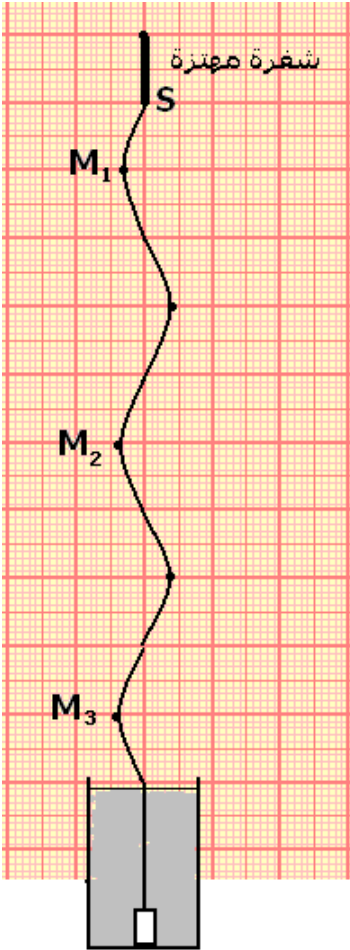
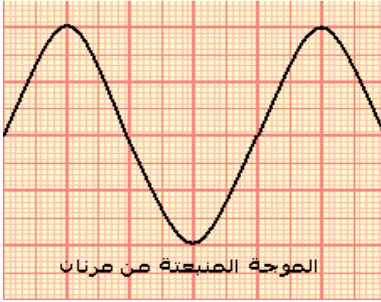


## الموجات الميكانيكية الدورية أنشطة تجريبية



### النشاط التجريبي 1 الموجات الصوتية

بواسطة راسم التذبذب و ميكروفون نعاين موجتين صوتيتين:  
– موجة منبعثة من آلة موسيقية :

– موجة منبعثة من مرنان Diapason

1 – هل هذه الموجات دورية ؟

2 – قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصلين .

3 – علما أن زر الحساسية الأفقية لراسم التذبذب ضبط على القيمة 0,5ms ، أحسب الدور T لكل من الموجتين الصوتيتين واستنتج تردد الموجة الصوتية المنبعثة من المرنان .

### النشاط التجريبي 2 الموجات الميكانيكية طول الحبل

تتحرك شعرة معدنية تحت تأثير كهرومغناطيس بتردد 100Hz . يتكون وسط الانتشار من حبل مشدود تثبت أحد طرفيه بنهاية الشعرة ، بينما يوضع على الطرف الثاني في كأس به ماء لامتصاص الموجة .

نستعمل في هذه التجربة جهاز كهربائي يسمى بالوماض :

جهاز إلكتروني يصدر ومضات ضوئية سريعة في مدد زمنية متتالية ومتساوية  $T_e$  ، ويحتوي على زر يمكن من تغيير وضبط تردد الومضات  $\nu_e$  .

نضيء الخيط بواسطة الوماض ونضبط التردد  $\nu_e$  للومضات على أكبر قيمة تمكن من ملاحظة توقف ظاهري للحبل . في هاته الحالة تردد الومضات هو تردد حركة الحبل .

نغير قيمة تردد الوماض قليلا بالنسبة للقيمة  $\nu_e$  :  $\nu_e + \epsilon$  و  $\nu_e - \epsilon$  نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في المنحى المعاكس لمنحى انتشار الموجة .

$\nu_e - \epsilon$  نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في نفس منحى انتشار الموجة .

### استثمار

1 – كيف هو شكل الحبل في غياب الوماض ؟

2 – عند إضاءة الحبل بالوماض وضبط تردد ومضاته على أكبر قيمة حيث نلاحظ توقف ظاهري للحبل . بين أن حركة كل نقطة M من الحبل مستقيمة جيوية ، ترددتها مساو لتردد الشعرة المهتزة .

3 – الشكل جانبه يمثل مظهر الحبل في لحظة t بالسلم الحقيقي بحيث يكون على شكل جيبي  $y=f(x)$  (دالة جيوية )

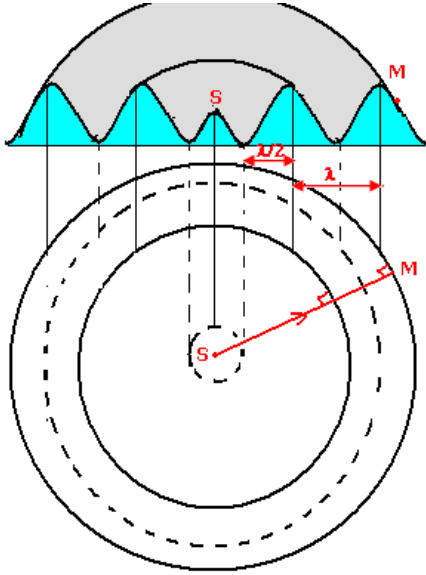
والتي تمثل مظهر الحبل في لحظة t . يتميز هذا المنحى **بدورية**

### مكانية تسمى طول الموجة ويرمز لها ب $\lambda$

1 – قس المسافتين  $M_1M_2$  و  $M_2M_3$  و  $M_1M_3$

2 – قارن الحالات الاهتزازية للنقط  $M_1$  ،  $M_2$  ،  $M_3$  .

