

# الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية الجيبية

## I. الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية

### (1) تعريف:

الظاهرة الدورية هي التي تتكرر بكيفية ماثلة وتتميز بالدور  $T$  والتردد  $\nu = \frac{1}{T}$ .

تكون الموجة المتوالية دورية إذا كان التطور الزمني الحاصل لكل نقطة من نقط وسط الإنتشار دوريا.

### (2) مثال:

حدثت بواسطة مكبر الصوت مرتبط بمولد  $GBF$  صوتا أمام ميكروفون مرتبط بمربطي راسم التذبذب فنحصل على الرسم التذبذي التالي:



الكسح الأفقي المستعمل:  $0,5ms/div$

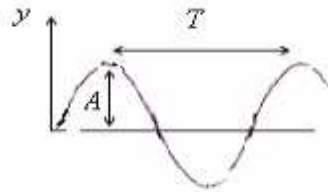
وبما أن الدور  $T$  ممثل ب:  $2,5div$  فإن: دور الموجة الصوتية:  $T = 2,5div \times 0,5ms/div = 1,25ms$

والتردد:  $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,25 \times 10^{-3}s} = 800Hz$

## II الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

### (1) تعريف:

الموجة المتوالية الدورية الجيبية هي موجة يكون المقدر الفيزيائي المقرون بها دالة جيبية بالنسبة للزمن واستطالة نقطة من وسط الإنتشار نكتب كما يلي:



$$y(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

$A$ : وسع الدالة الجيبية.

$T$ : دورها ويميز الدورية الزمانية.

$\varphi$ : الطور عند أصل التاريخ يحدد من خلال الشروط البدئية.

### (2) الموجة المتوالية الجيبية طول حمل

#### (أ) تجربة

\* الدراسة بالوماض:

لتوضيح طريقة استعمال الوماض نستعمل قرصا أبيض توجد عليه بقعة سوداء ومثبت على مرود محرك. خلال الدوران بالعين المجردة يبدو القرص رماديا وعند إضاءته بالوماض نشاهد: توفقا ظاهريا أو حركة ظاهرية بطيئة لها نفس منحنى أو عكس منحنى دوران القرص. وذلك حسب إيقاع الومضات الضوئية.



$\nu_0$ : تردد الوماض

$\nu$ : تردد دوران القرص.

\* التوفق الظاهري.  $Te = kT$  أي:  $\nu = k\nu_0$

\* نحصل على الحركة الظاهرية البطيئة في نفس منحنى دوران القرص إذا كانت  $\nu$  أصغر بقليل من  $\nu_0$ .

\* نحصل على الحركة الظاهرية البطيئة في عكس منحنى دوران القرص إذا كانت  $\nu$  أكبر بقليل من  $\nu_0$ .

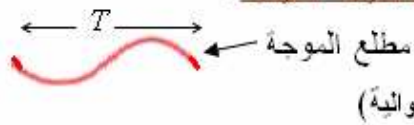
\* الموجة المتوالية طول حمل:

نستعمل حبلا مرنا متوترا من أحد طرفيه وظرفه الآخر مثبت بشفرة مهتزة لها حركة اهتزازية مصادرة بواسطة كهرمغناطيس.

