Ondes électromagnétiques

I: Ondes, généralités :

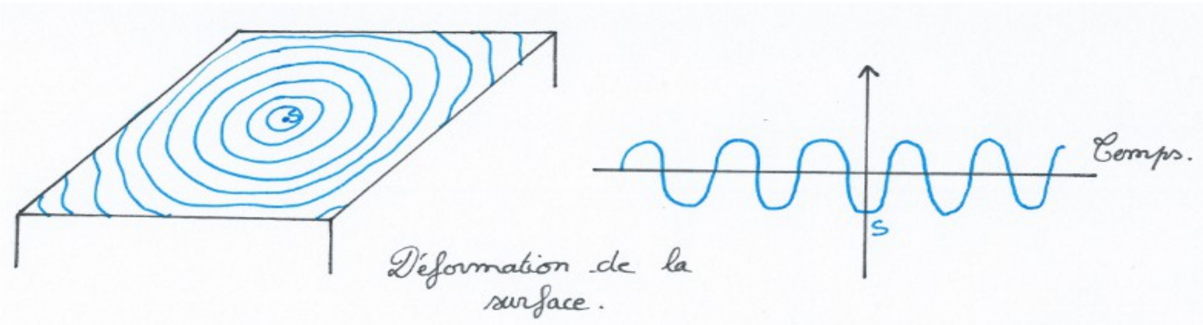
Une onde est la propagation d'une déformation, d'une variation, d'un signal, d'une information à travers un milieu.

*Remarque :

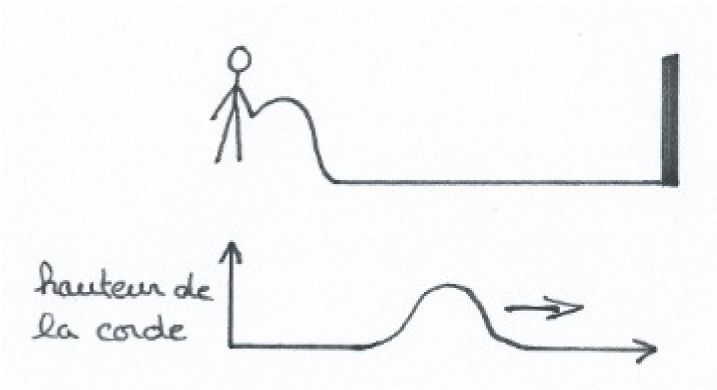
-une onde n'a pas l'obligation d'être périodique ou sinusoïdale.

A. Exemple d'ondes :

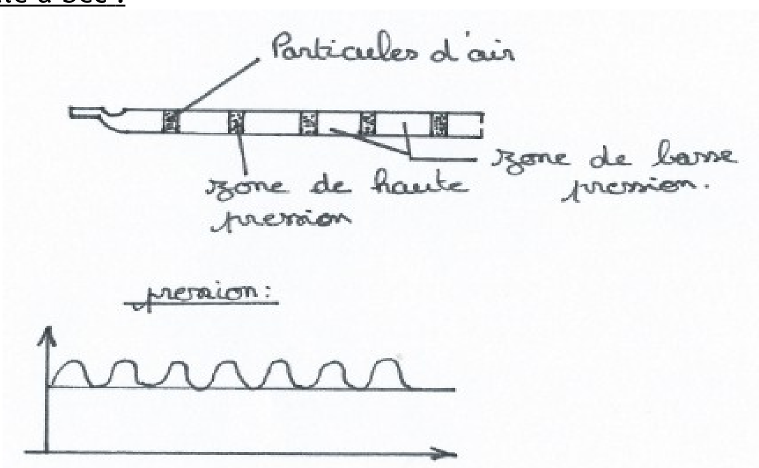
1. On jette un cailloux dans un bassin :



2. Avec une corde dont l'extrémité est accrochée :



3. Dans une flûte à bec :



B. Propagation d'une onde :

Dans un milieu homogène, une onde se propage à vitesse constante. La vitesse de l'onde dépend de la nature de celle-ci mais aussi de la nature du milieu et de paramètres physique comme la température, la pression ou la tension de la corde.

