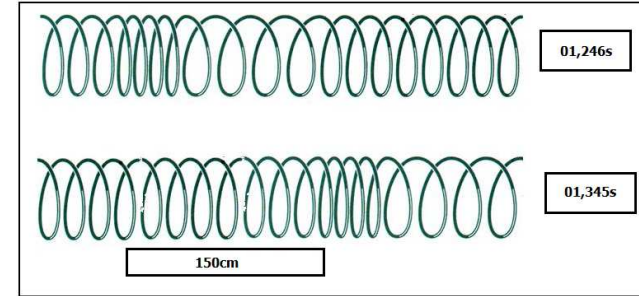


## الموجات الميكانيكية المتوالية

### الموجات الميكانيكية المتوالية Ondes mécaniques progressives السلسلة 1 علوم الرياضيات (أ) و (ب)

#### تمرين 1: موجة ميكانيكية طول نابض .

نحدث موجة طول نابض وذلك بضغط بعض من لفاته وتحريرها فجأة .  
يمثل الشكل أسفله حالة النابض في لحظتين  $t_1$  و  $t_2$



1 - هل الموجة المنتشرة طول نابض مستعرضة أم طولية ؟

2 - صف حركة لفات النابض عندما تصلها الموجة

3 - أحسب سرعة انتشار الموجة طول النابض

#### التمرين 2 : العلاقة بين التأخر الزمني والمسافة والسرعة

نقطتين M و M' من حبل ، تصلهما بالتتابع موجة ميكانيكية مستعرضة ، سرعة انتشارها  $v = 1,5m/s$  .

1 - حدد التأخر الزمني  $\tau$  بين النقطتين M و M' علما أن المسافة الفاصلة بينهما هي  $d = 12cm$

2 - تصل الموجة إلى النقطة M عند اللحظة  $t = 80ms$  ، في أي لحظة ستصل الموجة إلى النقطة M' .

#### التمرين 3 : حساب سرعة الصوت .

يلتقط ميكروفونان  $M_1$  و  $M_2$  صوتا منبعثا من منبع صوتي نقطي S .

يوجد الميكروفونان  $M_1$  و  $M_2$  على استقامة واحدة مع المنبع الصوتي S ،

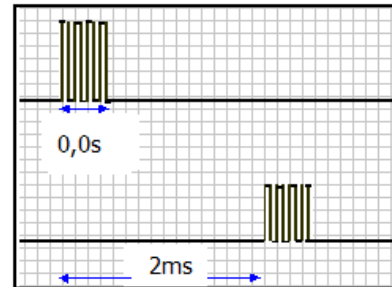
يبعدان عن بعضهما البعض بمسافة  $d = 68cm$  .

يوجد المنبع S خارج القطعة المحدودة بالنقطتين  $M_1$  و  $M_2$  .

نعابن على شاشة كاشف التذبذب الإشارات الملتقطة بواسطة  $M_1$  و  $M_2$

عبر وسيط معلوماتي ( أنظر الشكل )

1- ارسم تبيانة التركيب التجريبي المستعمل .



## الموجات الميكانيكية المتوالية

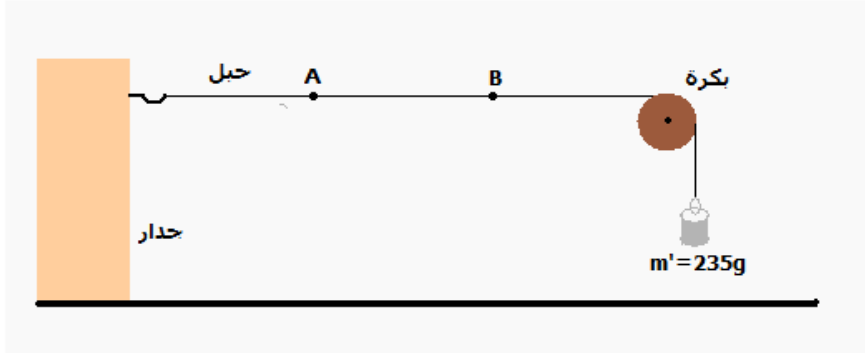
2 - أحسب سرعة انتشار الصوت في ظروف التجربة .

