

## الموجات الميكانيكية

Bensad salaheddine

ما يجب أن تعرفه

- ✓ الموجة الميكانيكية: ظاهرة انتشار تشوه في وسط مادي مرن دون انتقال المادة التي تكون هذا الوسط.
- ✓ الموجة المتوالية: هي موجة نحصل عليها عندما يكون اضطراب منبع الموجة مصانا.
- ✓ الموجة الطولية: يكون فيها اتجاه تشويه الوسط موازيا (أو متطابقا) مع اتجاه الانتشار.
- ✓ الموجة المستعرضة: يكون فيها اتجاه تشويه الوسط متعامدا مع اتجاه الانتشار

سرعة انتشار موجة

✓ تعرف سرعة انتشار موجة بالعلاقة الرياضية التالية  $V = \frac{d}{t}$  وحدته m/s

d المسافة المقطوعة من طرف الموجة وحدتها m و t المدة الزمنية التي تستغرقها الموجة لقطع المسافة d وحدتها s

✓ لا تتعلق السرعة بالكيفية التي تم بواسطتها إحداث التشويه، وإنما تتعلق بطبيعة الوسط وبخواصه

الخواص العامة للموجة:

- ✓ تنتشر الموجة في جميع الاتجاهات المتاحة لها
- ✓ يصاحب انتشار الموجة انتقال للطاقة و عدم انتقال للمادة.

التأخر الزمني

تصل الموجة إلى النقطة  $M_1$  عند اللحظة  $t_1$ ، وإلى النقطة  $M_2$  عند اللحظة  $t_2$ .

نقول إن النقطة  $M_2$  تخضع لنفس التشويه بتأخر زمني  $\tau = t_2 - t_1$ .

نعبر عن التأخر الزمني بالعلاقة:  $\tau = \frac{M_1 M_2}{v}$  حيث  $v$  سرعة انتشار الموجة.

طول الموجة

✓ طول الموجة  $\lambda$  هي المسافة التي تقطعها الموجة المتوالية الجيبية خلال مدة زمنية تساوي دور الموجة

حيث  $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$  حيث  $T$  دور الموجة وحدته s و  $f$  تردد الموجة وحدته hz و  $v$  سرعة الانتشار

MN

حيث  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  عدد صحيحا فان النقطتين تهتزتان على توافق في الطور

حيث  $k = \frac{(2k+1)\pi}{\lambda}$  عدد صحيحا فان النقطتين تهتزتان على تعاكس في الطور

## الموجات الميكانيكية

Bensad salaheddine

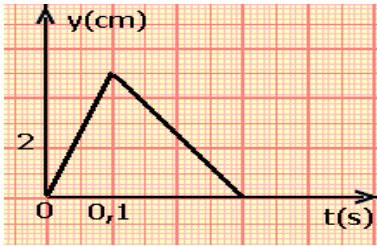
### تمرين 1

خلال يوم عاصفي تم سماع الرعد بعد مرور 14,7s قبل رؤية البرق.  
احسب المسافة الفاصلة بين النقطة التي حدث فيها البرق والملاحظ.  
نعطي سرعة انتشار الصوت في الهواء  $v=340\text{m/s}$  و سرعة انتشار الضوء في الهواء  $c=3.10^8\text{m/s}$ .

### تمرين 2 ( انتشار موجة ميكانيكية طول حبل )

نحدث عند الطرف S لحبل مرن موجة مستعرضة تنتشر بسرعة  $v=10\text{m/s}$  عند  $t=0\text{s}$  يوجد مطلع الإشارة عند المنيع S.

يمثل المنحنى جانبه تغيرات استتالة المنيع بدلالة الزمن  $t$ . نعتبر نقطة M من الحبل توجد على مسافة  $SM=4\text{m}$ .



1- حدد مدة التشويه  $\Delta t$  لنقطة من الحبل.

2- أحسب التأخر الزمني  $\tau$  بين النقطتين S و M.

3- كيف يمكن استنتاج استتالة النقطة M بدلالة الزمن انطلاقاً من استتالة S؟ مثل المنحنى  $y_M(t)$ .

4- مثل شكل الحبل في اللحظة ذات التاريخ  $t=0,8\text{s}$ .