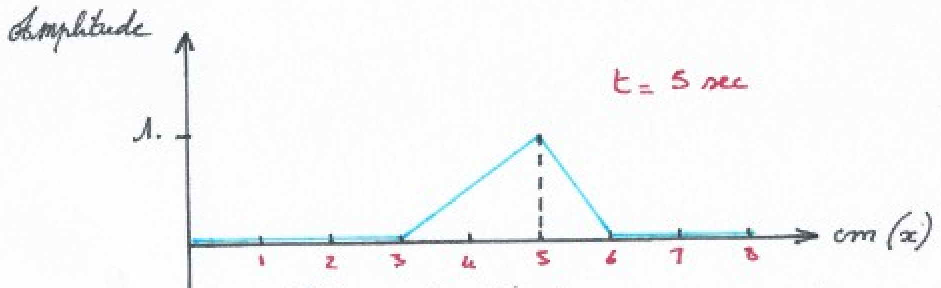
C. Représentation d'une onde :

Il existe deux types de représentation d'une onde :

-Une représentation spatiale :
Elle représente l'onde à un temps donné (une date). C'est une photo. L'axe des abscisses est alors (x) une distance et le schéma représente la déformation à diverses positions mais toutes à la même date.

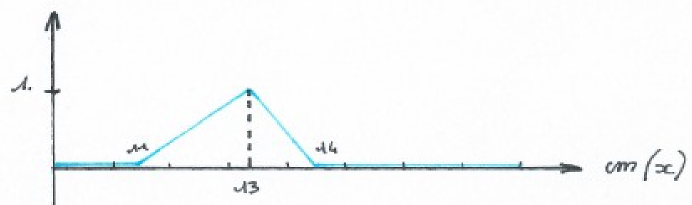
-Une représentation temporelle :
On se place en un point donné de l'espace. On regarde passer la déformation en ce point au cours du temps. L'axe des abscisses (x) est le temps. Le schéma représente la déformation au cours du temps en un point.

1. Représentation spatiale :



Vitesse de l'onde : $v = 4\ m\ s^{-1}$.

Représentation spatiale à $t = 5{,}02$ sec.



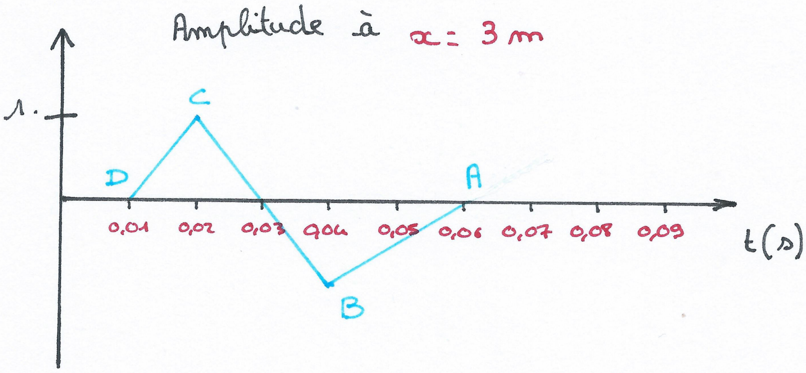
Calculs :

$4 \times 5{,}02 = 20{,}08\ m$ ou $\Delta t = 5{,}02 - 5 = 0{,}02\ s$

$d = v \times \Delta t = 4 \times 0{,}02 = 8\ cm.$

La déformation ne change pas d'allure, tous les points se déplacent à la même vitesse et parcours 8 cm.

2. Représentation temporelle :



1. Quelle est la durée de la déformation ?
2. Quel est le point qui arrive le 1^{er} à $x = 3,12$ m ?
3. La vitesse est $v = 4$ m/s. Donner la représentation temporelle à $x = 3,12$ m.

1. La durée de la déformation :

$0,06 - 0,01 = 0,05$ sec.

3,12 m est D, $v = 4$ m/s.

