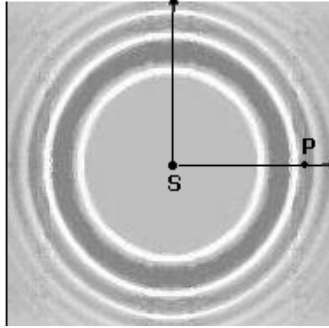


الموجات الميكانيكية المتوالية

التجربة 3

تترك قطرة ماء تسقط على سطح ماء راكض .



استثمار

1 - صف في كل حالة ، التشوه البدني للوسط ، واذكر طبيعة الوسط

التجربة	الوسط	التشوه البدني للوسط	طبيعة الوسط	حالة الوسط
التجربة 1	الحبل	عمودي على الوسط	مادي يتكون من ذرات أي مرن	صلبة
التجربة 2	الناض	متطابق مع الوسط	مادي يتكون من ذرات ، مرن	صلبة
التجربة 3	الماء	عمودي على الوسط	مادي يتكون من جزيئات ، مرن	سائلة

نسمي الوسط الذي ينتشر فيه التشويه بوسط الانتشار .

نسمي الحيز الذي انطلق منه التشويه بمينع الموجة .

2 - بالنسبة لكل تجربة :

2 - 1 قارن بين حالات الوسط .

حالات وسط الانتشار في التجارب أعلاه كلها مادية ومرنة

2 - 2 هل يصاحب انتشار التشويه انتقال للمادة ؟ علل جوابك .

من خلال التجربة 1 ، النقطة P من وسط الانتشار تنجز حركة رأسية خلال مرور التشويه ، وتستقر بعد اجتيازه لها

نستنتج أنه خلال انتشار الموجة ليس هناك انتقال للمادة التي تكون الوسط .

3 - اقترح تعريفا للموجة الميكانيكية .

نسمي موجة ميكانيكية ظاهرة انتشار تشويه في وسط مادي مرن دون انتقال للمادة التي تكون هذا الوسط

ملحوظة : نسمي موجة كل انتشار تشويه دون انتقال للمادة

1 - 2 الموجة الميكانيكية المستعرضة والموجة الميكانيكية الطولية .

أ- الموجة المستعرضة :

عندما يكون اتجاه تشويه وسط الانتشار متعامد مع منحنى انتشار الموجة : نقول أنها موجة مستعرضة .

ب - الموجة الطولية

الموجات الميكانيكية المتوالية

الموجات الميكانيكية المتوالية Les ondes mécaniques progressives

1 - الموجة الميكانيكية

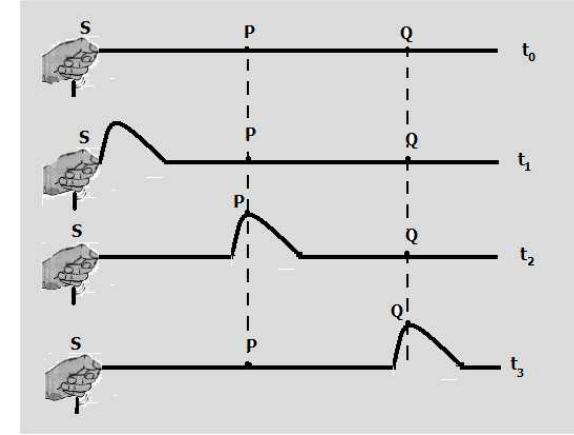
1 - 1 تعريف

النشاط التجريبي 1

نعرض التجارب التالية بواسطة فيديو أو القيام بها داخل القسم في حالة توفر المعدات اللازمة:

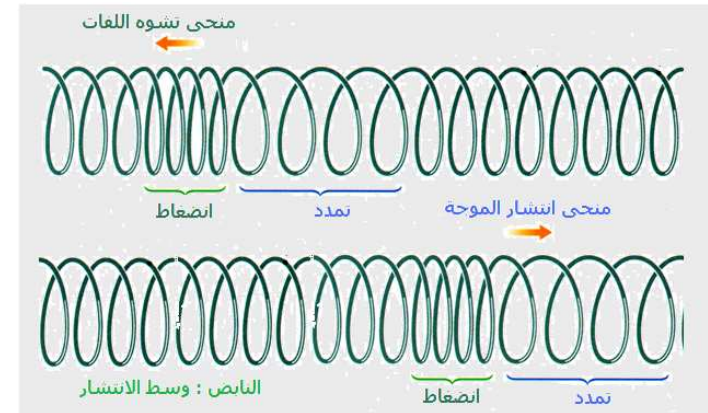
التجربة 1

نأخذ حبلا ونضعه على الأرض ، ونثبت أحد طرفيه ، ثم نقر بتحريك طرفه الآخر من الأعلى نحو الأسفل .



