

# Série d'exercices N°2

## \*\*\* Les ondes mécaniques progressives périodiques \*\*\*

### Pré requis :

- Définition d'un phénomène périodique vu en TC (Cours du mouvement et d'électricité) et en 1BAC (Rotation).
- Période et fréquence d'un phénomène périodique vu en TC et en 1BAC.

### Connaissances et savoir-faire exigibles :

- Reconnaître une onde progressive périodique et sa période.
- Définir pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence, la longueur d'onde.
- Connaître et utiliser la relation  $\lambda = v.T$ , connaître la signification et l'unité de chaque terme, savoir justifier cette relation par une équation aux dimensions.
- Savoir, pour une longueur d'onde donnée, que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension d'une ouverture ou d'un obstacle est plus petite.
- Définir un milieu dispersif.
- Exploiter un document expérimental (série de photos, oscillogramme, acquisition de données avec un ordinateur...) : détermination de la période, de la fréquence, de la longueur d'onde.
- Reconnaître sur un document un phénomène de diffraction.

### Pour commencer :

1

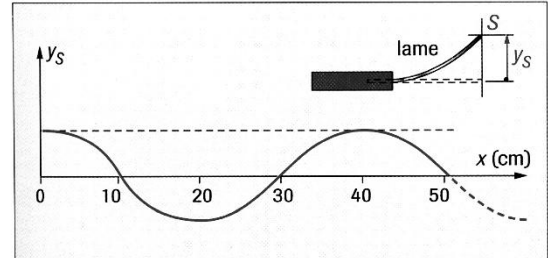
Un vibreur est le siège d'un mouvement vibratoire périodique de fréquence  $f = 100$  Hz. Les vibrations qu'il crée se propagent le long d'une corde élastique à partir de son extrémité S, avec la célérité  $v = 8,0 \text{ m.s}^{-1}$ .

1. Calculer la longueur d'onde de l'onde qui se propage sur la corde.
2. Comparer le mouvement de la source vibratoire avec celui d'un point A situé à 32 cm de S et celui d'un autre point B placé à 40 cm de S.

2

Un vibreur de fréquence  $f = 100$  Hz met en vibration l'extrémité d'une corde élastique. La figure ci-dessous représente l'aspect de la corde à la date  $t$  (obtenu par photographie).

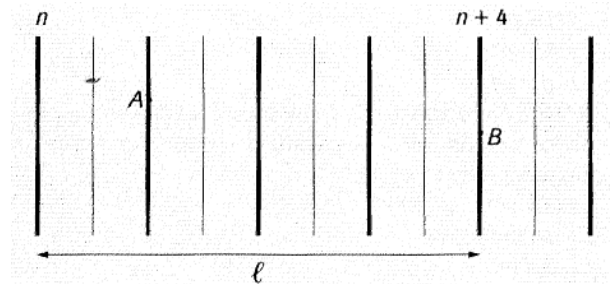
1. Combien valent la période, la longueur d'onde et la célérité de l'onde périodique sinusoïdale qui se propage le long de cette corde ?



2. A la date  $t$ , l'extrémité de la lame est à sa position la plus haute. Représenter l'aspect de la corde aux dates  $t + 0,0025 \text{ s}$  ;  $t + 0,0050 \text{ s}$  ;  $t + 0,0075 \text{ s}$  et  $t + 0,010 \text{ s}$ .

3

On utilise une cuve à ondes. On crée des ondes rectilignes à la surface de l'eau. La fréquence de vibration de la réglette est  $f = 50$  Hz. Un enregistrement est réalisé et on dispose d'une image de cet enregistrement.



On voit des lignes claires et noires. On mesure la distance séparant la crête noire de rang  $n$  et la même crête noire de rang  $n + 4$  ; on trouve  $l = 16 \text{ cm}$ .

1. L'onde est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier la réponse.
2. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  des ondes se propageant à la surface de l'eau ;
3. Calculer la célérité des ondes.
4. Comparer les mouvements des points A et B. Justifier la réponse.