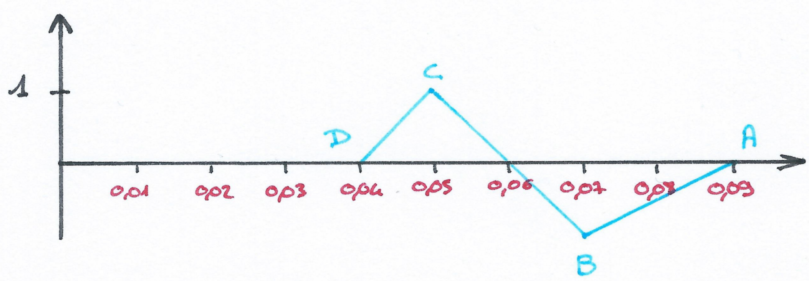
2. "A" était à 3 m à $t = 0,06$ s.

Il doit parcourir 0,12 m.

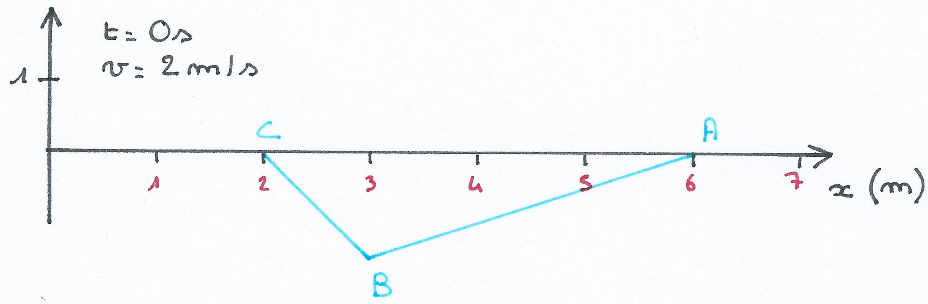
$t = \frac{d}{v} = \frac{0,12}{4} = 0,03$ sec.

il arrivera à 0,09 sec.

3.

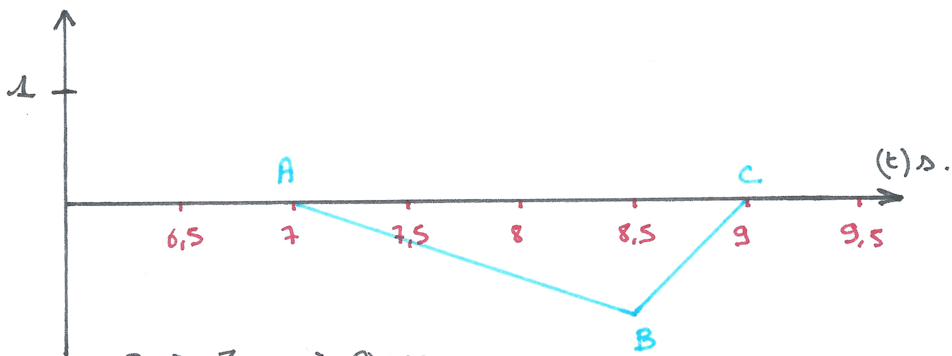


3. Passage d'une représentation à une autre :



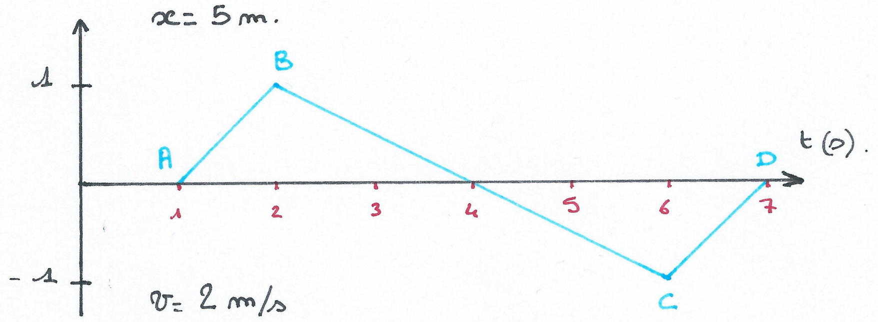
1. A quel type de représentation appartient le schéma ?
2. Qui est en avance ?
3. Donner l'autre représentation à x = 20 m.
4. Qui est en avance ?