#### التمرين 4 : سرعة انتشار موجة طول حبل

تعطي العلاقة  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  ، سرعة انتشار موجة طول حبل موثر حيث F شدة توتر الحبل و  $\mu$  كتلته

الطولية .

نجعل حبلنا موثرا بواسطة كتلة معلمة  $m' = 235g$  كما هو مشار إليه في التبيانة أسفله :



1 - أحسب شدة توتر الحبل F

2 - طول الحبل  $\ell = 10m$  حيث أن كتلته  $m = 176g$  . أحسب الكتلة الطولية  $\mu$  للحبل .

3 - اعتمادا على التحليل البعدي ، بين أن العلاقة  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  لها بعد السرعة ( m/s )

4 - أحسب سرعة انتشار الموجة طول هذا الحبل

5 - نعلم نقطتين من الحبل A و B حيث المسافة بينهما هي  $d = 8,2m$  ، أحسب المدة الزمنية اللازمة  $\Delta t$  لكي تنتشر الموجة من A إلى B .

6 - أوجد تعبير سرعة انتشار الموجة طول الحبل بدلالة  $m'$  و  $g$  و  $\mu$  . واستنتج الكيفية التي تتغير بها السرعة v بدلالة  $m'$  ( طالة تناقصية أم دالة تزايدية )

7 - أحسب الكتلة  $m_0$  التي يجب إضافتها للكتلة  $m'$  لكي تتضاعف سرعة انتشار الموجة .

#### التمرين 5 : سرعة انتشار موجة ودرجة الحرارة

سرعة انتشار الصوت في الهواء تتناسب اطرادا مع الجذر التربيعي لدرجة الحرارة المطلقة T للهواء .

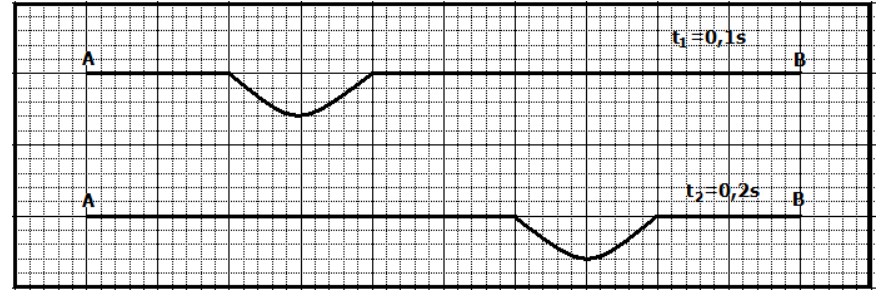
1 - عبر رياضيا عن هذه العلاقة .

2 - أحسب سرعة انتشار الصوت في الهواء عند درجة الحرارة  $0^\circ C$  ، ثم عند  $25^\circ C$  .

نعطي سرعة الصوت في الهواء عند درجة الحرارة  $15^\circ C$  هي  $v = 340m/s$

#### التمرين 6 : استغلال رسم ميباني .

يمثل الشكل التالي حبلنا (AB) طوله  $\ell = 10m$  ، تنتشر طوله موجة مستعرضة في اللحظتين اللتين تاريخهما  $t_1$  و  $t_2$  .