التجربة 2

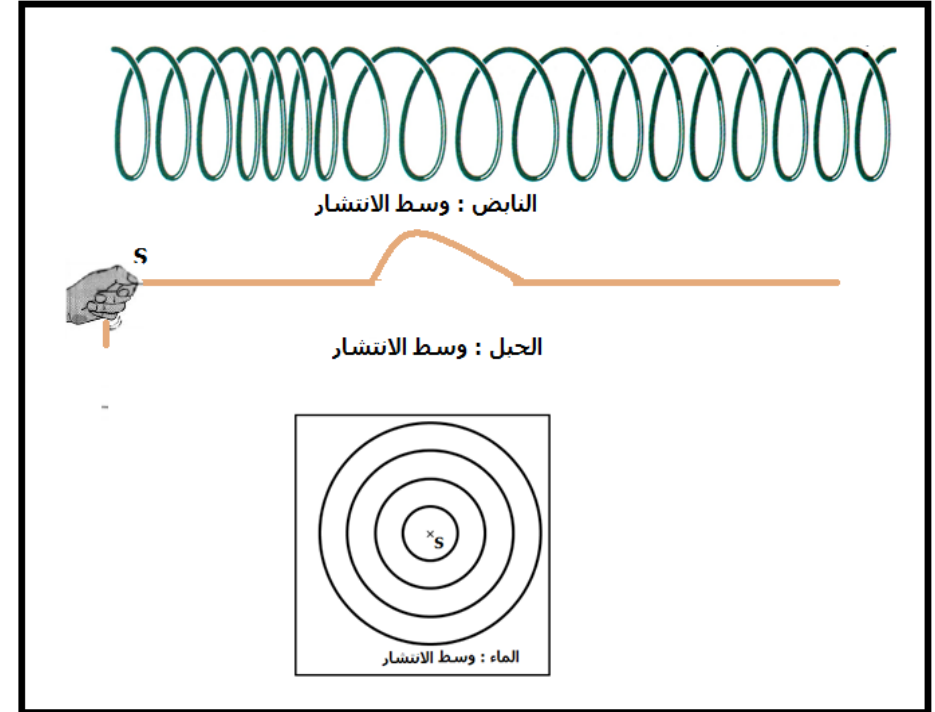
نضع نابضا لفاته غير متصلة على الأرض ونضغط على بعض اللفات عند طرفه ونحررها .



الموجات الميكانيكية المتوالية

عندما يكون اتجاه تشويبه وسط الانتشار له نفس اتجاه منحنى انتشار الموجة : نقول أنها موجة طولية .

على التبيانات التالية ، حدد اتجاه التشويبه واتجاه الانتشار في التجارب السابقة



من بين الموجات المدروسة سابقا ، حدد المستعرضة منها والطولية .

التجربة	طبيعة الموجة ، طولية أم مستعرضة
التجربة 1	مستعرضة
التجربة 2	طولية
التجربة 3	مستعرضة

1 - 3 الموجات الصوتية أ - الصوت موجة ميكانيكية

تجربة (فيديو)

عند تفريغ الإناء الزجاجي من الهواء يختفي صوت الجرس . مما يدل على أن الصوت لا ينتشر في الفراغ أي أنه يحتاج إلى وسط مادي مرن إذن **الصوت موجة ميكانيكية ، تنتشر في جميع الاتجاهات (ثلاثي الأبعاد) وفي جميع الأجسام المادية (السائلة والصلبة والغازية) .**

الموجات الميكانيكية المتوالية

تجربة (فيديو)

عند النقر على الرنان ينبعث منه صوت يؤدي إلى تحريك الكرة مما يبين أن اتجاهي التشويبه والانتشار يوجدان على استقامة واحدة إذن **الصوت موجة ميكانيكية طولية .**

نعل انتشار موجة صوتية في وسط مادي يكونها نتيجة انضغاط وتمدد لوسط الانتشار .

Animation

2 - الموجة الميكانيكية المتوالية

نعرف الإشارة أو الموجة ظاهرة تحدث في مدة قصيرة جدا . عندما تتكرر هذه الموجة أو الإشارة مرات عديدة نحصل على موجة متوالية. يصاحب انتشار موجة انتقال الطاقة .