1. C'est une représentation spatiale.
2. Le point "A" est en avance.
3. Il était à 6 m à t = 0s.
   Il doit parcourir 14 m.
   $t = \frac{d}{v} = \frac{14}{2} = 7$ sec.
   Il arrivera à 7 secondes.



B à 3 m à 0 sec.

Nouvel exercice :



1. Qui est en avance ?
2. Donner la représentation spatiale à t = 10s.

1. "A" est en avance.
2. "A" était à 1 sec à 5 m

Il doit avancer pendant 9 sec. $v = 2\ m/s$.

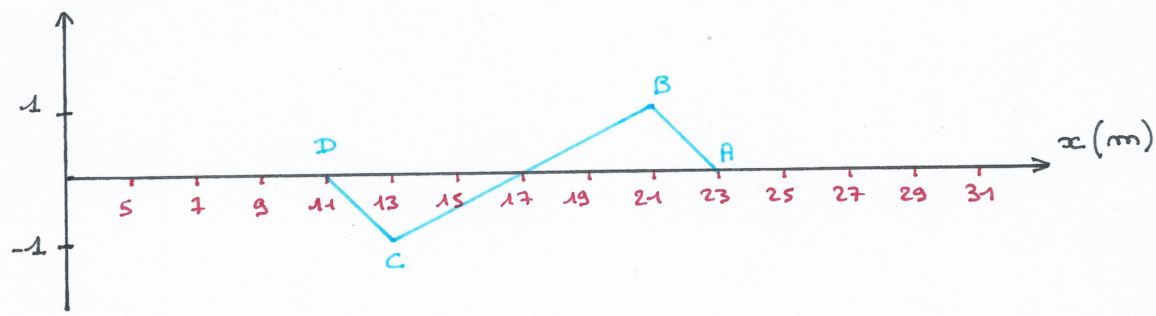
$d = v \times t \rightarrow d = 9 \times 2 \rightarrow d = 18\ m$.

$18 + x = 18 + 5 = 23\ m$.

"B" = 2 sec à 5 m : $d = 8 \times 2 \rightarrow d = 16 + 5 = 21\ m$

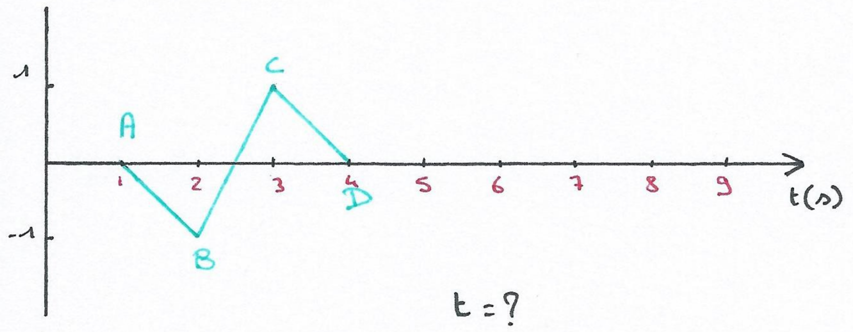
"C" = 6 sec à 5 m : $d = 4 \times 2 \rightarrow d = 8 + 5 = 13\ m$

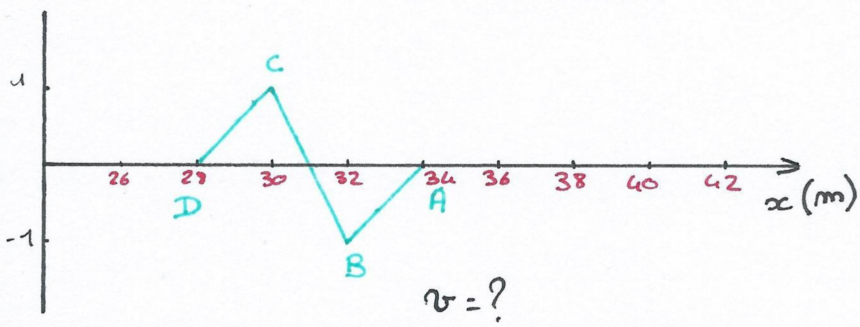
"D" = 7 sec à 5 m : $d = 3 \times 2 \rightarrow d = 6 + 5 = 11\ m$.