4

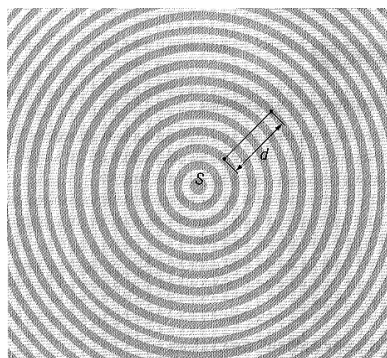
On utilise une cuve à ondes. Une pointe S frappe la surface de l'eau de profondeur constante à la fréquence  $f = 20 \text{ Hz}$ . Un enregistrement est réalisé et on dispose d'une image de cet enregistrement (page suivante).

On voit des cercles clairs et noirs. On mesure la distance séparant, sur un rayon, le cercle noir de rang  $n$  et le cercle noir de rang  $n + 4$  ; on trouve  $d = 18 \text{ cm}$ .



# Série d'exercices N°2

## \*\*\* Les ondes mécaniques progressives périodiques \*\*\*



1. Comment peut-on qualifier l'onde obtenue ?
2. L'onde est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier la réponse.
3. Calculer la longueur d'onde des ondes se propageant à la surface de l'eau ;
4. Calculer la célérité des ondes.
5. Sur un rayon, on dispose deux petits morceaux de liège en des points M et N tel que  $SM = 1,5 \text{ cm}$  et  $SN = 10,5 \text{ cm}$ . Que peut-on dire des mouvements des points M et N et des mouvements des deux bouchons.

### Au travail :

#### Exercice 1 :

Un robinet, mal refermé, s'égoutte à la verticale d'un point O d'une bassine remplie d'eau à un rythme de 80 gouttes d'eau à la minute. A partir du point O, à la surface de l'eau, il se forme une onde circulaire sinusoïdale dont l'amplitude décroît progressivement avec la distance à O. La distance séparant deux crêtes successives est de 12 cm.

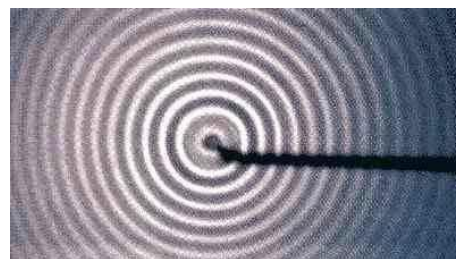


1. Déterminer la longueur d'onde.
2. En déduire une valeur de la célérité des ondes à la surface de l'eau.

#### Exercice 2 :

Le document photographique ci-contre, représente le résultat d'une expérience où la fréquence du vibreur est 30 Hz. L'échelle est de 1/3.

1. Schématisez la surface de l'eau en coupe à l'instant de la photographie. Soyez bien précis sur la position du vibreur.
2. Quelle est la nature de l'onde ?
3. Déterminez sa longueur d'onde et sa célérité.
4. À quoi devrait ressembler une photographie, prise à un instant  $t + \frac{T}{2}$ , après l'instant t de la prise de vue proposée ?



#### Exercice 3 :

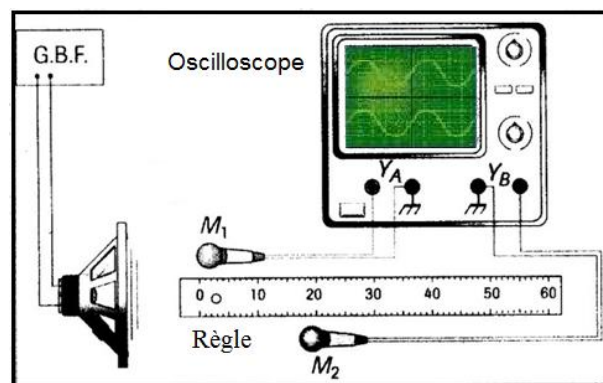
Une onde progressive sinusoïdale de fréquence 15,0Hz, se propage à partir d'un point S de la surface de l'eau contenue dans une cuve. L'amplitude du mouvement de S est de 5,0mm.

Un point M de la surface de l'eau, situé à 5,25cm du point S vibre en opposition de phase avec le point S.

1. Quelles sont les valeurs possibles pour la célérité de l'onde si elle est comprise entre 20cm.s<sup>-1</sup> et 30cm.s<sup>-1</sup>?
2. Combien trouve-t-on, entre S et M, de points vibrant en phase avec S?
3. Comparer l'amplitude de vibration des points S et M.

