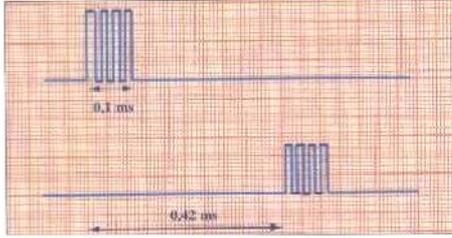


## تمارين الموجات الميكانيكية المتوالية

### تمرين 1:

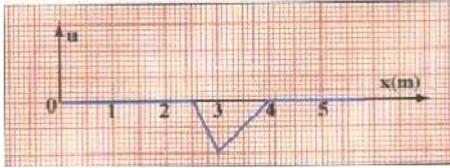
نضع أمام منبع S للموجات فوق الصوتية ، ميكروفون  $M_1$  و  $M_2$  يوجدان على استقامة واحدة حيث :  $M_1M_2=d$  و  $M_1$  أقرب الى منبع S .  
نربط الميكروفونين بمدخلي راسم التذبذب ، فنلاحظ المنحنيات التالية :



- 1- حدد مدة تشويبه النقطة M من وسط الانتشار .
- 2- احسب التأخر الزمني  $\tau$  بين  $M_1$  و  $M_2$  .
- 3- علما أن الموجة الصوتية تنتشر في الهواء بسرعة  $V=340 \text{ m.s}^{-1}$  احسب المسافة d بين  $M_1$  و  $M_2$  .

### تمرين 2:

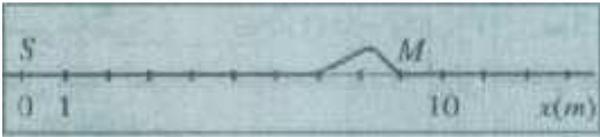
نحدث عند الطرف S لنابض لفاته غير متصلة ، موجة مستعرضة ، تنتشر بسرعة V . يمثل الشكل أسفله تغيرات الانتقال الطولي u(cm) للفة من النابض ب cm بدلالة أفصولها x عند لحظة  $t=0,4\text{s}$  .



- 1- احسب V سرعة الانتشار.
- 2- احسب المدة التي يستغرقها تأثير الموجة على لفة النابض .
- 3- مثل تغيرات استتالة لفة من النابض ذات التأخر الزمني  $\tau = 0,6 \text{ s}$  .

### تمرين 3:

يمثل الشكل جانبه المقطع الرأسي لسطح الماء خلال انتشار موجة .  
تغادر مقدمة الموجة النقطة S من سطح الماء عند اللحظة  $t=0$  .  
عند اللحظة  $t_1=4,5\text{s}$  يكون شكل سطح الماء ممثلا في الشكل أسفله حيث M مقدمة الموجة عند اللحظة  $t_1$  .



- 1- هل الموجة طولية او مستعرضة علل جوابك ؟
- 2- احسب سرعة انتشار الموجة .
- 3- ما المدة التي تتحرك خلالها نقطة من سطح الماء عند انتشار الموجة .
- 4- ما موضع مقدمة الموجة عند اللحظة  $t_2=3\text{s}$  .
- 5- توجد النقطة N على بعد 12m من M ما التأخر الزمني لوصول مقدمة الموجة الى النقطة N ؟

### تمرين 4:

ترتبط V سرعة انتشار موجة طول الحبل بالتوتر T لهذا الأخير (ب N) وبالكتلة الطولية  $\mu$  للحبل (ب  $\text{kg.m}^{-1}$ ) وفق العلاقة :

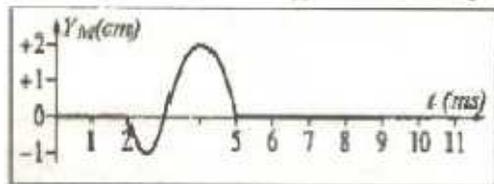
$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