- 1 - أعط تعريف موجة مستعرضة .
- 2 - عين سرعة انتشار الموجة طول الحبل .
- 3 - عين طول الموجة واستنتج مدتها
- 2 - في أي تاريخ انبعثت الموجة من النقطة A ؟

**التمرين 7 : سرعة انتشار موجة مديّة لتسونامي**

في يوم 26 ديسمبر 2004 على الساعة 7h58min حسب التوقيت العالمي حدث زلزال في المحيط الهندي نتجت عنه موجة مديّة لتسونامي ( "موجة مديّة" باليابانية ) تختلف عن موجات البحار والمحيطات فهي موجة ضخمة تحتوي على سلسلة من الأمواج حيث ضربت شواطئ كل من أندونيسيا والهند وسيريلانكا فخلقت كما هائلا من الدمار .  
توجد بؤرة الزلزال على عمق 30m و تبعد عن سومارته Sumarta ( جزيرة هندية ) بمسافة 160km غربا .

تنتشر الموجة المديّة لتسونامي على سطح البحر حيث تقطع آلاف الكيلومترات خلال الزمن ومع اقترابها من الشواطئ تنقص سرعة انتشارها .  
ننمذج الموجة المديّة بموجة ميكانيكية متوالية مستعرضة حيث سرعة انتشارها على سطح البحر  $v$  وتعبّر عنها بالعلاقة التالية  $v = \sqrt{g \cdot h}$  حيث  $g = 9,81 \text{ N/kg}$  شدة الثقالة و  $h$  عمق قاع المحيط .  
1 - أحسب سرعة هذه الموجة على مستوى سطح البحر الواقع فوق بؤرة الزلزال مباشرة .  
2 - وصلت الموجة المديّة لتسونامي إلى شواطئ سومارته على الساعة 8h29min . أحسب سرعة الموجة طول هذا المسير .  
3 - أعط تفسيراً للفرق بين السرعتين اللتين تم حسابهما سابقاً .

**التمرين 8 : حساب سرعة الصوت في فلز النحاس .**

عند نقر قناة من النحاس مملوءة بالماء ، نحصل على موجتين صوتيتين نحللها بواسطة جهاز التسجيل والذي يوجد على مسافة  $d=200\text{m}$  . يتبين من خلال هذا التسجيل أن الفرق الزمني بين هاتين الموجتين هو  $\Delta t = 9,34 \cdot 10^{-2} \text{ s}$  .  
نعتبر أن الماء في حالة سكون في القناة .  
1 - فسر لماذا تم الحصول على موجتين صوتيتين ؟  
2 - أحسب سرعة الصوت في النحاس علماً أن سرعته في الماء هي :  $V_e = 1500 \text{ m/s}$  .

**التمرين 9: حساب سرعة مائع في شبكة القنوات mesure d'une vitesse dans une canalisation .**

سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية les ultrasons في مائع في حالة سكون ليست هي نفسها عندما يكون المائع في حركة . نعتبر  $V$  سرعة انتشار الموجة فوق الصوتية في مائع عندما يكون في

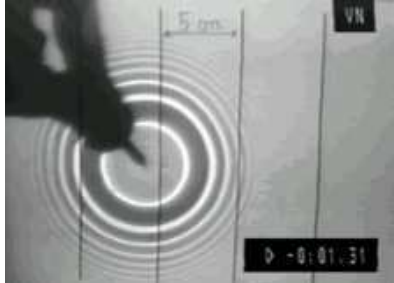
حالة سكون و  $u$  سرعة جريان المائع عندما يكون في حركة . تكون سرعة انتشار الموجة فوق الصوتية تساوي  $V+u$  عند انتشار الموجة في منحنى جريان السائل و  $V-u$  عند انتشارها في المنحنى المعاكس .

في شبكة القنوات يعبرها مائع بسرعة  $u$  ، نضع بداخلها باعث  $E$  ومستقبل  $R$  تفصل بينهما مسافة  $L$  . باعتبار أن منحنى جريان المائع من  $E$  نحو  $R$  .  
يبعث  $E$  إشارة قصيرة يلتقطها  $R$  ، بواسطة راسم التذبذب يمكن قياس المدة الزمنية المسغرقة لانتشار الإشارة  $\theta_1$   
نعكس دوري الباعث  $E$  والمستقبل  $R$  ، بنفس الطريقة نقيس المدة الزمنية المسغرقة لانتشار الإشارة  $\theta_2$  .