أمثلة للاهتزازات مصانة تمكّن من الحصول على موجات ميكانيكية متوالية .

- حركة شفرة معدنية مرنة تحرر بعد تقويسها .

- حركة حبال مركب خاضع لتأثير الرياح .

- عند نقر أوتار الكمان .

ملحوظة

كيف تنتقل الطاقة في وسط الانتشار ؟ ما هي أنواع هذه الطاقة ؟

عند إحداث تشويبه بالطرف S للحبل فإنها تكتسب طاقة ميكانيكية (طاقة الوضع : تغير الوضع ، والطاقة الحركية) على شكل شغل .

وعند وصول الموجة إلى كل نقطة من نقط وسط الانتشار تعيد نفس حركة المنبع S أي أنها تكتسب بدورها الطاقة الميكانيكية للمنبع S .

أي أنه عند انتشار الموجة طول الحبل يصاحبها انتقال طاقة ، على شكل طاقة ميكانيكية .

3 - سرعة انتشار موجة ميكانيكية

أ - تجربة 4

قياس سرعة انتشار موجة ميكانيكية مستعرضة طول حبل متجانس وممتور بين حاملين .

نستعمل خلتين كهر ضوئيتين B_1 و B_2 بحيث تفصل بينهما مسافة d ونوصلهما بميقت إلكتروني .

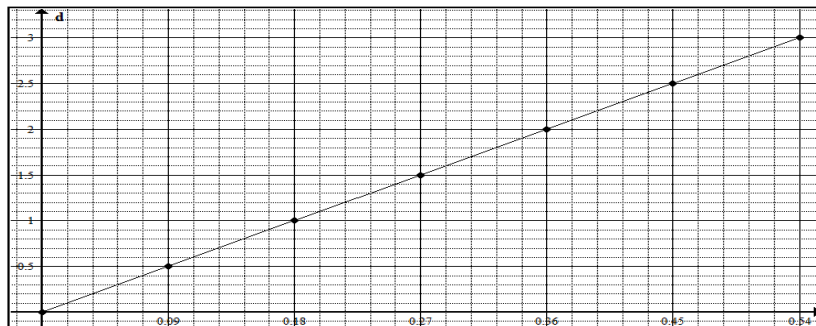
عند مرور الموجة أمام الخلية B_1 ، يشتغل الميقت ويتوقف عند مرورها أمام الخلية B_2 .

نقيس المدة الزمنية Δt التي يستغرقها انتشار الموجة بين B_1 و B_2 لمختلف قيم المسافة d .

نحصل على النتائج التالية :

d(m)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
$\Delta t(s)$	0	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54

على ورق مليمتري نمثل $d=f(\Delta t)$



الموجات الميكانيكية المتوالية

نحصل على مستقيم يمر من أصل المحورين

نستخلص أن d تتغير خطيا مع المدة الزمنية Δt أي أن $v = \frac{d}{\Delta t}$ حيث يدل v على سرعة انتشار

الموجة طول الحبل

ب - العوامل التي تؤثر في سرعة الانتشار طول الحبل .

نعيد نفس التجربة السابقة بنفس الحبل .

نحتفظ بنفس الطول للحبل ونفس التوتر ونغير استطالة التشويه نلاحظ أن سرعة انتشار الموجة تبقى ثابتة .

نحتفظ بنفس الطول ونغير توتر الحبل ونقيس سرعة انتشار موجة ميكانيكية

نلاحظ أنه كلما ازداد توتر الحبل ، تكبر سرعة انتشار الموجة طول الحبل

بالنسبة لحبلين لهما نفس التوتر ، تكون سرعة انتشار الموجة أصغر في الحبل ذي الكتلة الطولية الكبرى أي أن سرعة الانتشار تنقص كلما ازداد قصور وسط الانتشار .

خلاصة:

بالنسبة لوسط مادي متجانس تكون سرعة انتشار موجة مستقلة عن شكل التشوه وعن مدته ، فهي تتعلق بطبيعة وسط الانتشار ، خاصة من حيث مرونته و قصوره ، ودرجة حرارته .