### تمرين 3 ( انتشار موجة ميكانيكية مصونة (متوالية) )

نحدث وبدون انقطاع، بواسطة جهاز بمسماز في نقطة من سطح الماء موجات دائرية متوالية ترددتها  $f=10\text{Hz}$ ، تنتشر على سطح الماء بسرعة  $V=20\text{cm/s}$ . النقطتان  $M_1$  و  $M_2$  تنتميان إلى وسط الانتشار و تجدان على نفس شعاع الموجة حيث  $SM_1=10\text{cm}$  و  $SM_2=15\text{cm}$

1. حدد التأخيرين الزمنيين  $\tau_1$  و  $\tau_2$  الحاصلين بين كل من اهتزازات  $M_1$  و  $M_2$  و اهتزازات S

2. حدد التأخير (أو التقديم) الزمني الحاصل بين اهتزازات  $M_1$  و  $M_2$

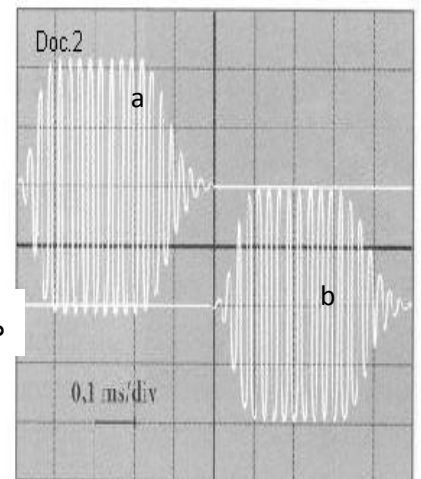
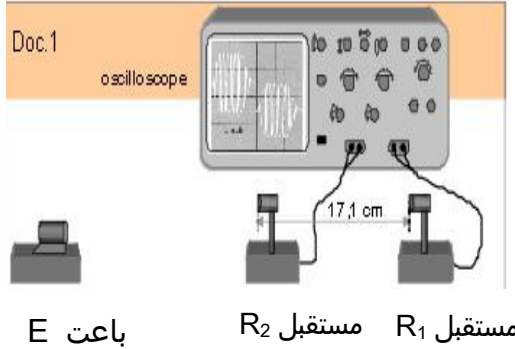
3. حدد النقط التي تهتز على تعاكس في الطور و التي تهتز على توافق في الطور

### تمرين 4 ( انتشار موجة صوتية في الهواء )

ننجز التركيب التجريبي التالي و المكون من باعت E و مستقبلين  $R_1$  و  $R_2$  تفصلهما المسافة  $d=17,1\text{cm}$  أنظر الشكل

• الموجات الصوتية المستقبلية من طرف المستقبلين يتم تحويلها إلى إشارات كهربائية تظهر على راسم التذبذب .

نعطي الحساسية الأفقية  $0,1\text{ms/div}$



## الموجات الميكانيكية

Bensad salaheddine

من بين الشكلين a و b حدد الشكل الذي يمثل الإشارة المستقبلة من طرف  $R_1$  و  $R_2$  علل جوابك

2. حدد التأخر الزمني الحاصل

3. أحسب سرعة الموجة الصوتية في الهواء

4. انطلاقا من المنحنى حدد الدور  $T$  و التردد  $N$  ثم استنتج طول الموجة الصوتية

4. قارن بين وسع الموجة الصوتية في الشكلين a و b كيف تفسر ذلك ؟

تمرين 5 (جهاز السونار جهاز للاستشعار، يستخدم الموجات الصوتية، لتحديد مواقع الأشياء تحت سطح الماء و يستعمل هذا الجهاز في طائرات و السفن الحربية لتحديد مواقع الغواصات الحربية، كما يستعمل في السفن العادية لمعرفة عمق المياه. كما تستعمل سفن الصيد السونار لتحديد مواقع أسراب السمك . وتستخدم أسماك الدلفين و الخفافيش نظام السونار الطبيعي للرؤية)