- 1 - أوجد تعبير  $\theta_1$  و  $\theta_2$  بدلالة  $L$  و  $V$  و  $u$  .
- 2 - استنتج الفرق الزمني  $\tau$  بين  $\theta_1$  و  $\theta_2$  .
- 3 - أعط تعبير  $u$  بدلالة  $L$  و  $V$  و  $\tau$  . أحسب  $u$  .
- 4 - كيف يصبح الفرق الزمني  $\tau$  في حالة إهمال  $u$  أمام  $V$  ؟  
نعطي :  $L=1,5\text{m}$  ،  $V=1500\text{m/s}$  ،  $\tau=4,0\mu\text{s}$  .

**التمرين 10 : دراسة موجة ميكانيكية دائرية .**

نحدث بواسطة مسمار موجة دائرية على سطح الماء لحوض الموجات فنحصل على الشكل المبين أسفله .



- 1 - هل الموجة الدائرية على سطح الماء مستعرضة أم طولية ؟ علل جوابك .
- 2 - نقيس تغيرات أشعة الدوائر الممركزة في المنبع  $S$  بدلالة الزمن فنحصل على الجدول التالي :

r(m)	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
t (s)	0	0,5	1	1,5	2	2,5

- أ - أحسب سرعة انتشار الموجة .
- ب - أحسب شعاع الدائرة عند اللحظة ذات التاريخ  $t=3\text{s}$  .
- ج - أحسب لحظة وصول الموجة إلى النقطة  $M$  التي توجد على مسافة  $d=10\text{cm}$  من المنبع  $S$
- د - أحسب التأخر الزمني بين  $S$  و  $M$  .

**تمرين 11 : استغلال رسم ميانى**

نحدث عند الطرف  $S$  لحبل مرن ، موجة مستعرضة تنتشر بسرعة  $v=10\text{m/s}$  .  
عند  $t=0\text{s}$  يوجد مطلع الإشارة عند المنبع  $S$  . يمثل المنحنى أسفله ، تغيرات استطالة المنبع بدلالة الزمن  $t$  . نعتبر نقطة  $M$  من الحبل ، توجد على مسافة  $SM=4\text{m}$  .

## الموجات الميكانيكية المتوالية

نهمل الاحتكاكات بين الكرة والهواء خلال السقوط ونأخذ كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية سطح الماء الراكض .

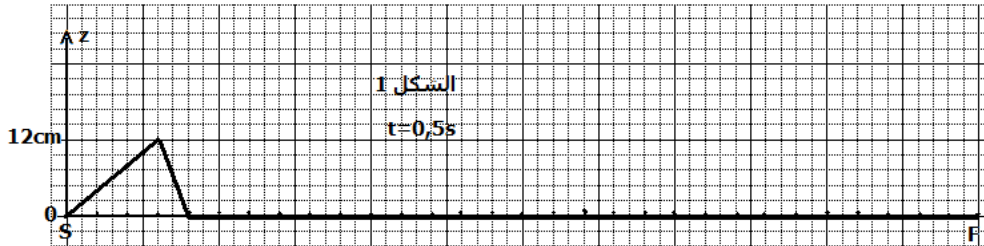
نعطي شعاع الكرة  $r = 5,0\text{mm}$  ، كتلتها الحجمية  $\rho = 2,0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  و  $g = 9,8 \text{N/kg}$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ : حجم الكرة}$$