3 – أكتب المسافات  $M_1M_2$  و  $M_2M_3$  و  $M_1M_3$  بدلالة  $\lambda$  .



خط ذري الموجات  
خط قعور الموجات

### النشاط التحريبي 3

#### أ - الموجة المتوالية الحسية الدائرية

1 - دراسة تجريبية : الموجة المتوالية على سطح الماء في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ، حركة اهتزازية دائمة أو مصونة ترددها 100Hz . وتفاديا لانعكاس الموجة نكسو جوانب الحوض بالقطن التي يمتصها .

1 - ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟  
ماذا نلاحظ عندما نضيء سطح الماء بواسطة وماض بحيث نضبط ومضاته على  $v+\epsilon$  و  $v-\epsilon$  ؟

#### ب - الموجة المتوالية المستقيمة

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة صفيحة أفقية متصلة بهزاز كهربائي حركة اهتزازية دائمة . وتفاديا لانعكاس الموجة ، نكسو جوانب الحوض بالقطن من امتصاصها .

ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟  
ماذا نلاحظ عندما نضيء سطح الماء بواسطة وماض بحيث نضبط ومضاته على  $v+\epsilon$  و  $v-\epsilon$  ؟

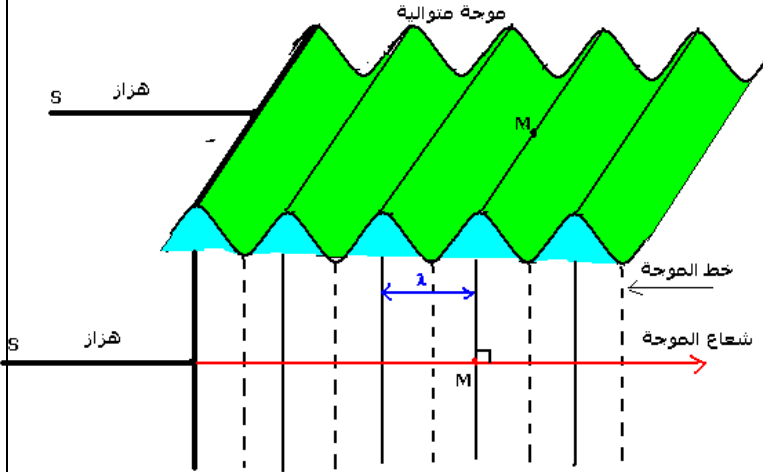
### النشاط التحريبي 4 : ظاهرة

#### الحيود

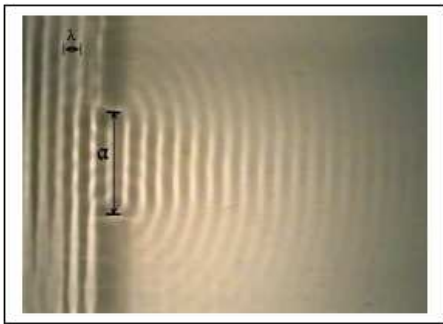
#### تجربة :

نضع رأسيا في حوض الموجات ، وعلى استقامة واحدة صفيحتين على شكل مستطيل ، مكسوتين بمادة ( قطن أو إسفنج ) ماصة للموجات الواردة .

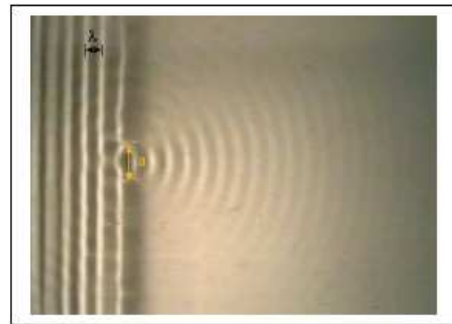
ونقرب الصفيحتين بحيث نحتفظ بفتحة بينهما عرض الفتحة هو  $l$  . نحدث على سطح الماء ، بواسطة هزاز ، موجة مستقيمة