ج - انتشار موجة صوتية الموجة الصوتية موجة طولية تنتشر في جميع الاتجاهات وتستوجب وسط مادي مرن مثلا الهواء . (أنظر تجارب بواسطة فيديو)

قياس سرعة انتشار موجة صوتية

تجربة :

نضع أمام منبع S لموجة فوق صوتية (باعث E)

مستقبل R ، ثم نربط المستقبل بمدخل راسم

التذبذب نضبط المنحنى الملاحظ على الشاشة

ونأخذ $t=0s$. نحرك المستقبل R بمسافة

$d=14,45cm$ فنلاحظ انتقال المنحنى على

شاشة راسم التذبذب (الشكل جانبه)

حساب سرعة انتشار الموجة فوق الصوتية في

الهواء :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{14,45 \cdot 10^{-2}}{0,42 \cdot 10^{-3}} = 344m/s$$

ملحوظة :

تتعلق سرعة الصوت بطبيعة الوسط

الوسط	هواء	ثنائي الأوكسجين	رصاص	حديد	زجاج	غرانيت	ماء	غليسيرين
سرعة الانتشار (m/s)	340	3,7	1230	5130	5400	6000	1500	2000

الموجات الميكانيكية المتوالية

مثال سرعة انتشار الصوت في بعض الأوساط المادية :

4 - المقارنة بين حركة جسم وإشارة ميكانيكية

إشارة ميكانيكية	حركة جسم
تحدث انطلاقا من منبع ويمكن أن تنتشر في جميع الاتجاهات	مسار جد محدد
عدم انتقال المادة	انتقال المادة
الموجات الميكانيكية لا تنتقل في الفراغ أي سرعة انتشارها منعدمة بينما هي أكبر في الأجسام الصلبة من الأجسام السائلة والأجسام الغازية $v(solide) > v(liquide) > v(gaz)$	ينتقل الجسم بسهولة في الفراغ أي أن سرعة جسم في الفراغ أكبر من سرعته في الغاز
سرعة انتشار موجة لا تتعلق بالشروط البدئية في حالة استطالة صغيرة	سرعة الجسم تتعلق بالشروط البدئية .

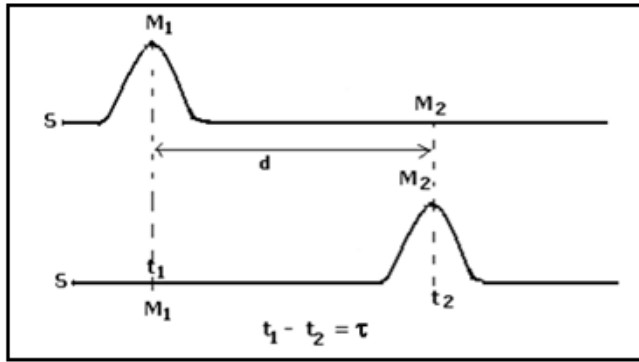
5 - التأخر الزمني لموجة ميكانيكية

نحدث موجة ميكانيكية طول حبل انطلاقا من S طرف الحبل و V سرعة انتشار هذه الموجة طول الحبل .

نعتبر شكل الحبل في لحظتين t_1 و t_2 . خلال هذه المدة قطعت الموجة مسافة $d=M_1M_2$.

عند وصول الموجة النقطة M_2 فإنها ستتحرك بنفس الاستطالة لحركة المنبع S .

نسمي $\tau = \Delta t = t_2 - t_1$ بالتأخر الزمني للموجة ونعبر عنها بالعلاقة التالية : $\tau = \frac{M_1M_2}{V}$



6 - الخواص العامة لموجة ميكانيكية

5 - 1 اتجاه انتشار موجة

تنتشر موجة انطلاقا من منبعها في جميع الاتجاهات المتاحة لها .

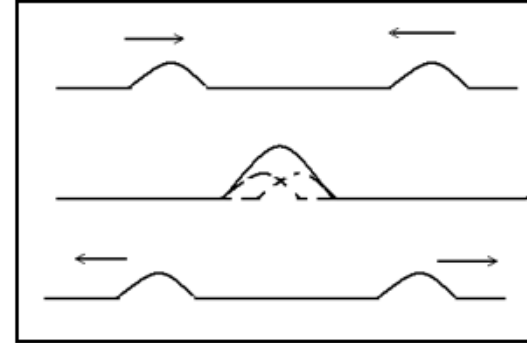
5 - 2 تراكب موجتين ميكانيكيتين .

ماذا يحدث عندما تتراكب موجتين ؟

تجربة (فيديو)

على طرفي حبل نحدث موجتين متقابلتين ، عند التقائهما في نقطة P من الحبل تتراكبان ونلاحظ :

الموجات الميكانيكية المتوالية



عدم حدوث تصادم بين الموجتين لأنهما بعد التقائهما يستمر انتشار كل منهما دون تأثير ناتج عن تراكبهما ، بحيث تحتفظ كل موجة بنفس المظهر ونفس سرعة الانتشار .
ملحوظة : تتحقق هذه الخاصية فقط بالنسبة لموجات ذات تشوه جد ضعيف أو استطالة التشويه ضعيفة .