- 1 - أحسب سرعة الكرة  $v_0$  لحظة اصطدامها مع سطح الماء
- 2 - عند اصطدام الكرة وسطح الماء تفقد الكرة نصف طاقتها .
- 2 - 1 ما نوع هذه الطاقة ؟ حدد الجسم الذي سيكتسب هذه الطاقة بعد التصادم ؟
- 2 - 2 ماذا نلاحظ على سطح الماء بعد التصادم ؟
- 3 - تصل الموجة إلى جانب الحوض المائي عند اللحظة  $t = 0,1\text{s}$  ، استنتج  $v$  سرعة انتشار الموجة على سطح الماء
- 4 - كيف تتغير هذه السرعة في الحالات التالية :
- 4 - 1 عند سقوط الكرة من ارتفاع  $h = 50\text{cm}$
- 4 - 2 عندما ن عوض الماء بالزيت ( الكتلة الحجمية للزيت أصغر من الكتلة الحجمية للماء )
- 5 - على سطح ماء الحوض ، توجد سداة من البولسترين قطرها  $d = 1,0\text{cm}$  على بعد  $20\text{cm}$  من منبع الموجة ( نقطة التصادم )
- 5 - 1 في أي لحظة تصل الموجة السداة ؟
- 5 - 2 ما الطاقة القصوية التي يمكن أن تكتسبها السداة عندما تصلها الموجة ؟

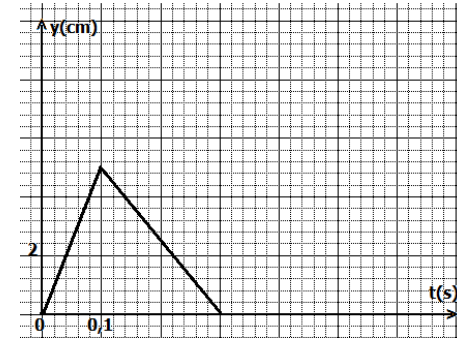
### التمرين 14

الجزء الأول : انتشار موجة طول حبل  
نضع بدئيا حبلًا مرنا طولُه  $L = SF = 6,0\text{m}$  على الأرض . ونثبت طرفه  $F$  ، ثم نقوم بإحداث تشوهها عند اللحظة  $t = 0$  بالطرف الآخر  $S$  من الأعلى نحو الأسفل . المدة الزمنية لهذا التشوه هي :  $\Delta t = 0,50\text{s}$  .  
يمثل الشكل (1) مظهر الحبل عند اللحظة  $t_1 = 0,50\text{s}$  .



- 1 - ما اسم الموجة المحدثة بعد هذا التشوه ؟ هل هي موجة مستعرضة أم طولية ؟
- 2 - يمثل الشكل 2 مظهر الحبل عند اللحظة  $t = 2,0\text{s}$

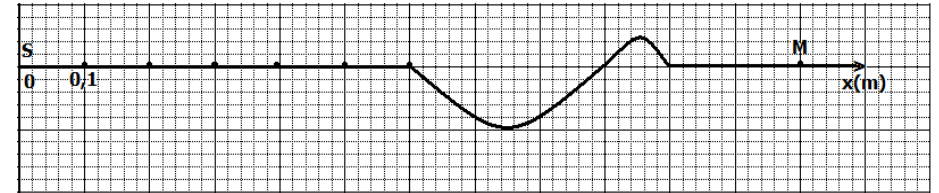
## الموجات الميكانيكية المتوالية



- 1 - حدد مدة التشويه  $\Delta t$  لنقطة من نقط الحبل .
- 2 - أحسب التأخر الزمني  $\tau$  بين النقطتين  $S$  و  $M$  .
- 3 - كيف يمكن استنتاج استتالة النقطة  $M$  بدلالة الزمن انطلاقا من استتالة  $S$  ؟ مثل المنحنى  $y_M(t)$  .
- 4 - مثل شكل الحبل في اللحظة ذات التاريخ  $t = 0,8\text{s}$  .