Photographie 1



Photographie 2



الحالة الأولى :  $l \gg \lambda$  . ماذا تلاحظ ؟

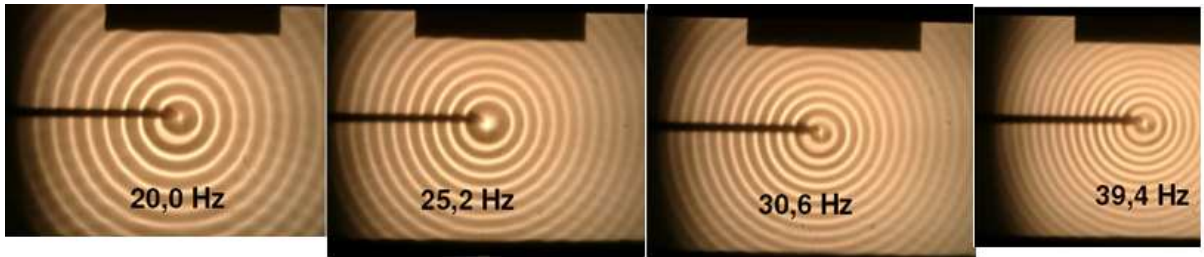
الحالة الثانية :  $l \approx \lambda$  . ماذا تلاحظ ؟

قارن بين طول الموجة الواردة وطول الموجة المحيطة . ماذا تستنتج .

### النشاط التحريسي 4 : ظاهرة التدد

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ذي تردد قابل للضبط حركة اهتزازية دائمة .  
نضيء سطح الماء بوماض ، نضبط تردد ومضاته على تردد يساوي تردد الهزاز فنحصل على توقف ظاهري للموجات المتوالية الدائرية .  
نقيس طول الموجة  $\lambda$  بالنسبة لمختلف قيم التردد  $N$  ونحسب السرعة  $V$  سرعة انتشار الموجة على سطح الماء .

N(Hz)	20,0	25,0	30,0	35,0
$4\lambda(m)$	4	3,6	3,2	2,8
$\lambda(m)$				
V(m/s)				



ماذا تستنتج ؟

## الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية

### سلسلة التمارين 2

#### تمرين 1

نعطي سرعة انتشار الصوت في الهواء  $V=340m/s$  .

1 - يتغير تردد موجة صوتية في الهواء بين قيمتين :  $v_1 = 20Hz$  و  $v_2 = 20kHz$  .

حدد مجال تغير طول الموجة الصوتية  $\lambda$  في الهواء .

2 - يصدر مرنان صوتا يناسب النوتة الموسيقية  $La_3$  ذات التردد  $440Hz$  . ما طول موجة هذا الصوت .

3 - هل تقع ظاهرة الحيود ، للموجة الصوتية في الهواء عبر فتحة عرضها  $d=80cm$  في الحالتين التاليتين ؟

- موجة صوتية ذات تردد  $v_1 = 3.10^3 Hz$

- موجة صوتية ذات تردد  $v_2 = 100Hz$

#### تمرين 2

يحدث هزاز في نقطة  $S$  من سطح الماء ، موجة متوالية جيبية ، ترددها  $v = 200Hz$  وسرعة انتشارها  $V=12m/s$  .

نعتبر نقطتين  $M_1$  و  $M_2$  من سطح الماء ، موجودتين على التوالي على مسافة :

$$d_1=SM_1=9cm \text{ و } d_2=SM_2=18cm$$

1 - هل الموجة على سطح الماء طولية أم مستعرضة ؟ علل جوابك .

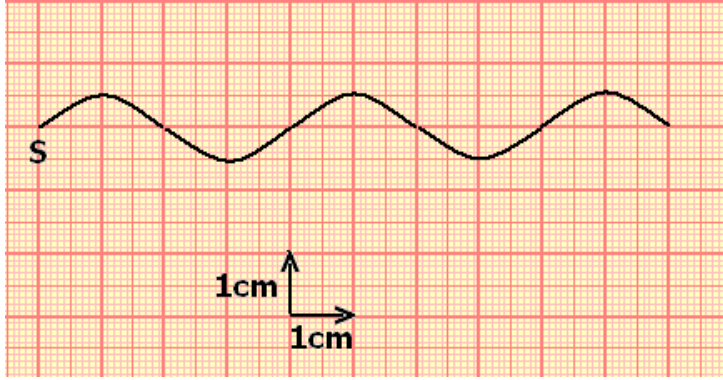
2 - أحسب طول الموجة  $\lambda$  .

3 - قارن حركتي  $M_1$  و  $M_2$  مع حركة المنبع  $S$  .

4 - في لحظة تاريخها  $t$  توجد النقطة  $M_1$  على مسافة  $3\text{mm}$  تحت موضع سكونها ، ما موضع النقطة  $M_2$  بالنسبة لموضع سكونها

### تمرين 3

يحدث الطرف  $S$  لشفرة مهتزة ، موجة متوالية جيئية ، ترددها  $\nu$  تنتشر طول الحبل .  
نضيء الحبل بوماض ، وضبط دور ومضاته على أصغر قيمة ليظهر الحبل متوقفا فنجد  $s=0,04\text{s}$  .  
يمثل الشكل أسفله ، مظهر الحبل عند لحظة  $t$  .