A تحديد العمق بالاعتماد على التأخر الزمني بين لحظة الإرسال

و لحظة الاستقبال

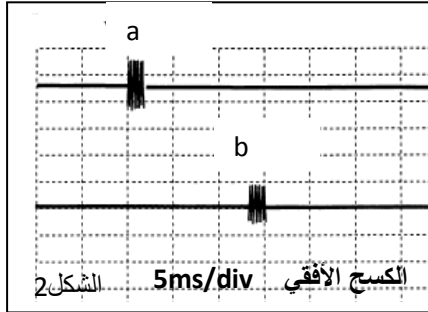
(يرسل السونار موجة فوق صوتية عمودية في اتجاه قعر البحر

و عندما تصل إلى قعر تنعكس من جديد إلى السونار)

خلال عملية استكشافية تتحرك سفينة من النقطة A أفصولها



إلى نقطة B أفصولها  $X_M=200m$  في مسار مستقيمي OX (أنظر الشكل 1).



بواسطة جهاز المعلوماتي المرتبط بالسونار يمكن خط الرسم التذبدي التالي

(أنظر الشكل). نعطي  $V_e = 1,5km/s$  سرعة انتشار الموجة الفوق الصوتية

في الماء و  $V = 340m/s$  سرعة الانتشار في الهواء

1. ماذا تمثل كل من الإشارتين a و b ثم حدد التأخر الزمني  $\tau$  بين الإشارتين ؟

2. حدد تعبير العمق p عند النقطة A بدلالة  $\tau$  و V ثم أحسبه ؟

B. استكشاف تضاريس قعر البحر بالاعتماد تغيرات

الأفصول x للموضع بدلالة التأخر الزمني  $\tau = f(x)$

1. عين العمق البحر في الموضع  $x_1=50m$  ؟

2. حدد الأفصول الأكثر عمقا و الأقل عمقا علل جوابك ؟

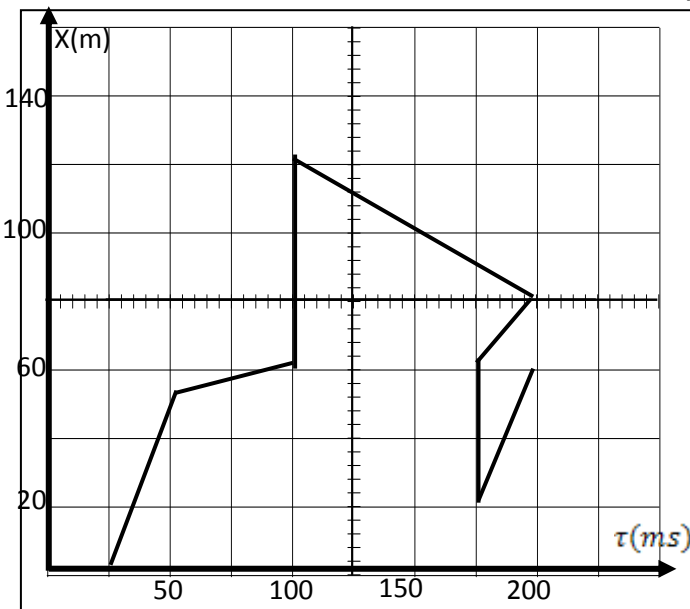
3. حدد النقط التي لها نفس العمق

4. حدد أفصول النقطة الأكثر عمقا

C. السونار الطبيعي (تعتمد الخفافيش على نظام طبيعي

للموجات الصوتية يسمى تحديد موقع الصدى يساعدها في

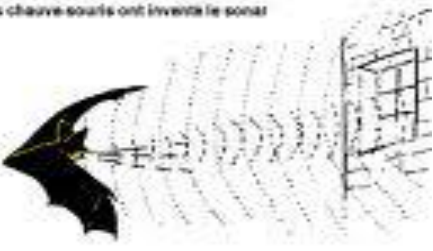
تحديد الاتجاه و بعد الأشياء من حولها و البحث عن



## الموجات الميكانيكية

Bensad salaheddine

Les chauve-souris ont inventé le sonar



(الطعام في الليل)