### التمرين 12 :

تنتشر موجة ميكانيكية طول حبل أفقي . مقدمة الموجة  $F$  توجد عند اللحظة  $t_0 = 0$  في النقطة  $S$  ، منبع الموجة .  
يمثل المنحنى أسفله مظهر الحبل عند اللحظة  $t_1 = 0,20\text{s}$

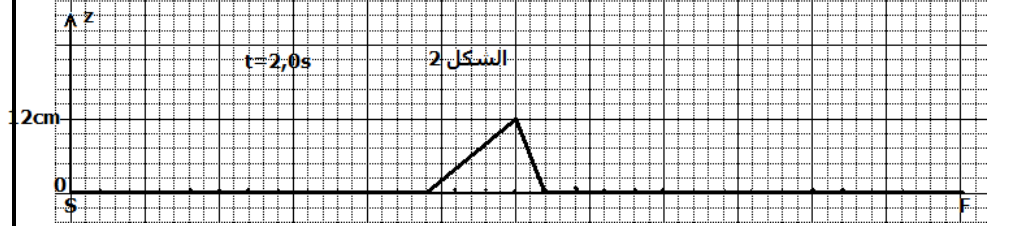


- 1 - أحسب  $v$  سرعة انتشار الموجة الميكانيكية طول الحبل
- 2 - ما هو طول الموجة  $\ell$  ؟
- 3 - في أي لحظة ستصل مقدمة الموجة إلى النقطة  $M$  والتي توجد على مسافة  $SM = 1,2\text{m}$  من منبع الموجة  $S$  ؟ مثل مظهر الحبل في هذه اللحظة .
- 4 - في أي لحظة  $t_F$  ستغادر الموجة النقطة  $M$  من الحبل ؟
- 5 - مثل المنحنى  $y_M(t)$  حركة النقطة  $M$  من الحبل بدلالة الزمن  $t$  .

### التمرين 13 : انتشار موجة على سطح الماء

من ارتفاع  $h = 80\text{cm}$  ، تترك كرة تسقط رأسيا بدون سرعة بدئية نحو حوض مائي اسطواناني الشكل شعاعه  $R = 60\text{cm}$  .

## الموجات الميكانيكية المتوالية



- 2 - 1 قارن بين الشكل 1 و الشكل 2  
 2 - 2 حدد  $v$  سرعة انتشار الموجة .  
 2 - 3 مثل مظهر الجبل عند اللحظة  $t = 3,0s$  .  
 3 - مثل المنحنى  $(z_s(t))$  ، تغيرات المنبع  $S$  بدلالة الزمن  $t$  .  
 4 - لتكن  $A$  نقطة من الجبل والتي تبعد بمسافة  $SA = 2,0m$  من المنبع  $S$  . كيف تتحرك  $A$  بالنسبة للمنبع  $S$  ؟ أحسب التأخر الزمني  $\Delta\theta$  .  
 الجزء الثاني : تأثير بعض البرامترات  
 1 - نعيد نفس التجربة السابقة بحيث أن مدة التشوه في هذه الحالة  $\Delta t' = 0,70s$  ، هل تتغير سرعة انتشار الموجة ؟ إذا كان الجواب بنعم كيف يتم هد التغير ؟  
 2 - تعبير سرعة انتشار موجة طول جبل هو :  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$  ،  $T$  توتر الجبل ب النيوتن  $N$  و  $\mu$  الكتلة الطولية للجبل ل  $kg/m$  .  
 2 - 1 يعيد المجرب نفس التجربة السابقة ( الجزء الأول ) حيث نحتفظ بنفس مدة التشويه  $\Delta t = 0,50s$  ونضاعف توتر الجبل . هل تتغير سرعة انتشار الموجة ؟ إذا كان الجواب بنعم فكيف ذلك ؟  
 2 - 2 أحسب الكتلة الطولية للجبل .  
 هل تتغير السرعة  $v$  ، إذا تم استعمال ، في نفس شروط التجربة السابقة ( الجزء الأول ) ، جيل له نفس الطول وكتلته ضعف الكتلة السابقة ؟ إذا كان الجواب بنعم فكيف ذلك ؟  
 نعطي كتلة الجبل :  $m = 300g$