#### Exercice 4 :

Le son émis par le haut-parleur est capté par deux microphones M<sub>1</sub> et M<sub>2</sub> branchés sur les voies Y<sub>A</sub> et Y<sub>B</sub> de l'oscilloscope.



1. Calculez la fréquence du son capté, sachant que l'on aperçoit deux périodes complètes de chaque sinusoïde sur

# Série d'exercices N°2

## \*\*\* Les ondes mécaniques progressives périodiques \*\*\*

l'oscillogramme, que l'écran comporte dix divisions au total en largeur, et que la fréquence de balayage est réglée sur 0,1 ms par division.

Lorsque les deux abscisses des microphones sont égales, les courbes observées sur l'oscilloscope sont en phase.

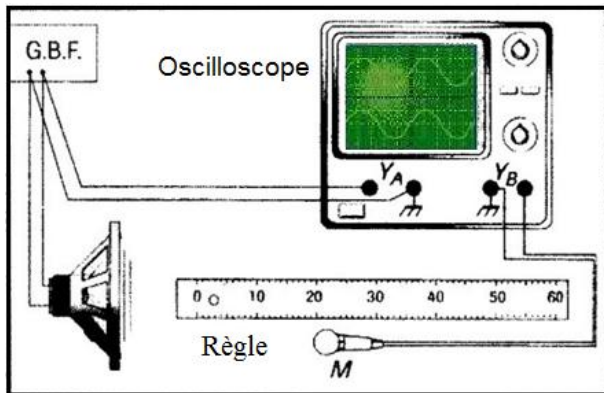
On déplace lentement le microphone  $M_2$  et on relève l'abscisse  $x_2$  de ce microphone, à chaque fois que les courbes sur l'oscilloscope sont à nouveau en phase.

N°	1	2	3	4	5
$x_2(\text{cm})$	17	34	51	68	85

- Quelle valeur de la longueur d'onde peut-on déduire de ces mesures ?
- Quelle est alors la célérité du son dans l'air ?

### Exercice 5 :

Le son émis par le haut-parleur est capté par le microphone M. On réalise les branchements conformément à la figure ci-dessous.



- Quelles sont les deux tensions visualisées sur l'oscilloscope ?
- Calculez la fréquence du son capté, sachant que l'on aperçoit deux périodes complètes de chaque sinusoïde sur l'oscillogramme, que l'écran comporte dix divisions au total, et que la fréquence de balayage est réglée sur 0,2 ms par division.
- On note les deux positions du micro qui permettent d'obtenir des sinusoïdes en phase :  $x = 4,5\text{cm}$  et  $x = 38,5\text{cm}$ . Quelle est la valeur de la longueur d'onde de l'onde sonore dans ces conditions ?
- En déduire la célérité des ondes sonores dans l'air.

### Exercice 6 :

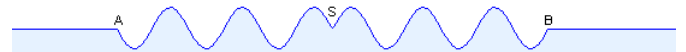
Un piston provoque des ondes de compression et de dilatation à l'extrémité d'un ressort de longueur 1 m. La position du

piston évolue de façon sinusoïdale, avec une période  $T=0,1\text{s}$  et une amplitude de 1cm. La célérité des ondes le long du ressort est de 2 m/s.

- Au bout de combien de temps la spire située au milieu du ressort commence-t-elle à osciller ? Quelle est l'amplitude des oscillations de cette spire ?
- Représenter sur un graphe l'évolution de la position de spire située au milieu du ressort et celle du piston, pour  $t$  variant de 0 à 0,45s. Comparer l'état vibratoire de cette spire et du piston. L'onde est-elle longitudinale ou transversale ?
- Quelle est la plus petite distance séparant deux spires en phase ? Pour quelle fréquence cette distance vaut-elle 5 cm ?

### Exercice 7 :

Une onde progressive sinusoïdale de fréquence 50,0Hz, créée par une source S à partir d'une date  $t_0=0$  se propage à la surface de l'eau. La figure ci-dessous représente, à une date  $t$ , une coupe de cette surface par un plan vertical passant par S. A cette date, l'élongation du point S est nulle.