1 - أحسب تردد الموجة  
2 - أحسب سرعة انتشار الموجة  
3 - نعتبر أصل التواريخ لحظة بداية اهتزاز المنبع  $S$  نحو الأعلى . مثل شكل الحبل عند اللحظتين :

$$t_1=40\text{ms}$$

$$t_2=60\text{ms}$$

4 - نضبط تردد الومضات على

القيمتين  $\nu_{1s} = 26\text{Hz}$  و بعد ذلك على القيمة  $\nu_{2s} = 24\text{Hz}$  . كيف يظهر شكل الحبل في كل حالة ؟ علل جوابك .

### تمرين 4

يحدث هزاز مرتبط بصفحة  $S$  ، موجة متوالية جيئية مستقيمية ، على سطح الماء لحوض الموجات . نضبط تردد الوماض على أكبر قيمة ، تمكن من الحصول على توقف ظاهري ل الماء ، فنجد  $\nu_s = 50\text{Hz}$  ونقيس المسافة  $d$  الفاصلة بين الخط الأول للموجة والخط الخامس للموجة ، اللذان يوجدان في نفس الحالة الاهتزازية فنجد  $d=1,6\text{cm}$  .

1 - أحسب قيم  $\nu$  تردد الموجة و  $\lambda$  طول الموجة و  $\nu_1$  سرعة الإنتشار .  
2 - عند  $t_0=0\text{s}$  تبدأ الصفحة المتواجدة عند  $x=0$  في الاهتزاز نحو الأسفل ، علما أن القيمة القصوى لوسع حركتها هو  $0,2\text{cm}$  .

2 - 1 مثل في مستوى عمودي على سطح الماء ، مظهر سطح الماء عند  $t=0,04\text{s}$  .  
باستعمال السلم :  $1\text{cm} \leftrightarrow 0,2\text{cm}$  ( على الورق المليمترى )

2 - 2 مثل مظهر سطح الماء عند اللحظات :

$$t_1=0,08\text{s}$$

$$t_2=0,05\text{s}$$

3 - نضع أمام الموجة السابقة حاجزا ، ذا فتحة عرضها  $l$  قابل للضبط . حدد شكل والخصائص  $(\lambda, \nu, \nu)$  للموجة بعد الحاجز في الحالتين :

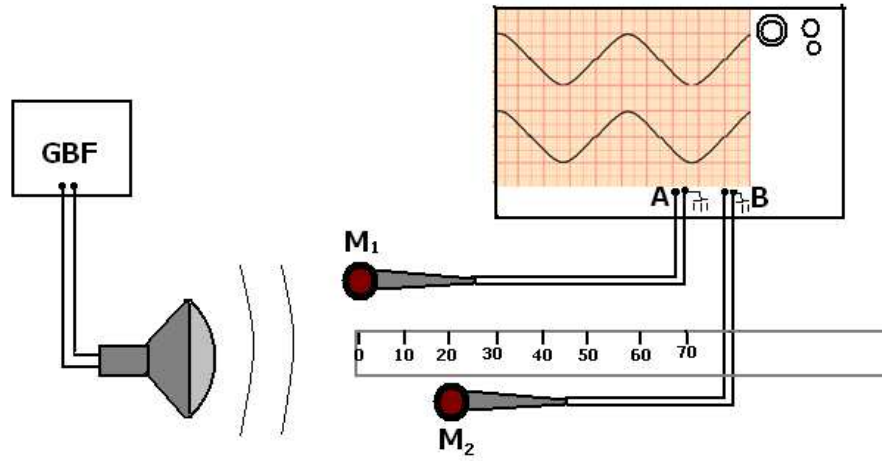
$$l_1 = 0,3\text{cm}$$

$$l_2 = 1\text{cm}$$

4 - نضبط تردد الوماض على قيمة  $\nu'$  حيث  $(\nu' > \nu)$  فتصبح سرعة الانتشار  $\nu'=0,15\text{m/s}$  .  
قارن قيم  $\nu$  و  $\nu'$  . ماذا تستنتج ؟

### تمرين 5

لقياس سرعة انتشار في الهواء ننجز التركيب التالي :



الصوت المنبعث من مكبر الصوت يلتقطاه ميكروفونين  $M_1$  و  $M_2$  مرتبطين بالمدخلين A و B لراسم التذبذب . نحدد الأفصولين  $x_1$  و  $x_2$  على التوالي للميكروفونين على محور مطابق للمسطرة المدرجة .

1

الأفصول  $x_1=x_2=0$  .

أحسب تردد الصوت علما أن الحساسية الأفقية هي :  $0,1\text{ms/div}$  .