- 1- نعتبر حبلًا موترًا ، ما قيمة توتر الحبل اذا علمت أنه يساوي وزن الكتلة المعلمة المعلقة في طرفه علما أن كتلتها  $m=235\text{g}$  ؟
- 2- كتلة حبل طوله  $L = 11\text{m}$  هي  $M = 176 \text{ g}$  . ما الكتلة الطولية للحبل ؟
- 3- احسب سرعة انتشار الموجة طول الحبل .
- 4- توجد بالحبل بقتان ملونتان A و B تفصل بينهما المسافة  $d=8,2 \text{ cm}$  ما التأخر الزمني  $\tau$  ل B بالنسبة ل A ؟
- 5- كيف تتغير قيمة السرعة عند تزايد الكتلة m للكتلة المعلمة .
- 6- ما الكتلة التي يجب اضافتها للكتلة m لتتضاعف سرعة انتشار الموجة ؟  
نأخذ :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

### تمرين 5:

نعتبر تشويها ينتشر على حبل مرن ينطلق عند لحظة  $t=0$  التشويه من نقطة O اتخذت كأصل لمحور (Ox).

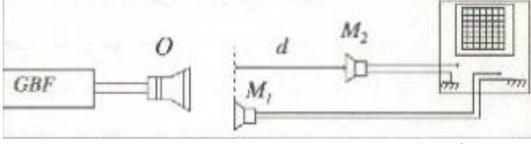
يمثل الشكل أسفله تغيرات أرتوب نقطة M أفصولها  $x_M = 8 \text{ cm}$  حيث



- 1- عند أي لحظة  $t_1$  يصل التشويه الى النقطة M .
- 2- احسب سرعة انتشار الموجة طول الحبل .
- 3- 1-3 كم يستغرق مرور التشويه بالنقطة M .
- 2-3 ما طول التشويه .
- 4- نعتبر نقطة N أفصولها  $x_N = 32 \text{ cm}$  .
- 1-4 احسب التأخر الزمني بين النقطتين N و M .
- 2-4 عند أي لحظة  $t_2$  تصل الموجة الى N .
- 3-4 مثل تغيرات أرتوب N بدلالة الزمن .
- 5- مثل مظهر الحبل عند اللحظة  $t_2$  أي اللحظة التي يصل فيها التشويه الى N .

## تصحيح تمارين الموجة الميكانيكية المتوالية

### تمرين 1:



- 1 - تحديد  $\Delta t$  مدة تشويبه نقطة  $M$  من وسط الانتشار :  
نصل مكبر الصوت بمولد التردد المنخفض GBF و نصل  
الميكروفونين  $M_1$  و  $M_2$  بكاشف التذبذب مبيانيا نجد :  
 $\Delta t = 0,1 \text{ ms}$
- 2 - تستغرق الموجة فوق الصوتية لتقطع المسافة  $d = M_1 M_2$  بين الميكروفونين المدة  $\Delta t = 0,42 \text{ ms}$ .
- 3 - بما أن الموجة فوق الصوتية تنتشر بسرعة ثابتة فان :

$$V = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow d = V \cdot \Delta t = 340 \times 0,42 \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ m}$$

### تمرين 2:

- 1 - تقطع الموجة خلال المدة  $\Delta t = t_1 - t_0 = t_1 = 0,4 \text{ s}$  المسافة  $d = 4 \text{ m}$  حيث :

$$V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{4}{0,4} = 10 \text{ m.s}^{-1}$$

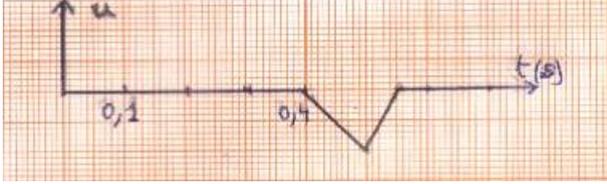
- 2 - كل نقطة من وسط الانتشار تتحرك رأسيا عندما يصلها التشويبه ثم تعود الى موضعها البدئي ،  
لنكن  $\Delta t'$  مدة التي يستغرقها التشويبه و  $L$  طول التشويبه .