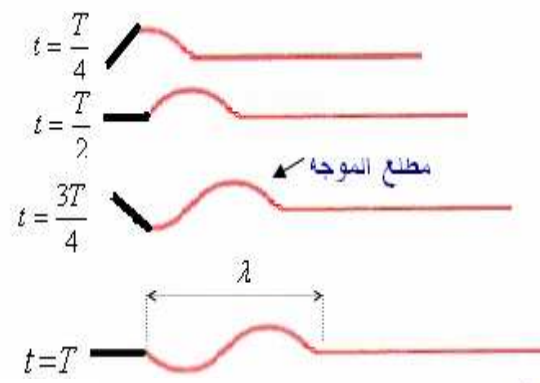


عندما تهتز الشفرة بتردد ثابت  $\nu = 100\text{Hz}$  يبدو الحبل ضبابيا الشيء الذي يدل على أنه في حركة اهتزاز. باستعمال الومض وضبطه على تردد قيمته  $\nu_p = 99\text{Hz}$  أصغر بقليل من تردد الشفرة نحصل على **حركة ظاهرية بطيئة** للموجة المتوالية، في نفس منحى الإنتشار (وفي عكس منحى الإنتشار با نسبة ل  $\nu_p = 101\text{Hz}$  أكبر بقليل من تردد الشفرة). وبصفة عامة عند ما يكون:  $\nu = k\nu_p$  نحصل على التوقف الظاهري.

وأكبر قيمة لتردد الومض التي تمكن من الحصول على التوقف الظاهري هي:  $\nu_p = \nu = 100\text{Hz}$  تبدو الشفرة والحبل متوقفين في هذه الحالة كل نقط من نقط الحبل لها دور مساو لدور حركة المنبع  $S$ . (التوقف الظاهري).



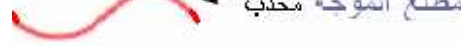
عندما نحذل حركة المنبع  $S$  اعتمادا على تباينات متتالية تمثل مظهر الحبل في مدد زمنية متتالية متساوية  $\frac{T}{4}$  حيث  $T$  هو دور اهتزاز المنبع نحصل على ما يلي:



$\lambda$ : طول الموجة المتوالية. (أي الدورية المكانية).

**ملحوظة:** مقطع الموجة يتعلق باهتزاز الشفرة عند اللحظة  $t = 0$

(إذا اهتزت الشفرة عند اللحظة  $t = 0$  نحو الأعلى يكون شكل الموجة المتوالية كما يلي:



وإذا اهتزت الشفرة عند اللحظة  $t = 0$  نحو الأسفل يكون شكل الموجة المتوالية كما يلي:



**(ب) طول الموجة المتوالية**

■ **تعريف** طول الموجة  $\lambda$  هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال مدة زمنية تساوي دور اهتزاز المنبع  $T$ .  $\lambda = \nu T = \frac{\nu}{\nu}$

$\lambda$ : طول الموجة المتوالية. (m)

$\nu$ : سرعة انتشار الموجة. (m/s)

$\nu$ : تردد الموجة المتوالية بتردد المنبع  $S$ . (Hz)

■ **تطبيق:**

علما أن في التجربة السابقة الشفرة تهتز عند اللحظة  $t = 0$  نحو الأعلى ودور اهتزاز المنبع  $T = 20\text{ms}$ .

١) مثل مظهر الحبل عند اللحظة  $t = 70\text{ms}$

٢) مثل مظهر الحبل عند اللحظة  $t' = 45\text{ms}$

(الحل)

$$t = 3,5T \quad \text{إذن} \quad \frac{t}{T} = \frac{70}{20} = 3,5 \quad (1)$$

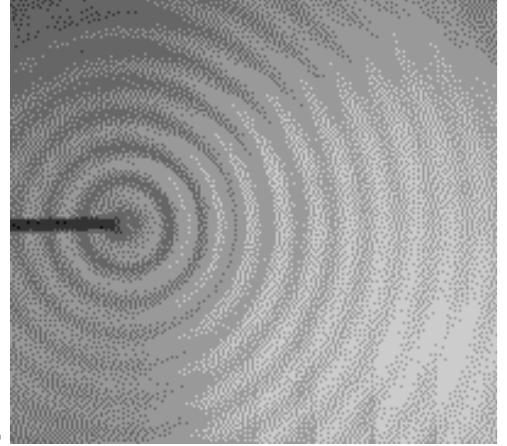
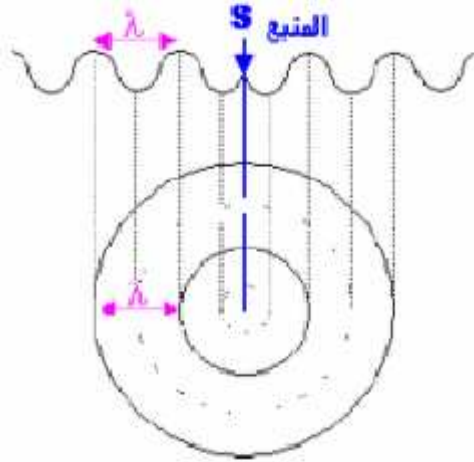
وبالتالي مظهر الحبل في اللحظة  $t = 70ms$  هو كما يلي:

$$t' = 5ms. \quad \text{لدينا: } \frac{t'}{T} = \frac{45ms}{20ms} = 2,25 \quad \Rightarrow \quad t' = 2,25T = 2T + \frac{T}{4}$$

### (3) الموجة الممتدة الحسية على سطح الماء:

#### (أ) الموجة الدائرية:

تحدث موجة دائرية في حوض الموجات مع إضاءة سطح الماء بواسطة ومامض تضبط تردده على قيمة تساوي تردد الموجة المتواليّة (أي تردد المنبع  $S$ ) فنحصل على ما يلي:



حوض الموجات

#### (ب) تطبيق: استثمار نتائج التجربة

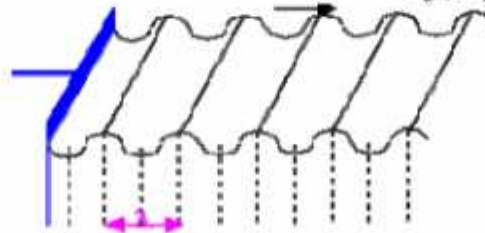
عند التردد:  $\nu = \nu_e = 250Hz$  نحصل على التوقف الظاهري للموجة المتواليّة. ثم نقيس طول الموجة المتواليّة فنحصل على:  $\lambda = 1cm$ .

ما قيمة سرعة انتشار الموجة المتواليّة على سطح الماء؟

$$\nu = \lambda \nu = 10^{-2} m \times 250s^{-1} = 2,5m/s \quad \text{إذن} \quad \lambda = \nu T = \frac{\nu}{\nu} \quad \text{إجابة:}$$

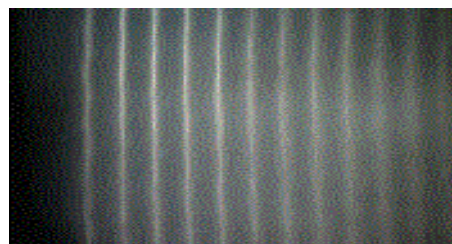
#### (ج) الموجة المستقيمة

تحدث موجة مستقيمة في حوض الموجات مع إضاءة سطح الماء بواسطة ومامض تضبط تردده على قيمة تساوي تردد الموجة المتواليّة (أي تردد المنبع  $S$ ) فنحصل على ما يلي:

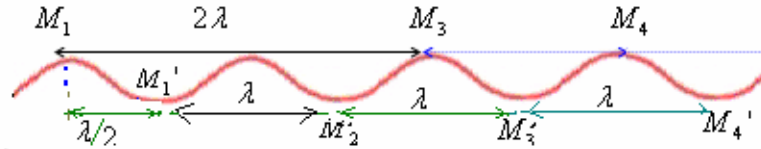


ثم نقيس طول هذه الموجة المتواليّة فنحصل على:  $\lambda = 0,8cm$ . أوجد تردد حركة المنبع الذي يمكن من مشاهدة التوقف الظاهري للموجة المتواليّة علما سرعة انتشارها قد تم تحديدها في التجربة السابقة.

$$\nu = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{2,5m/s}{0,8 \cdot 10^{-2} m} = 3125Hz \quad \text{إجابة:}$$



### د) مقارنة حركة نقطتين من وسط الانتشار



$M_1M_3 = 2\lambda$  و  $M_3$  تهتزان على توافق في الطور. (تقومان بنفس الحركة في نفس الوقت).  
 $M_3M_4 = \lambda$  و  $M_4$  تهتزان على توافق في الطور.  
 $M_1M_4 = 3\lambda$  و  $M_4$  تهتزان على توافق في الطور.