La distance AB est égale à 3,0cm, l'amplitude constante de l'onde est de 4mm.

- L'onde est-elle longitudinale ? Transversale ? Circulaire ? Rectiligne ?
- Quelle est la valeur de la longueur d'onde ?
- Sur le schéma, combien y a-t-il de points vibrants en opposition de phase avec S ? Faire un schéma en indiquant les positions et les mouvements de ces points et celui du point S à la date  $t$ .
- Quelle est la célérité de cette onde ?
- Quelle est la valeur de  $t$  ?
- Quel a été le sens de la déformation à la date  $t_0=0$  ?
- Comparer, à la date  $t'=0,20\text{s}$ , l'élongation du point S avec celle du point N situé à une distance  $d=1,25\text{cm}$  de S.

### Exercice 8 :

Un vibreur provoque des ondes sinusoïdales de fréquence  $f=50\text{Hz}$  à l'extrémité d'une corde. Un point M situé à la distance  $d=18\text{cm}$  de l'extrémité commence à vibrer à l'instant  $t=0,060$  secondes après la mise en fonction du vibreur.

- Déterminer la célérité des ondes le long de cette corde.



# Série d'exercices N°2

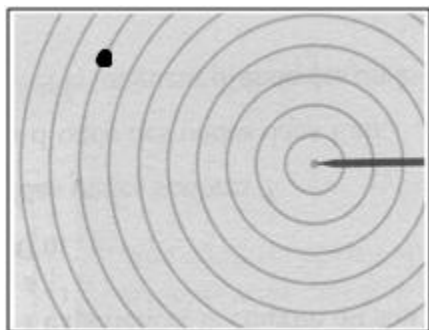
## \*\*\* Les ondes mécaniques progressives périodiques \*\*\*

- Représenter sur deux graphes différents l'évolution de la position du point M et celle de la source S pour  $t$  variant de 0 à 0,080s.
- Comparer l'état vibratoire du point M et du point S. Que peut-on dire de la distance les séparant.
- Quelle est la plus petite distance séparant deux points vibrant en phase ?
- Pour quelle fréquence la distance précédente vaut-elle 5cm?

### Exercice 9 :

#### I) Ondes circulaires

Au laboratoire, on dispose d'une cuve à ondes contenant de l'eau à la surface de laquelle flotte un petit morceau de polystyrène. Un vibreur, dont la fréquence est égale à 30 Hz, produit des ondes circulaires à la surface de l'eau (reproduction de la photographie de la surface à l'échelle  $\frac{1}{4}$ ).



- Décrire le mouvement du morceau de polystyrène.
- Déterminer le plus précisément possible la longueur d'onde.
- Déterminer la célérité de cette onde.
- La surface de l'eau est un milieu dispersif. Que signifie cette expression ?

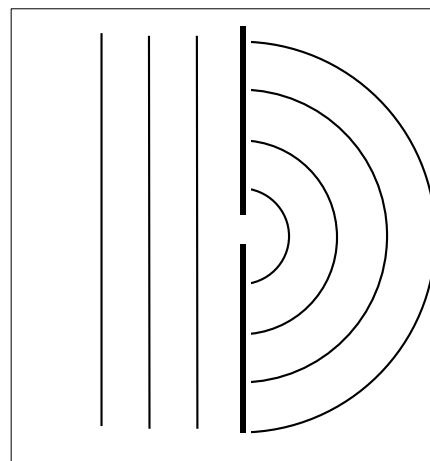
#### II) Ondes rectilignes

Le vibreur est maintenant muni d'un régle; il produit des ondes rectilignes. On interpose sur le trajet de l'onde incidente une fente de largeur  $a$ . On obtient la figure ci-dessous.

- Faire apparaître, sur la reproduction de l'image, la longueur d'onde de l'onde incidente notée  $\lambda_1$  et la longueur d'onde de l'autre onde notée  $\lambda_2$ .
- Comparer les valeurs de ces deux longueurs d'onde.
- Nommer le phénomène observé.



Figure réelle



Reproduction

- Pourquoi le phénomène est-il très marqué dans cette expérience ?
- Avec quelles autres ondes (non mécaniques) peut-on observer le même phénomène ?