$$V = \frac{L}{\Delta t'} \Rightarrow \Delta t' = \frac{L}{V} = \frac{1,5}{10} \Rightarrow \Delta t' = 0,15 \text{ s}$$

- 3 - اللفة  $N$  تعيد نفس الحركة المنبع  $S$  بعد تأخر زمني  $\tau$  ،

$$Y_M(t) = Y_S(t - \tau)$$

- عند اللحظة  $t_1 = 0,4 \text{ s}$  تصل مقدمة الموجة الى اللفة  $N$   
وتستغرق اللفة في الحركة مدة  $0,15 \text{ s}$  أي تنتهي من  
الحركة عند  $t = 0,55 \text{ s}$  (انظر المبيان )



### تمرين 3:

- 1 - انطلاقا من المقطع الرأسي لسطح الماء يتبين أن اتجاه التشويبه عمودي على اتجاه انتشار الموجة .
- 2 - مقدمة الموجة قطعت المسافة  $d = SM = 9 \text{ m}$  خلال المدة  $\Delta t = t_2 = 4,5 \text{ s}$  وبالتالي سرعة الانتشار نكتب :  
 $V = \frac{SM}{t_1} = \frac{9}{4,5} = 2 \text{ m.s}^{-1}$
- 3 - كل نقطة من سطح الماء تتحرك رأسيا عندما تصلها الموجة ثم تصبح ساكنة عندما تغادرها الموجة .  
لنكن  $\Delta t'$  مدة حركة النقطة و  $L$  طول التشويبه تربطهما العلاقة :  $L = V \cdot \Delta t'$  أي :  $\Delta t' = \frac{L}{V} = \frac{2}{2} = 1 \text{ s}$
- 4 - عند اللحظة  $t' = 2,5 \text{ s}$  تصل مقدمة الموجة الى نقطة  $P$  من سطح الماء تبعد عن المنبع  $S$  بالمسافة  $SP$  حيث :  
 $SP = V \cdot t' = 2 \times 2,5 = 5 \text{ m}$
- 5 - التأخر الزمني  $\tau$  لحركة النقطة  $N$  بالنسبة ل  $M$  يكتب :

$$\tau = \frac{MN}{V} = \frac{12}{2} = 6 \text{ s}$$

### تمرين 4:

- 1 - بما أن توتر الحبل يساوي وزن الكتلة المعلمة فان :  $P = T$  مع  $P = mg$
- 2 - الكتلة الطولية  $\mu$  للحبل هي حاصل قسمة كتلته  $M$  على طوله  $L$ ، نكتب:  
 $\mu = \frac{M}{L} = \frac{0,176}{11} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1} = 16 \text{ g.m}^{-1}$
- 3 - سرعة انتشار الموجة نحددها بالعلاقة :

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{2,3}{16 \cdot 10^{-3}}} = 12 \text{ m.s}^{-1}$$

- 4 - تنتشر الموجة طول الحبل بسرعة ثابتة حيث :  $V = \frac{d}{\tau}$  حيث  $\tau$  هي المدة التي استغرقتها الموجة لقطع المسافة  $d = AB$

$$\tau = \frac{d}{V} = \frac{8,2 \cdot 10^{-2}}{12} = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 6,8 \text{ ms}$$

نسمي  $\tau$  التأخر الزمني ل  $B$  بالنسبة ل  $A$  .

- 5 - حسب تعبير السرعة :  $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{mg}{\mu}}$  يتبين أن تزايد الكتلة  $m$  يؤدي الى تزايد السرعة  $V$  .