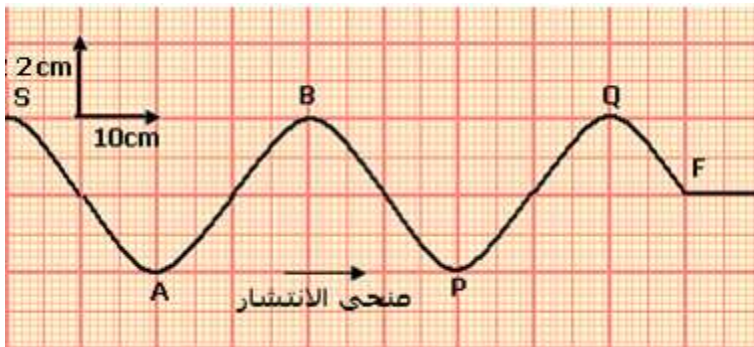
2 - نحتفظ بالميكروفون  $M_1$  عند الأفصول  $x_1=0$  ، ونحرك  $M_2$  طول المسطرة المدرجة . يلخص الجدول أسفله قيم الأفصول  $x_2$  للميكروفون  $M_2$  ، عندما يظهر الرسمان التذبذبان على توافق في الطور على الشاشة .

N°	1	2	3	4	5
$x_2(\text{cm})$	17,0	34,0	51,0	68,0	85,0

2 - 1 ما هي قيمة طول الموجة التي يمكن استنتاجها من هذه القياسات ؟

2 - 2 استنتج قيمة السرعة المتوسطة للصوت في الهواء .

### تمرين 6



تمثل الوثيقة جانبه مظهر حبل في

لحظة تاريخها  $t_1=45\text{ms}$  .

1 - 1 أعط اسم النقطة F .

1 - 2 عين مبيانيا طول الموجة  $\lambda$

1 - 3 أحسب سرعة انتشار الموجة

طول الحبل واستنتج دورها .

1 - 4 حدد منحى S عند أصل

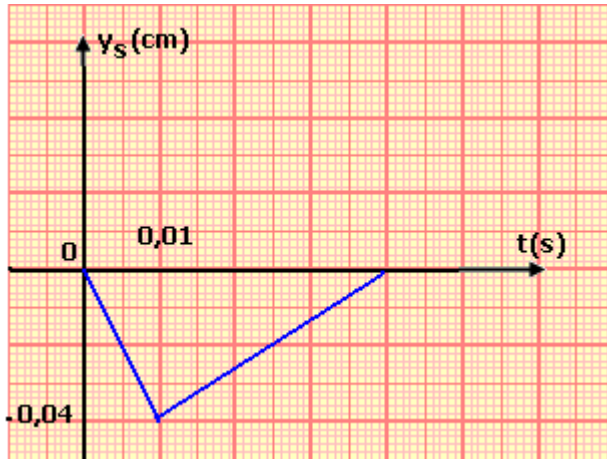
التواريخ  $t=0$  .

2 - قارن حركة النقطتين S و P ثم S و Q معللا جوابك .

3 - مثل في نفس نظمة المحورين تغيرات استطالتي النقطتين S و A .

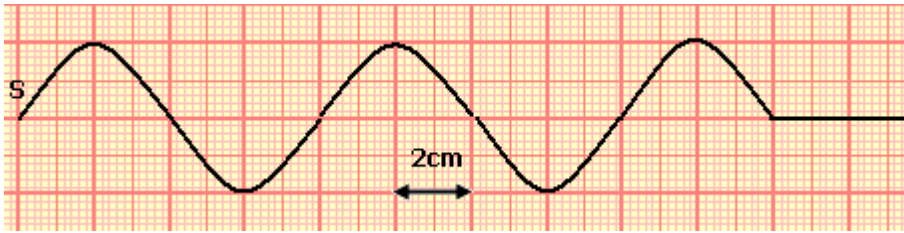
### تمرين 7

I - نحدث في لحظة تاريخها  $t=0$  ، بالطرف S لحبل مرن إشارة مستعرضة . تنتشر هذه الإشارة طول حبل بسرعة  $C=\text{m/s}$  . يمثل الشكل (1) تغير الاستطالة  $y_S$  للمنبع S بدلالة الزمن



- 1 - عين مدة هذه الإشارة .
- 2 - أحسب طول هذه الإشارة .
- 3 - مثل مبيانيا بدلالة الزمن ، الاستطالة  $y_M$  لنقطة M من الحبل تبعد عن الطرف S بمسافة  $d=32\text{cm}$  .  
( نختار نفس السلم المستعمل في الشكل II - نوصل الطرف S للحبل بهزاز يصدر موجات متوالية جيبية ترددها N . تنتشر هذه الموجات طول الحبل بدون إخماد وبدون انعكاس بسرعة  $C=4\text{m/s}$  نتخذ اللحظة التي بدأت فيها حركة الهزاز أصلا للتواريخ  $t=0$  .