يطير خفاش بسرعة يمكن اعتبارها ثابتة قيمتها

$V_a = 12 \text{ m/s}$  وفق خط مستقيم نحو حاجز موجات فوق صوتية حينما يكون

على مسافة  $d = 80 \text{ m}$  من الحاجز يبعث موجات فوق صوتية فتنعكس هذه

الموجات على الحاجز فيستقبلها الخفاش بتأخر زمن  $\tau = 60 \text{ ms}$

أحسب المسافة التي تفصل الخفاش عن الحاجز

الأجوبة

تمرين 1

1. مدة التشويه هي  $\Delta t = 0,3 \text{ s}$

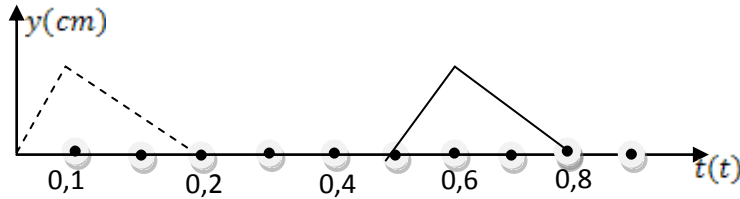
2. التأخر الزمني هو  $\tau = \frac{SM}{V} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ s}$  النقطة M تهتز بعد المنبع بعد مرور  $\tau = 0,4 \text{ s}$

3. تخضع النقطة M إلى نفس تشويه النقطة S لكن بتأخر زمني. اذن يمكن استنتاج استطالة النقطة M انطلاقا من استطالة النقطة S

حيث  $y_M(t) = y_s(t - \tau)$

4. تمثيل الحبل عند اللحظة  $t = 0,8$

عند اللحظة t نحصل على مظهر الحبل بإعادة نفس التشويه بحيث تكون مقدمة الموجة في اللحظة t



تمرين 2

1. التأخر الزمني بين النقطتين  $M_1$  و  $M_2$  و  $S_4$   $\tau_1 = \frac{SM_1}{V} = \frac{0,1}{0,02} = 5 \text{ s}$

التأخر الزمني بين النقطتين  $M_2$  و  $M_4$  و  $S_4$   $\tau_2 = \frac{SM_2}{V} = \frac{0,15}{0,02} = 7,5 \text{ s}$

2. التأخر الزمني بين النقطتين  $M_1$  و  $M_2$  و  $M_4$   $\tau_3 = \frac{SM_2 - SM_1}{V} = \frac{0,05}{0,02} = 2,5 \text{ s}$

3. حساب طول الموجة.

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{0,02}{10} = 2 \text{ cm}$$

لدينا  $SM_1 = 10 \text{ cm} = 2\lambda$  اذن النقطتين S و  $M_1$  تهتران على توافق في الطور

اذن النقطتين S و  $M_1$  تهتران على تعاكس في الطور  $SM_2 = 10 \text{ cm} = 15 \cdot \frac{\lambda}{2}$

اذن النقطتين  $M_1$  و  $M_2$  تهتران على تعاكس في الطور  $M_1M_2 = SM_2 - SM_1 = 5 \text{ cm} = 5 \cdot \frac{\lambda}{2}$

## الموجات الميكانيكية

Bensad salaheddine

### تمرين 3

1. بما أن المسافة الفاصلة بين  $R_1$  و الباعث أكبر من المسافة الفاصلة بين  $R_2$  و الباعث فإن الموجة الصوتية تصل إلى  $R_2$  قبل من  $R_1$  ومنه فإن :

الإشارة a تمثل الإشارة المستقبلة من طرف  $R_2$  و الإشارة b تمثل الإشارة المستقبلة من طرف  $R_1$

2. حدد التأخر الزمني الحاصل بين الإشارتين

حيث  $\tau = x \cdot s_x$  تمثل الحساسية الأفقية و  $x$  عدد التريعات

$$\text{ادن: } \tau = 5.0,1 = 0,5ms$$

3. سرعة الموجة الصوتية في الهواء

$\tau$  المدة الزمنية اللازمة لقطع المسافة الفاصلة بين  $R_1$  و  $R_2$  ادن:

$$v = \frac{d}{\tau} = \frac{17,5cm}{0,5ms} = 350m/s$$

4. الدور T

$T = 0,25s$  أنظر المنحني معطيات التمرين

$$N = \frac{1}{T} = 40Hz \text{ التردد}$$

طول الموجة

$$\lambda = \frac{v}{N} = \frac{350}{40} = 8,75cm$$

5. وسع الإشارة a أكبر من وسع الإشارة b

تعليق يحدث على مستوى الميكروفون تحويل الطاقة الميكانيكية (الموجة الميكانيكية المنتشرة) إلى طاقة كهربائية تظهر على شكل إشارات تذبذبية على مستوى راسم التذبذب .  
كلما ابتعد الميكروفون عن المنبع الصوتي تنقص الطاقة الميكانيكية نتيجة الاحتكاكات مع الهواء و بالتالي تنقص قيمة الطاقة الكهربائية المحولة على مستوى الميكروفون و هذ يفسر تناقص وسع الإشارات الكهربائية

### تمرين 4

#### A حساب عمق البحر

1. من خلال الرسم التذبذبي نلاحظ أن الإشارة b تظهر بتأخر زمني بالنسبة للإشارة a ادن: الإشارة a هي إشارة

الموجة الواردة و الإشارة b هي الإشارة الموجة الصوتية المنعكسة

حساب التأخر الزمني بين الموجتين الواردة (المرسلة من طرف السونار) و المنعكسة (الموجة المستقبلة من طرف السونار بعد انعكاسها على الحاجز):

حيث  $\tau = x \cdot s_x$  تمثل الحساسية الأفقية و  $x$  عدد التريعات

$$\tau = 5.2,6 = 13ms$$

$$2. \text{ حساب العمق : } v = \frac{2p}{\tau} \text{ اذن } p = \frac{v \cdot \tau}{2} \text{ ت ع : } p = 19,5m$$

### B استكشاف تضاريس البحر

1. عمق البحر الموافق للنقطة ذات الأفصول  $x_1 = 50m$  و الموافقة للتأخر الزمني

$$t_1 = 50ms \text{ هي : } p = \frac{v \cdot t_1}{2} \text{ ت ع } p = 37,5m$$

2. الأفصول الأكثر عمقا يوافق التأخر الزمني الموافق الأكبر . اذن أكبر تأخر زمني هو

$$\tau = 200ms \text{ و بالتالي فان : } x = 20m$$

الأفصول الأقل عمقا يوافق التأخر الزمني الأصغر اذن أصغر تأخر زمني هو

$$\tau = 25ms \text{ و بالتالي فان : } x = 0m$$

3. النقط التي لها نفس العمق هي النقط التي لها نفس التأخر الزمني

✓ من خلال المنحنى نلاحظ أنه بالنسبة للتأخر الزمني  $\tau = 100ms$  المنحنى موازي للمحور الأرتيبي, اذن

النقط ذات الأفاصيل المحصورة بين  $x = 50m$  و  $x = 120$  لها نفس العمق

✓ من خلال المنحنى نلاحظ أنه بالنسبة للتأخر الزمني  $\tau = 175ms$  المنحنى موازي للمحور الأرتيبي, اذن

النقط ذات الأفاصيل المحصورة بين  $x = 20m$  و  $x = 50$  لها نفس العمق

### C. السونار الطبيعي

حساب المسافة الفاصلة بين الخفاش و الحاجز

الخفاش يتحرك بسرعة ثابتة اذن خلال المدة الزمنية  $\Delta t$  الفاصلة بين لحظة ارسال الموجة الفوق الصوتية

ولحظة استقبالها يقطع الخفاش المسافة  $L$  اذن :

$$\text{خلال } \Delta t \text{ يقطع الخفاش المسافة } L \text{ يمكن حسابها كالتالي : } L = \Delta t \cdot V_a$$

خلال  $\Delta t$  تقطع الموجة الفوق الصوتية المسافة  $d + L$  يمكن حسابها كالتالي :  $d + h = \Delta t \cdot V$

حيث  $h$  هي المسافة الفاصلة بين الخفاش و الحاجز لحظة استقباله الموجة الفوق الصوتية اذن:

$$h = d - L = \Delta t \cdot V - h - \Delta t \cdot V_a$$

$$h = \frac{\Delta t(V - V_a)}{2} = 9,84m$$

من إنجاز الأستاذ صلاح الدين بنساعد 2010