- 6 - نبحث عن الكتلة  $m'$  المضافة ل  $m$  لتضاعف السرعة نكتب اذن :

$$V' = 2V = \sqrt{\frac{m+m'}{\mu}} \Rightarrow 4V^2 = \frac{(m+m')g}{\mu} \Rightarrow (m+m')g = 4\mu V^2 \Rightarrow m + m' = \frac{4\mu V^2}{g}$$

$$m' = \frac{4\mu V^2}{g} - m \Rightarrow m' = \frac{4 \times 16 \cdot 10^{-3} \times 12^2}{9,8} - 0,235 = 0,705 \text{ kg} = 705 \text{ g}$$

الطريقة الثانية :

$$2V = \sqrt{\frac{(m+m')g}{\mu}} \Leftrightarrow 2 \sqrt{\frac{mg}{\mu}} = \sqrt{\frac{(m+m')g}{\mu}}$$

$$4 \frac{mg}{\mu} = \frac{(m+m')g}{\mu} \Leftrightarrow 4m = m+m'$$

$$m' = 4m - m = 3m = 3 \times 235 = 705 \text{ g}$$

### تمرين 5:

- 1 - عندما تصل الموجة الى النقطة M تبدأ هذه الأخيرة في الحركة (أي يتغير أرتوبها) حسب المبيان  $t_1 = 2 \text{ ms}$
- 2 - تقطع الموجة المسافة :  $OM = x_M = 8 \text{ cm}$  خلال المدة :  $\Delta t = t_1 = 2 \text{ ms}$  ، سرعة انتشار الموجة نكتب :  

$$V = \frac{OM}{t_1} = \frac{8 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}} = 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
- 3 - 1-3 حسب المبيان تبدأ النقطة M الحركة عند اللحظة  $2 \text{ ms}$  وتتوقف عند اللحظة  $5 \text{ ms}$  وبالتالي مدة التشويه هي :  
 $\Delta t' = 5 - 2 = 3 \text{ ms}$
- 2-3 حسب سرعة انتشار الموجة نكتب :  $V = \frac{L}{\Delta t}$  حيث L طول التشويه و  $\Delta t'$  مدة التشويه .

$$L = V \cdot \Delta t' = 40 \times 3 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ m}$$

- 4 - 1-4 التأخر الزمني للنقطة N بالنسبة للنقطة M هو المدة التي تستغرقها الموجة لقطع المسافة MN .

$$\tau = \frac{MN}{V} = \frac{x_N - x_M}{V} = \frac{(32 - 8) \cdot 10^{-2}}{40} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 6 \text{ ms}$$

- 2-4 تصل الموجة الى النقطة N عند اللحظة  $t_2$

حيث :

$$t_2 = t_1 + \tau = 2 + 6 = 8 \text{ ms}$$

- الطريقة الثانية : تقطع الموجة المسافة ON خلال

المدة  $t_2$  حيث :

$$t_2 = \frac{ON}{V} = \frac{32 \cdot 10^{-2}}{40} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 8 \text{ ms}$$

- 4 3 نستنتج تغيرات النقطة N انطلاقا من تغيرات النقطة M وذلك بازاحة أفقية بمقدار  $\tau$  .

5-تمثيل مظهر الحبل عند اللحظة  $t_2$  :

- عند اللحظة  $t_2 = 8 \text{ ms}$  تصل مقدمة

الموجة الى النقطة N ذات الأفضول  $x_N$

$$x_N = 32 \text{ cm}$$

- طول التشويه هو  $L = 12 \text{ cm}$  فنهايته P

$$x_P = x_N - L = 20 \text{ cm}$$

- طول الحبل ذي الأرتوب السالب :

حسب المنحنى يكون  $Y < 0$  خلال المدة

$$\Delta t_1 = 1 \text{ ms}$$

$$L_1 = V \cdot \Delta t_1 =$$

$$40 \times 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

- طول الحبل ذي الأرتوب الموجب :

حسب المنحنى يكون  $Y > 0$  خلال المدة :  $\Delta t_2 = 2 \text{ ms}$  حيث طول الحبل يكون :

$$L_2 = V \cdot \Delta t_2 = 40 \times 2 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 8 \text{ cm}$$

نستنتج أنه خلال  $1 \text{ ms}$  الأولى ينتقل التشويه بمسافة  $4 \text{ cm}$  بأرتوب سالب ثم يصبح موجبا خلال المسافة  $8 \text{ cm}$

المتبقية من طول التشويه .