يمثل الشكل (2) مظهر الحبل عند اللحظة التي تاريخها  $t_1$  .



- 1 - عين طول الموجة  $\lambda$  ، واستنتج قيمة التردد N .
- 2 - حدد التاريخ  $t_1$  .
- 3 - قارن حركتي النقطتين P و Q من الحبل حيث  $SP=8\text{cm}$  و  $SQ=20\text{cm}$  . علل جوابك .



## تصحيح تمارين السلسلة 2 الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

### تمرين 1

1 - مجال تغير طول الموجة الصوتية في الهواء :

$$v_1 \leq v \leq v_2 \Rightarrow \frac{1}{v_2} \leq \frac{1}{v} \leq \frac{1}{v_1} \Rightarrow \frac{V}{v_2} \leq \frac{V}{v} \leq \frac{V}{v_1}$$

$$\lambda_2 \leq \lambda \leq \lambda_1 \Rightarrow 0,017m \leq \lambda \leq 17m$$

2 - طول موجة المرنان الذي يصدر صوتا يناسب  $La_3$  :

$$\lambda = \frac{V}{v} \Rightarrow \lambda = \frac{340}{440} = 0,773m$$

3 - ظاهرة الحيود :

الحالة الأولى :  $v_1 = 3.10^3 Hz$  وعرض الفتحة  $d=80cm$

حساب  $\lambda_1 = \frac{340}{3.10^3} = 0,113m$  يلاحظ أن  $\lambda_1 \ll d$  أي لا يحدث حيود الموجة الصوتية .

الحالة الثانية :  $v_1 = 100Hz$  وعرض الفتحة  $d=80cm$

حساب  $\lambda_2 = \frac{340}{100} = 3,40m$  يلاحظ أن  $\lambda_2 \gg d$  أي يحدث حيود الموجة الصوتية .

### تمرين 2

1 - الموجة على سطح الماء مستعرضة ( أنظر الدرس )

2 - حساب طول الموجة :

$$\lambda = \frac{V}{v} \Rightarrow \lambda = \frac{12}{200} = 0,06m = 6cm$$

3 - مقارنة حركتي  $M_1$  و  $M_2$  مع المنبع S :

$$\frac{SM_1}{\lambda} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} \Rightarrow SM_1 = \frac{3\lambda}{2} \text{ لنحسب } SM_1 = 9cm$$

أي أن  $M_1$  و S يهتزان على تعاكس في الطور .

$$\frac{SM_2}{\lambda} = \frac{18}{6} = 3 \Rightarrow SM_2 = 3\lambda \text{ لنحسب } SM_2 = 18cm$$

أي أن  $M_2$  و S يهتزان على توافق في الطور .

4 - موضع النقطة  $M_2$  بالنسبة لموضع سكونها :

بما أن  $M_1$  و  $M_2$  يهتزان على تعاكس في الطور في لحظة  $t$  تكون استطالة النقطة  $M_1$  عي  $y_{M_1}(t)=-3mm$  ، في نفس اللحظة تكون استطالة النقطة  $M_2$  :  $y_{M_2}(t)=-y_{M_1}(t)$  أي أن النقطة  $M_2$  توجد على مسافة  $3mm$  فوق موضع سكونها

### تمرين 3

1 - حساب تردد الموجة :

بما أن الحبل يظهر متوقفا عند إضاءته بالوماض حيث دور ومضاته ضبطت على أصغر قيمة  $s$  والذي يساوي دور المنبع S أي أن  $T=T_S$  . وبالتالي فإن

$$v = \frac{1}{T_S} \Rightarrow v = 25Hz$$

2 - حساب سرعة انتشار الموجة :

$$\lambda = \frac{V}{v} \Rightarrow V = \lambda.v$$

نحدد طول الموجة انطلاقا من مظهر الحبل :

$$\lambda = 4 \times 1cm = 4cm = 0,04m$$

وبالتالي فإن سرعة انتشار الموجة :

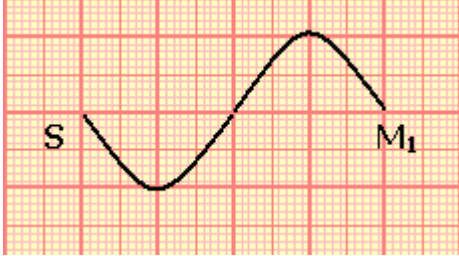
$$V = \lambda \cdot \nu \Rightarrow V = 0,04 \times 25 = 1 \text{ m/s}$$

3 - نعتبر أصل التواريخ لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى .

مظهر الحبل عند اللحظة  $t_1 = 0,04 \text{ s}$  ، المسافة التي قطعها الموجة خلال هذه المدة هي :

$$d_1 = V \cdot t_1 \Rightarrow d_1 = 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

$$\frac{d_1}{\lambda} = 1 \Rightarrow d_1 = \lambda$$



بما أن لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى فإن مقدمة الموجة تعيد نفس حركة S بتأخر زمني وستهتز نحو الأعلى وبالتالي

سيكون مظهر الحبل في هذه اللحظة .

مظهر الحبل عند اللحظة  $t_2 = 0,06 \text{ s}$  :

$$d_2 = V \cdot t_2 \Rightarrow d_2 = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{d_2}{\lambda} = 1,5 \Rightarrow d_2 = \lambda + \frac{\lambda}{2}$$

بنفس الطريقة تمثل مظهر الحبل في اللحظة  $t_2$  :

4 - الحركة الظاهرية للحبل :

وهي في منحى معاكس للمنحى الحقيقي لانتشار

الموجة طول الحبل.

نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل بحيث تنتشر الموجة في نفس منحى انتشار

الموجة.

### تمرين 5 قياس سرعة انتشار الصوت في الهواء .

1 - حساب تردد الصوت باعتبار أن الحساسية الأفقية هي :  $0,1 \text{ ms/div}$  لدينا حسب الشكل المحصل

على شاشة راسم التذبذب :

$$T = 5 \times 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$\nu = \frac{1}{T} = 2 \text{ kHz}$$

2 - طول الموجة الممكن استنتاجه من جدول القياسات :

حسب جدول القياسات لدينا :

$$d_2 = x_2 - x_1 = 17,0 \text{ cm}$$

$$d_3 = x_3 - x_1 = 34 \text{ cm}$$

.

.

$$d_5 = x_5 - x_1 = 85,0 \text{ cm}$$

في كل حالة يظهر الرسمان على شاشة راسم التذبذب على توافق في الطور أي أن

$$d_i = M_1 M_i = k \lambda \quad 1 \leq k \leq 5$$

$$d_2 = M_1 M_2 = \lambda = 17,0 \text{ cm}$$

$$d_3 = M_1 M_3 = 2\lambda = 34,0 \text{ cm}$$

وبالتالي فإن  $\lambda = 17 \text{ cm}$

3 - قيمة السرعة المتوسطة للصوت في الهواء :

$$V = \lambda \nu \Rightarrow V = 0,17 \times 2 \cdot 10^3 = 340 \text{ m/s}$$



## تمرين 6

1 - اسم النقطة F

تسمى النقطة F مقدمة الموجة .

1 - 2 تعيين طول الموجة :

حسب المبيان  $\lambda = 40cm$

1 - 3 حساب سرعة انتشار الموجة والدور T :

$$C = \frac{SF}{t_1} = \frac{90.10^{-2}}{45.10^{-3}} = 20m/s \text{ أن } SF \text{ المسافة أي أن } t_1 \text{ ، قطعت الموجة المسافة } SF \text{ عند اللحظة } t_1$$

يعبر عن دور اهتزازات الجبل بالعلاقة التالية :

$$T = \frac{\lambda}{C} \Rightarrow T = 20ms$$

1 - 4 منحى حركة S عند أصل التواريخ :

نلاحظ حسب مظهر الجبل أن F مقدمة الموجة تنتقل نحو الأعلى . وبما أن جميع نقط الجبل تعيد نفس حركة المنبع ، نستنتج أن منحى حركة S عند  $t=0$  يكون نحو الأعلى .

2 - مقارنة حركتي S و P :

$$SP = \frac{(2k+1)\lambda}{2} \text{ أي أنها على شكل } SP = \frac{3\lambda}{2}$$

إذن S و P يهتزان على تعاكس في الطور .

مقارنة حركتي S و Q

من خلال الشكل يتبين أن  $SQ = 2\lambda$  أي على شكل  $SQ = k\lambda$  وبالتالي فإن S و Q يهتزان على توافق في الطور .

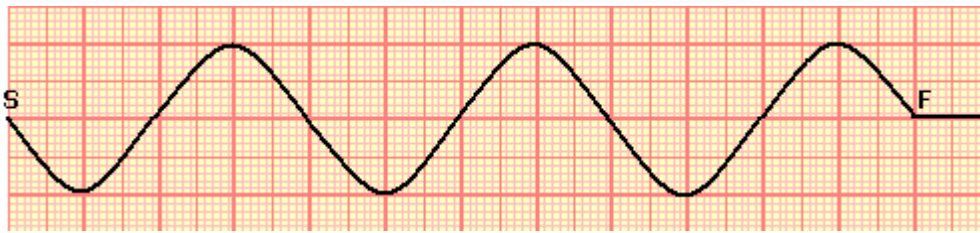
3 - تمثيل مظهر الجبل عند اللحظة  $t_2$  :