On donne la représentation temporelle à 5 mètres et une représentation spatial à t= ?

1) Déterminer la vitesse de l'onde et à quel temps / moment a été prise la représentation spatiale.





Premier schéma : durée de la déformation.

4-1=3 secondes
v = t/d => v= 3/5 => 0,6 m/s

Le point A était à 5 m à 1 seconde. La vitesse de l'onde est de 0,6 m/s.

Deuxième schéma :

On était à 5 m à t = 1 sec
On arrive à 34 m à t = T
On a parcourt 29 m en T - 1 (29 = v x (T – 1))
B était à 5 m à t = 2 sec
Il arrive à 32 m à t = T
Il parcourt 27 m en T – 2 (27= v x (T – 2))

Détails des calculs :

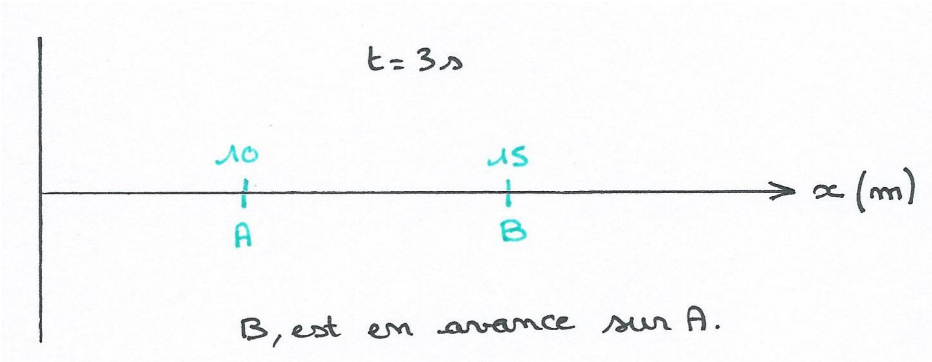
$$\begin{cases} 29 = v(T-1) \rightarrow 29 = v \times T - v \\ 27 = v(T-2) \rightarrow 27 = v \times T - v \end{cases}$$

$$\left. \begin{matrix} 29 = v \times T - v \\ 27 = v \times T - 2v \end{matrix} \right] \; 2 = 0 + v \rightarrow v = 2 \text{ m/s.}$$

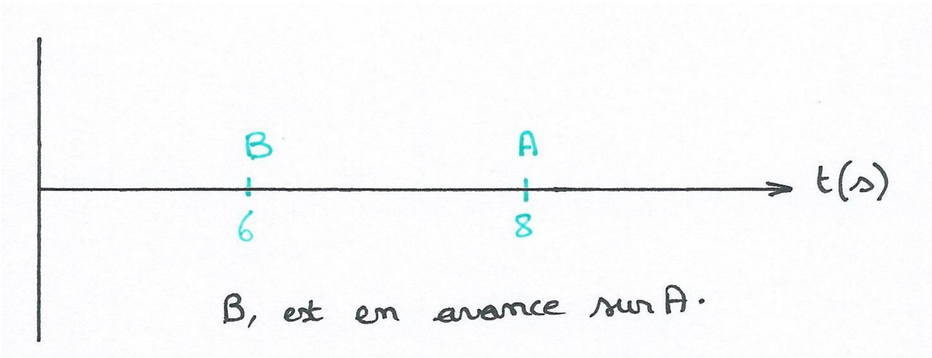
$$29 = v(T-1) \rightarrow 29 = 2(T-1) \rightarrow T-1 = \frac{29}{2} \rightarrow T-1 = 14{,}5 \rightarrow T = 15{,}5 \text{ s.}$$

d. Avance et retard :

Représentation spatiale :



Représentation temporelle :



Dans la vie de tous les jours, on a l'habitude d'une représentation spatiale. En physique, on travaillera d'avantage avec une représentation temporelle.