تصحيح السلسلة 1 : الموجة الميكانيكية المتوالية

4 - شكل الحبل في اللحظة $t = 0,8s$:

للحصول على شكل الحبل في اللحظة ذات التاريخ $t = 0,8s$ يجب :

- تحديد موضع مطلع الموجة أو مقدمة الموجة عند اللحظة $t = 0,8s$ حيث نعلم هذه المقدمة ب

M_1 بحيث أن $SM_1 = v.t = 10 \times 0,8 = 8m$ أي أن مقدمة الموجة توجد على بعد $8m$ من منبع S .

- تحديد مؤخرة الموجة والتي توجد في النقطة M_2 بحيث أن $SM_2 = v.(t - \tau) = 10 \times 0,5 = 5m$ أي

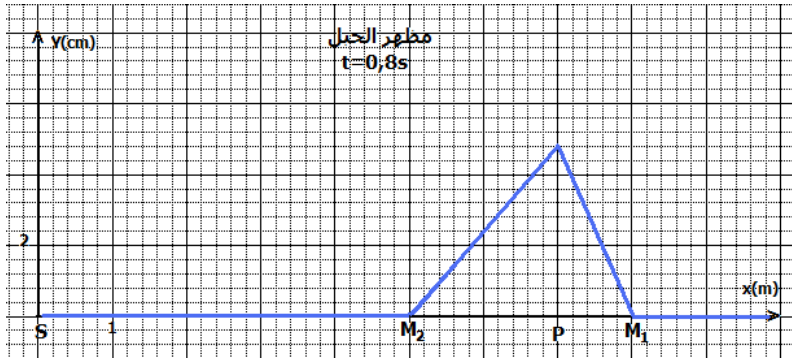
أن طول التشويه هو $3m$

- تحديد القيمة القصوية لوسع الموجة P والتي توجد حسب الشكل في $t = 0,1s$ من مقدمة

الموجة .

أي أن $PM_1 = v.(0,1) = 10 \times 0,1 = 1m$ أي أن P تبعد عن مقدمة الموجة ب $1m$

وبالتالي سيكون مظهر الحبل في اللحظة $t = 0,8s$



التمرين 11

1 - حساب سرعة انتشار الموجة الميكانيكية طول الحبل :

من خلال شكل مظهر الحبل عند اللحظة t أن مقدمة الموجة قطعت المسافة

$d = SF = 10 \times 0,1 = 1m$ خلال المدة الزمنية $\Delta t = t_1 - t_0 = 0,20s$ أي أن سرعة انتشار الموجة :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{1}{0,2} = 5m/s$$

2 - طول الموجة ℓ :

من خلال الشكل لدينا $\ell = 0,4m$

3 - اللحظة التي ستصل فيها مقدمة الموجة النقطة M :

لدينا $SM = 1,2m$ أي أن $\Delta t = t_M - t_0 = \frac{SM}{v}$ وبما أن $t_0 = 0$ فإن $t_M = \frac{SM}{v} = \frac{1,2}{5} = 0,24s$

مظهر الحبل في هذه اللحظة :

تصحيح السلسلة 1 : الموجة الميكانيكية المتوالية

تصحيح تمارين السلسلة 1 الموجة الميكانيكية المتوالية

التمرين 9

1 - التفسير

نعلم أن سرعة انتشار الصوت تتعلق بطبيعة الوسط فهي تختلف عند انتشارها في الماء الساكن عن انتشارها في النحاس وبالتالي فإن المستقبل سيلتقط الإشارتين بفرق زمني .

علما أن سرعة انتشار الصوت في الأجسام الصلبة أكبر من انتشاره في الماء فإن الإشارة الأولى توافق الموجة التي تنتشر في النحاس والثانية توافق الموجة التي تنتشر في الماء

2 - حساب سرعة انتشار الصوت في النحاس :

لدينا $\Delta t_1 = t_1 - t_0$ المدة الزمنية التي استغرقتها الموجة عند انتشارها في النحاس حيث قطعت

المسافة d . بحيث أن لحظة انطلاق الموجة عند نقر القناة ، و $\Delta t_2 = t_2 - t_0$ المدة الزمنية

المستغرقة من طرف الموجة عند انتشارها في الماء عند قطعها المسافة d .