عند اللحظة  $t_2$  تقطع المقدمة الموجة المسافة

$$SF = C.t_2 = 1,2m = 120cm$$

$$SF = 3\lambda$$

وبالتالي يكون أعداد أطوال الموجة بين S و F هو 3

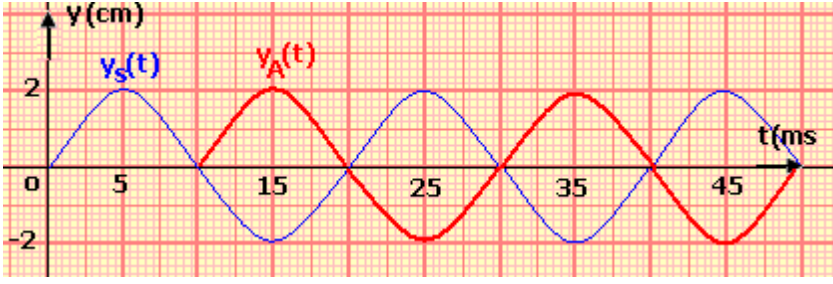


4 - تمثيل استطالتي

النقطتين S و A بدلالة الزمن :

يتطلب تمثيل استطالة S بدلالة الزمن معرفة :

- شكل المنحنى : جيبي
- وسع الحركة : مبيانيا  $a=2cm$
- دور الحركة :  $T=20ms$
- تاريخ بداية حركة S :  $t=0$
- منحى انتقال S لحظة بداية حركته : نحو الأعلى .



بالنسبة للنقطة A فإنها تعيد نفس حركة S بعد مرور المدة

$$\theta = \frac{SA}{C} = 10ms$$

أي أن A تعيد نفس حركة S بتأخر زمني 10ms بالنسبة ل S :

A و S يهتزان على تعاكس في الطور .

### تمرين 7

I - تعيين مدة الإشارة

حسب الشكل (1) ، المدة الزمنية التي تستغرقها الإشارة هي :  $\tau = 0,01 \times 4 = 4.10^{-2} s$

2 - حساب طول الإشارة :

لدينا :  $\ell = C \cdot \tau$  أي أن  $\ell = 1,6.10^{-1} m$

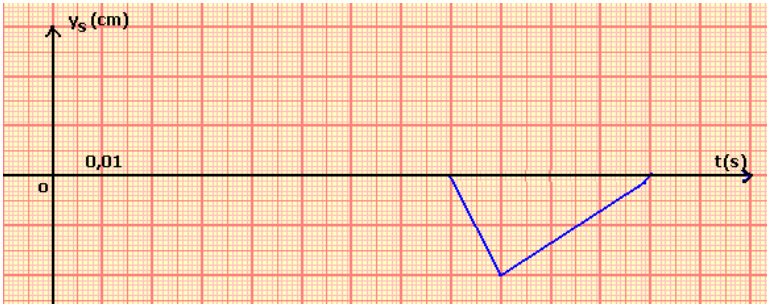
3 - تمثيل مبيان  $y_M$  بدلالة الزمن :

لدينا أن  $y_M(t) = y_S(t - \theta)$  مع أن

$$\theta = \frac{d}{C} = 8.10^{-2} s$$

الزمني .

ترجم هذه العلاقة مبيانيا بإزاحة المنحنى  $y_S$  بالتأخر الزمني  $\theta$  .



II - 1 تعيين  $\lambda$  واستنتاج N :

حسب الشكل لدينا  $\lambda = 4 \times 2cm = 8.10^{-2} m$

وحسب العلاقة  $\lambda = \frac{C}{N} \Rightarrow N = \frac{C}{\lambda}$  وبالتالي فإن  $N = 50Hz$

2 - تحديد التاريخ  $t_1$  :

حسب الشكل (2) الذي يمثل مظهر الحبل في اللحظة ذات التاريخ  $t_1$  وباعتبار أن اللحظة التي بدأ فيها حركة الهزاز أصلا للتواريخ نلاحظ أن مطلع الإشارة قطع المسافة

$$d = 5 \cdot \frac{\lambda}{2} = C \cdot t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{5 \cdot \lambda}{2 \cdot C} \Rightarrow t_1 = \frac{5}{2N} = 5.10^{-2} s$$

3 - مقارنة حركتي P و Q

لمقارنة حركتي P و Q نقارن المسافة الفاصلة بينهما وطول الموجة  $\lambda$  :

لدينا  $SQ - SP = 12cm$  و  $\lambda = 8cm$

بحيث أن  $SQ - SP = \frac{3\lambda}{2}$  على شكل  $SQ - SP = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$  مع  $k=1$  وبالتالي نستنتج أن P و

Q تهتزان على تعاكس في الطور .