Exercice :

Jean et Pierre font une course de 18 km. Jean court à 8 km/h et Pierre à 10 km/h. A 14h, début de la course (normalement). A 14h30 Pierre était à 3 km du départ. A la même heure, Jean était à 6 km du départ.

1. A quelle heure sont-ils réellement partis ?
2. Lequel arrive le premier à l'arrivée ?

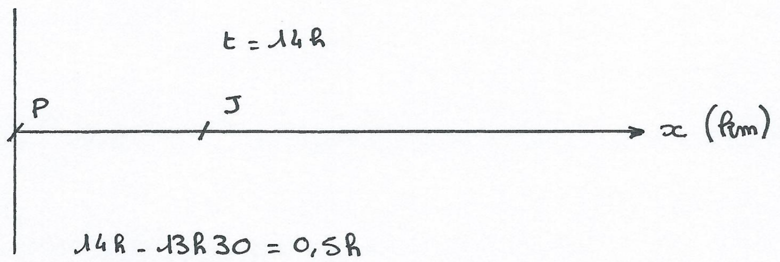
1. Pierre : pour faire 3 km à 10 km/h.
   Il lui faut 3/10 soit 0,3h ==> 0,3 x 60 = 18 minutes
   Il est parti à 14h30 – 18 = 14h12

   Jean : pour faire 6 km à 8 km/h
   Il lui faut 6/8 = ¾ d'heure (soit 45 min)
   14h30 – ¾ = 13h45

2. A 14h30, Pierre doit encore parcourir 15 km, soit t 15/10 = 1,5h = 1h30.
   14H30 + 1h30 = 16h.

   A 14h30, Jean doit encore courir 12 km à 8 km/h, soit t = 12/8 = 1,5h = 1h30.
   14H30 + 1h30 = 16h.
   Ils arriveront donc en même temps.

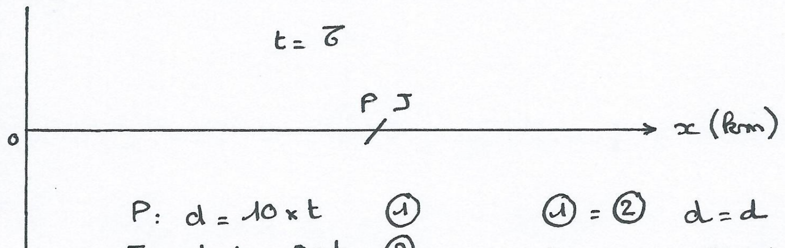
Jean part à 13h30 et court à 8 km/h. Pierre part à 14h et court à 10 km/h. A quelle heure Pierre rattrape Jean, et quelle distance ont-ils parcourus ?



14h - 13h30 = 0,5h

$8 \text{ km/h} \times \frac{1}{2} = 4 \text{ km}.$

Ils se croisent à la même heure et au même endroit.



P: $d = 10 \times t$ (1)

J: $d - 4 = 8 \times t$ (2)