### Exercices supplémentaires :

#### Exercice 10 :

Le sonar, système émetteur et récepteur d'ultrasons, permet de mesurer la profondeur des océans. Disposé sous la coque d'un navire, le sonar comprend un émetteur de fréquence  $\nu = 40$  kHz émettant une onde ultrasonore verticalement vers le fond de l'océan et un récepteur situé juste à côté de l'émetteur. Le récepteur arrête l'émission de l'onde à la réception de l'onde réfléchi; un compteur relié à l'émetteur permet de dénombrer le nombre  $n$  de périodes complètes émises.

- Une mesure obtenue indique  $n = 330123$ . Quelle est la profondeur de l'océan à cet endroit ?





# Série d'exercices N°2

## \*\*\* Les ondes mécaniques progressives périodiques \*\*\*

2. L'amplitude de l'onde ultrasonore diminue lors de la progression de l'onde. Après une distance  $L$  parcourue, l'onde présente une amplitude  $P$  telle que :  $P = P_0 \cdot e^{-\mu L}$ , où  $P$  ainsi que  $P_0$  sont des pressions et  $\mu$  est un coefficient d'amortissement.

Sachant que le récepteur est capable de détecter une onde d'amplitude supérieure à  $P_{\min} = 1 \times 10^{-3}$  Pa, quelle profondeur maximale le sonar peut-il mesurer ?

### Données :

Célérité des ultrasons dans l'eau de mer :  $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ .

$P_0 = 10,0 \text{ Pa}$  ;  $\mu = 2,5 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ .

### Exercice 11 :

Un émetteur ultrasonore est placé au point E. Le récepteur R est connecté à millivoltmètre particulier, qui mesure une tension proportionnelle à l'amplitude de l'onde détectée. La fréquence du générateur qui alimente l'émetteur est de 40 kHz.

1. Quelle est période  $T$  des ondes ultrasonores ? Quelle est la longueur d'onde  $\lambda$  des ondes ultrasonores dans l'air dans ces conditions (la célérité des ultrasons est de 340 m/s) ?

2. On dispose juste derrière l'émetteur une plaque percée d'une fente de centre F, de largeur  $a = 1 \text{ cm}$  et de grande longueur. F et E sont sur la même horizontale. E et R sont reliés par une ficelle de longueur 0,5 m. On déplace R dans un plan horizontal passant par F. La tension relevée par le récepteur reste-t-elle constante ? Pourquoi ?

3. On appelle  $\alpha$  l'angle que fait la perpendiculaire à l'écran et la ficelle qui caractérise la direction FR. On constate que la tension lue sur le voltmètre est nulle pour un angle  $\alpha_0 = 48^\circ$ . Calculer le rapport  $\lambda/a$  et comparer cette valeur à celle de l'angle (en radian) qui correspond à une amplitude nulle.

4. On reprend cette même expérience dans l'eau : quels résultats sont modifiés ?

En admettant que la conclusion de la question précédente reste valable, quelle est la valeur de l'angle correspondant à une amplitude reçue nulle ? la célérité du son dans l'eau est de 1500 m/s.

### Exercice 12 :

Le gerris est un insecte que l'on peut observer sur les plans d'eau calmes de certaines rivières. Très léger cet insecte évolue sur la surface en ramant avec ses pattes. Malgré sa

discrétion, sa présence est souvent trahie par des ombres projetées sur le fond. Ces ombres (figure 1) sont la conséquence de la déformation de la surface de l'eau au contact de l'extrémité des six pattes de l'insecte (figure 2).

Figure 1 :

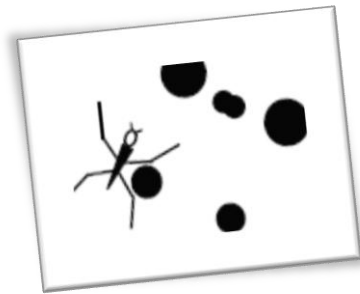


Figure 2 : Vue en coupe de la surface de l'eau

1. Quel dispositif utilisé en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau est également basé sur la projection d'ombres ?

Les déplacements de l'insecte génèrent des ondes à la surface de l'eau qui se propagent dans toutes les directions offertes par le milieu. Le schéma (figure 3) donne une vue en coupe de l'onde créée par une patte du gerris à la surface de l'eau à un instant  $t$ .