$$\text{أي أن } \Delta t_1 = \frac{d}{V_{Cu}} \text{ و } \Delta t_2 = \frac{d}{V_e} \text{ وبما أن } \Delta t_2 > \Delta t_1 \text{ فإن } \Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1 = \frac{d}{V_e} - \frac{d}{V_{Cu}}$$

$$\frac{d}{V_{Cu}} = \frac{d}{V_e} - \Delta t \Rightarrow \frac{1}{V_{Cu}} = \frac{1}{V_e} - \frac{\Delta t}{d}$$

$$\frac{1}{V_{Cu}} = \frac{d - V_e \Delta t}{d V_e} \Rightarrow \boxed{V_{Cu} = \frac{d V_e}{d - V_e \Delta t}}$$

$$V_{Cu} = \frac{200 \times 1500}{200 - 1500 \times 9,34 \times 10^{-2}} = 5008m/s \text{ : تطبيق عددي}$$

التمرين 10

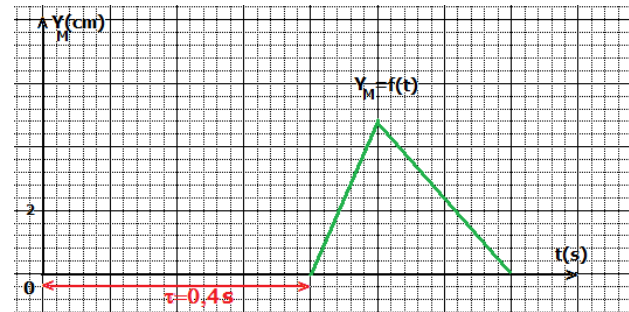
1 - حساب مدة التشويه لنقطة من نقط الحبل

هي المدة الزمنية التي تستغرقها الموجة عند مرورها من نقطة تنتمي إلى الحبل ، وحسب

الشكل فإن مدة التشويه $\tau = 0,3s$

حساب التأخر الزمني τ : لدينا $\tau = \frac{SM}{v} = \frac{4}{10} = 0,4s$

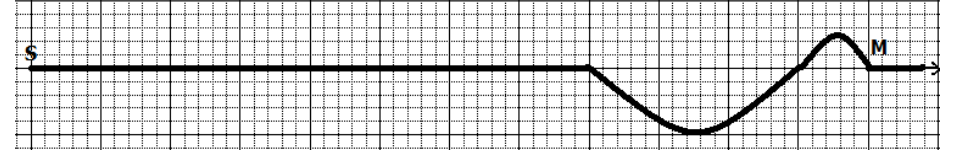
3 - استطالة النقطة M بدلالة الزمن t ، يمكن الحصول عليها بإزاحة المنحنى $Y_s(t)$ بالتأخر الزمني



$Y_M(t) = Y_s(t - \tau)$ أي أن

بحيث أن $\tau = 0,4s$

تصحيح السلسلة 1 : الموجة الميكانيكية المتوالية



- 4 - اللحظة التي ستغادر فيها الموجة النقطة M :
 المدة الزمنية التي تستغرقها الموجة لكي تمر من النقطة هي : $\tau = \ell / v = 0,08s$ وحسب السؤال السابق أن مقدمة الموجة ستصل النقطة M عند اللحظة $t_M = 0,24s$ أي أن $t_F = t_M + \tau = 0,32s$
- 5 - تمثيل المنحنى $y_M(t)$ حركة النقطة M من الحبل بدلالة الزمن t :

(سؤال خارج الإطار المرجعي)

نعلم أن النقطة M تعيد نفس حركة منبع S بتأخر زمني $\Delta t = 0,32s$ أي أن المنحنى

$$y_M(t) = y_s(t - \Delta t)$$

- عند اللحظة $t = t_M$ لحظة وصول مقدمة الموجة النقطة M : $y_M(t) = y_s(0) = 0$

- عند اللحظة $t = t_F$ لحظة مغادرة الموجة النقطة M : $y_M(t) = y_s(t_F - \Delta t) = 0$

- المدة الزمنية التي تستغرقها الموجة لكي تمر من النقطة M هي : $\tau = \ell / v = 0,08s$

- تنتقل مقدمة الموجة بمسافة $0,1m$ حيث وسعها أو استطالتها موجبة خلال مدة زمنية $0,1/5 = 0,02s$ في الأول ثم تنتقل ب $0,3m$ حيث وسعها موجب خلال مدة زمنية $0,06s$