$d = 8 \times t + 4$

(1) = (2) $d = d$

$\rightarrow 10t = 8t + 4$

$2t = 4$

$t = \frac{4}{2}$

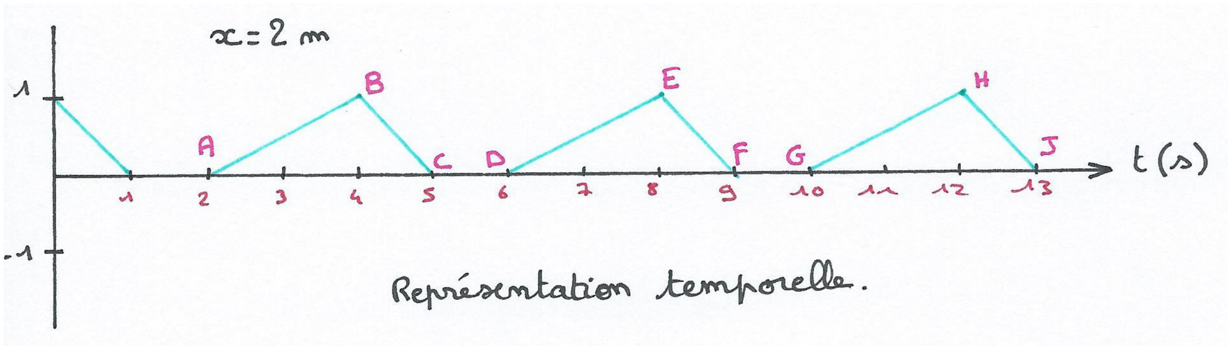
$t = 2h.$

Il sera 14h + 2h = 16h.

Pierre court 20 km en 2 heures. Ils auront tous deux parcourus 20 km.

II. Ondes périodiques :

Une onde périodique est composée d'un motif élémentaire qui se reproduit de façon régulière (périodiquement).



-On appelle période temporelle T, le temps défini entre 2 motifs élémentaires. T = 4 sec dans l'exemple.

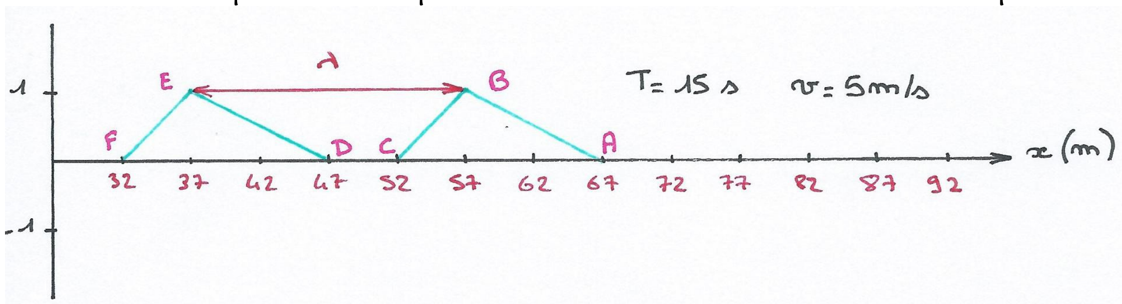
-On appelle fréquence F, (U), le nombre de motifs élémentaires en 1 seconde.

F = 1 / T

F = Hertz
T = secondes

F= 1 / 4 = 0,25 Hz dans l'exemple

Voici la représentation spatiale à T = 15 sec de cette onde sachant que ν = 5 m/s.



A était $x = 2$ m à $T = 2$ sec. À $T = 15$ sec, il sera à $x = 2 + (15 - 2) \times v$

$xA = 2 + (15-2) \times v \longrightarrow xA = 67$ m

$xB = 2 + (15-4) \times v \longrightarrow xB = 57$ m

$xC = 2 + (15-5) \times v \longrightarrow xC = 52$ m

$xD = 2 + (15-6) \times v \longrightarrow xD = 47$ m

$xE = 2 + (15-8) \times v \longrightarrow xE = 37$ m

$xF = 2 + (15-9) \times v \longrightarrow xF = 32$ m.

On constate que le signal est également périodique dans une représentation spatiale. On peut alors définir, une période spatiale appelée longueur d'onde ou λ dans l'exemple $\lambda=20m$.

Ce qui donne la relation suivante :

$$\lambda = \nu \times T$$

λ = mètres
ν = m/s
T = période en secondes

Exemple :

On rappelle que la vitesse de la lumière dans le vide est $c = 3.10^8$ m/s.

1. Une radiation lumineuse a dans le vide une longueur d'onde λ = 704 nm.
Déterminer sa période et sa fréquence.

2. Une radiation lumineuse de fréquence $F = 3{,}75.10^{14}$ Hz.
Déterminer sa période.
Déterminer sa longueur d'onde si elle se déplace dans l'eau d'indice 1,33.

3. Une radiation lumineuse de fréquence $F = 5.10^{14}$ Hz se propage dans un milieu transparent. Dans ce milieu, sa longueur d'onde est λ = 375 nm.
Déterminer l'indice du milieu.