O est le point source : point de surface où est créée l'onde.

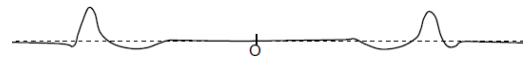


Figure 3 : Vue en coupe de la surface de l'eau à un instant  $t$ .

2. L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiée de transversale ou de longitudinale ? Justifier la réponse.

3. Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.

4. La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document suivant est à l'échelle 1/100° (figure 4) Calculer la célérité de l'onde.

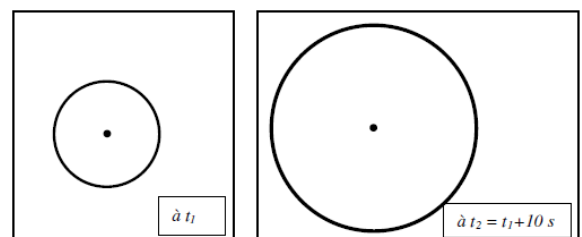


Figure 4



# Série d'exercices N°2

## \*\*\* Les ondes mécaniques progressives périodiques \*\*\*

Un petit papillon tombé à l'eau est une proie facile pour le gerris. L'insecte prisonnier de la surface crée en se débattant des trains d'ondes sinusoïdales. La fréquence de battements des ailes du papillon est de 5 Hz ce qui génère des ondes de même fréquence à la surface de l'eau (figure 5).

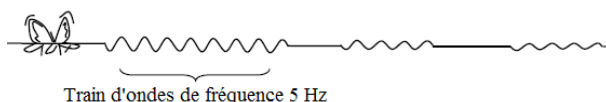


Figure 5

Déterminer la longueur d'onde de l'onde émise par le papillon en utilisant l'agrandissement à l'échelle 2 de la coupe de la surface de l'eau (figure 6).



Figure 6

6. Montrer que la célérité de cette onde est de  $4,4 \text{ cm.s}^{-1}$ .

7. Un train d'ondes émis par le papillon arrive sur un obstacle constitué de deux galets émergeant de l'eau. Voir figure 7

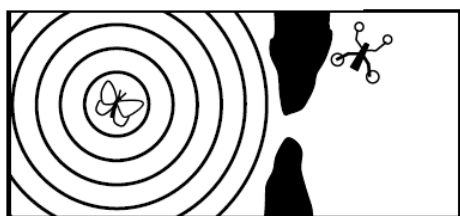


Figure 7

a) Quel doit être l'ordre de grandeur de la distance entre les deux galets émergeant de l'eau pour que le gerris placé comme l'indique la figure 7, ait des chances de détecter le signal de détresse généré par le papillon ?

b) Quel nom donne-t-on à ce phénomène propre aux ondes ?

c) Compléter avec le maximum de précisions la figure 7 en représentant l'allure de la forme de l'onde après le passage de l'obstacle.

La concurrence est rude sur le plan d'eau entre trois gerris ... Les extrémités de leurs pattes antérieures, situées près de leurs antennes (zone de détection), leur permettent de déterminer la direction et le sens de la propagation de l'onde émise par une proie.

8. Le papillon se débat à une distance  $d_1 = 6 \text{ cm}$  du gerris n°1. L'onde générée par le papillon a mis 1s pour parvenir au gerris n°2.

Le gerris n°3 détecte cette même onde avec un retard de 1,5s sur le gerris n°2.

a) Déterminer la distance  $d_2$  entre le papillon et le gerris n°2.

b) Déterminer la distance  $d_3$  entre le papillon et le gerris n°3.

c) Déterminer sur la figure 8, la position du papillon à l'aide d'un compas.

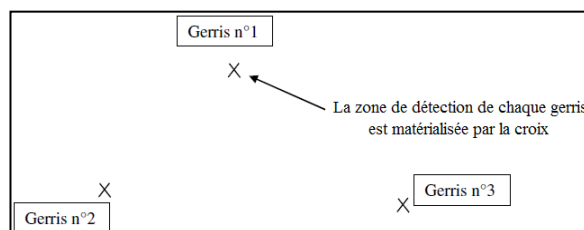


Figure 8

\*\*\*\*\*