41,35° = \frac{y}{100cm}$$
$$y = 88,02cm$$