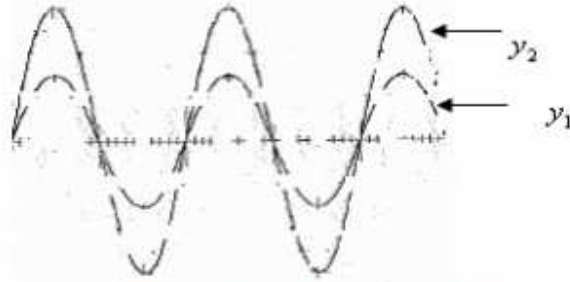
بصفة عامة، نقطتان  $M$  و  $M'$  من وسط الانتشار تهتزان على توافق في الطور إذا كانت المسافة بينهما تساوي عددا صحيحا لطول الموجة  $\lambda$ . مع  $MM' = k\lambda$  مع  $k \in \mathbb{N}^*$ .

$M_1M_1' = 2\lambda$  و  $M_1'$  تهتزان على تعاكس في الطور.  
 $M_1M_2' = 3\frac{\lambda}{2}$  و  $M_1$  و  $M_2'$  تهتزان على تعاكس في الطور.  
 $M_1M_3' = \frac{5\lambda}{2}$  و  $M_1$  و  $M_3'$  تهتزان على تعاكس في الطور.

بصفة عامة، نقطتان  $N$  و  $N'$  من وسط الانتشار تهتزان على تعاكس في الطور إذا كانت المسافة بينهما تساوي عددا

فرديا لنصف طول الموجة  $\lambda$ . مع  $NN' = (2k'+1)\frac{\lambda}{2}$  مع  $k' \in \mathbb{N}$ .

كما نقول أن دالتين حيدتين على توافق في الطور إذا كانت تعديمان في نفس الوقت وتبلغان قيمتيهما القصوية والدنوية في نفس الوقت، وتكونان على النحو التالي:



الدالتان  $y_1$  و  $y_2$  على توافق في الطور.

تطبيق:

نعتبر موجة متوالية جيبية تنتشر طول حبل متوتر بسرعة  $v = 20m/s$ ، علما أن تردد المنبع:  $\gamma = 100Hz$ .

(1) أحسب طول الموجة المتوالية.

(2) قارن حركة النقطتين  $M_1$  و  $M_2$  بحيث:  $M_1M_2 = 60cm$ .

(3) قارن حركة النقطتين:  $M_2$  و  $M_3$  بحيث:  $M_2M_3 = 50cm$ .

(4) استنتج كيفية اهتزاز النقطتين:  $M_1$  و  $M_3$ .

### 4) الموجة المتوالية الحسية الصوتية

#### (1.4) تعريف

الموجات الصوتية عبارة موجات ميكانيكية طولية تنتشر في الأوساط المادية نتيجة انضغاط وتمدد لمكونات وسط الانتشار وبصفة عامة تنتشر الموجات الصوتية بسرعة أكبر في الأوساط الصلبة أو في السوائل مقارنة مع الهواء.

أمثلة: سرعة انتشار الصوت في الهواء  $340m/s$ .

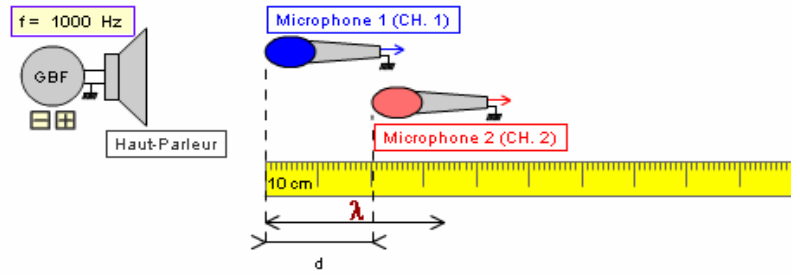
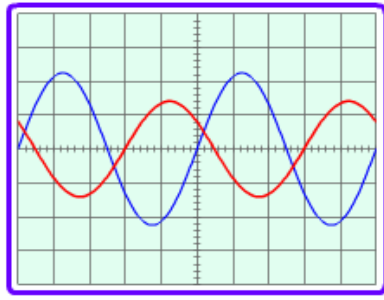
سرعة انتشار الصوت في الماء  $1480m/s$ .

وسرعة انتشار الصوت في الفولاذ  $5000m/s$ .

انتقال الصوت في الأوساط المادية ناتج عن كون دقائق المادة قادرة على تمرير الاهتزازات عبرها.

فكلما كانت المادة أكثر كثافة كلما كانت سرعة انتشار الصوت عبرها مهمة.





بعد تشغيل مكبر الصوت نقي الميكروفون  $M_1$  عند الأصفول  $x=0$  ونغير المسافة  $d$  بإزاحة  $M_2$  وفق المحور  $ox$  فنحصل على شاشة راسم التذبذب على الشكلين التذبذبيين. (انظر الشاشة).  
نسجل المسافة  $d$  التي توافق التوافق في الطور لثلاثين ، فنحصل على النتائج التالية :

$d$ (cm)	34	68	102	136
----------	----	----	-----	-----

نقطتين من وسط الإنتشار تهذان على توافق في الطور إذا كانت المسافة بينهما  $d = k\lambda$

إذن بالنسبة ل:  $k = 1$   $d = \lambda = 13,5cm$

بالنسبة ل:  $k = 2$   $d = 2\lambda = 27cm$

بالنسبة ل:  $k = 3$   $d = 3\lambda = 40,5cm$

ثم نستنتج قيمة طول الموجة الصوتية  $\lambda$  المنبعثة من مكبر الصوت.  
نحصل على:  $\lambda = 13,5cm$  وهي توافق أقصر مسافة  $d$  بين الميكروفونين في التركيب السابق غير منعدمة نحصل فيها على التوافق في الطور.  
كلما كان التردد أكبر كلما كانت  $\lambda$  أصغر أي قابضة للقياس تجريبيا.

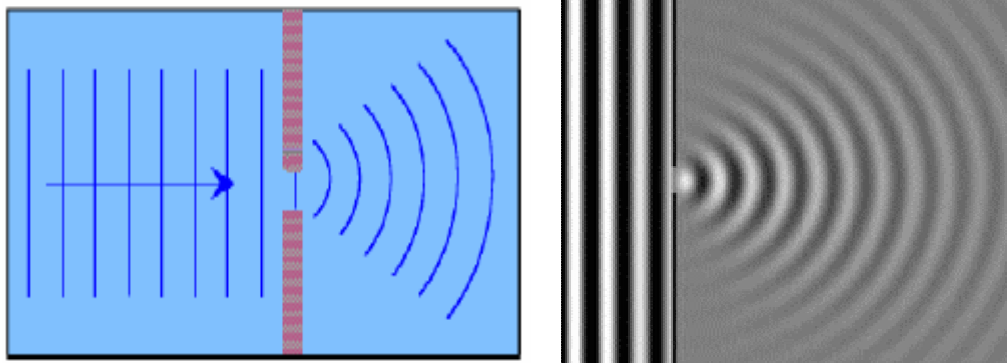
\* تحديد الدورية الزمانية للموجة الصوتية : الكسح الأفقي المستعمل :  $0,2ms/div$  والدور  $T$  ممثل ب:  $5div$   
إذن : الدور :  $T = 0,2ms/div \cdot 5div = 1ms = 10^{-3}s$

\* إذن سرعة انتشار الموجة الصوتية المنبعثة من الميكروفون هي :  
$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,34m}{10^{-3}s} = 340m/s$$

### III ظاهرة الحيود:

#### 1) الإبراز التجريبي لظاهرة الحيود:

عندما تمر الموجة عبر فتحة ضيقة عرضها أصغر أو مساو لطول الموجة نحصل على ظاهرة الحيود.  
باستعمال حوض الموجات نلاحظ أن الموجتين الواردة والمحددة لهما نفس طول الموجة ونفس التردد.

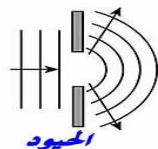


الفتحة تنصرف كمنبع وهمي.

حيود موجات الماء = انتشار موجات الماء في جميع الاتجاهات بعد اجتيازها الفتحة.

ملحوظة: حيود موجة صوتية:

يمكن سماع صوت وارد من خارج حجرة بحيث يمكن للمستقبل أن يكون موجودا في أية نقطة من نقط الحجرة وذلك رغم عدم وجود ممر مستقيم من المصدر إلى الأذن ويعزى ذلك إلى حيود الصوت عند اجتيازها الباب. (طول الموجة الصوتية في هذه الحالة هو: حوالي 1m).



## (2) حيود الموجات فوق الصوتية:

الموجات فوق الصوتية هي موجات صوتية ذات تردد كبير بحيث يصبح سماعها متعذرا. فهي إذن موجات لها نفس سرعة انتشار الصوت في الهواء  $v = 340m/s$ .

يمكن الحصول على موجات فوق صوتية بواسطة مكبر الصوت مع ربطه بولد *GBF* واستعمال تردد أكبر من  $20kHz$ . تبين التجربة أن الموجات فوق الصوتية تخضع كذلك لظاهرة الحيود إذا كان عرض الفتحة أصغر من طول الموجة فوق الصوتية المستعملة.

## (VI) ظاهرة التردد

### (1) تعريف

يكون وسط الإنتشار مبددا للموجات المتوالية إذا كانت سرعة انتشارها في هذا الوسط تتعلق بتردد المنبع.

### (2) تجربة

نحدث موجة مستقيمة أو دائرية في حوض الموجات. نغير تردد المنبع  $K$ ، ونضئ سطح الماء بوماض مع ضبط تردده على قيم تمكن من مشاهدة التوقف الظاهري لجميع نقاط سطح الماء، ثم نقيس طول الموجة  $\lambda$  الموافق في كل حالة. ندون النتائج في الجدول التالي:

$\nu(Hz)$	20	27	30
$\lambda(cm)$			
$v(m/s)$			

(أ) اعط العلاقة بين سرعة انتشار الموجة  $v$  وتردها وطول موجتها  $\lambda$ .  
(ب) انقل الجدول السابق وأتمم ملاء.

(ج) علما أن الوسط المبدد هو الذي تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بتردها. هل الماء وسط مبدد؟ عتل جوابك.

$$\nu = \lambda \nu \quad \Longleftrightarrow \quad \lambda = \nu T = \frac{\nu}{\nu} \quad (\text{أ})$$

(ب)

$\nu(Hz)$	20	27	30
$\lambda(cm)$	1,5	1,2	1,1
$v(m/s)$	0,3	0,32	0,36

(ج) نلاحظ أن سرعة انتشار الموجة تتغير بتغير التردد. إذن الماء وسط مبدد.

### (4) استنتاج:

الماء وسط مبدد للموجات المنتشرة على سطحه والحبلى كذلك لأن سرعة الإنتشار تتعلق بتردد المنبع. بينما الهواء ليس بمبدد للموجات الصوتية لأن سرعة انتشار الصوت في الهواء ثابتة لا تتعلق بالتردد. (عند نفس درجة الحرارة والضغط).

Abdelkrim SBIRO

(Pour toutes observations contactez mon email)

Mail : [sbiabdou@yahoo.fr](mailto:sbiabdou@yahoo.fr)