

ACOUSTIQUE GEOMETRIQUE

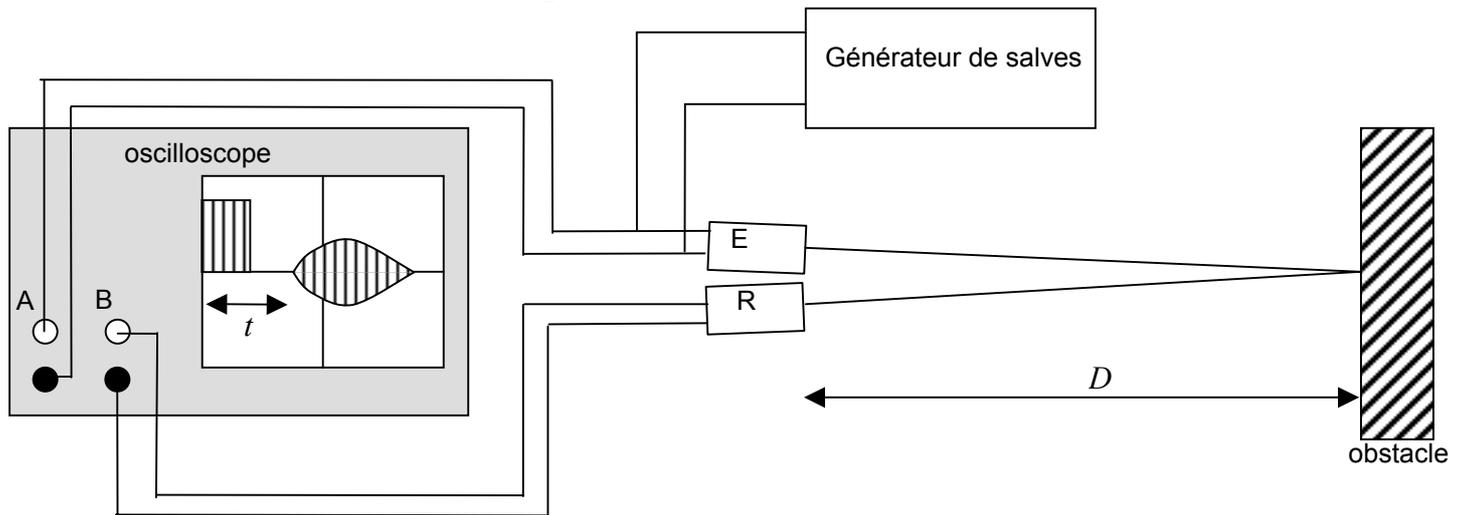
I - LA RÉFLEXION

1) L'ECHO SONORE

Lorsque nous poussons un cri devant une falaise ou un mur élevé, distant de quelques centaines de mètres, nous percevons peu après une répétition affaiblie appelée **écho**. La paroi reçoit l'onde acoustique que nous émettons, et en renvoie une partie vers nous. C'est le phénomène de **réflexion**.

2) L'ECHO ULTRASONORE

On observe exactement le même phénomène avec des ultrasons.



1. On branche l'émetteur sur le générateur de salves après avoir alimenté ce dernier grâce au générateur 15V, 0V, -15V ;
2. On branche le générateur de salves sur la voie A de l'oscilloscope ;
3. On branche le récepteur sur la voie B de l'oscilloscope ;
4. On place l'émetteur E et le récepteur R côte à côte, devant un obstacle ;
5. On règle correctement l'oscilloscope pour voir simultanément la voie A et la voie B, c'est à dire le signal émis et son écho ;
6. On recule l'obstacle pour voir ce qui se passe ;
7. On détermine le temps t qui s'écoule entre le début de l'émission et le début de la réception de l'écho, grâce au nombre de divisions horizontales et à la sensibilité horizontale (durée par division) que l'on lit sur le bouton de « base de temps » de l'oscilloscope.
8. Sachant que l'ultrason fait un aller-retour ($2D$) et que la vitesse de l'ultrason est égale à la vitesse du son soit $v=340$ m/s, comme $2D=vt=340.t$, alors $D=\frac{340.t}{2}$

$t=0,5\text{ms}=0,5.10^{-3}\text{s}$	$t=1$ ms	$t=1,5$ ms	$t=2$ ms	$t=2,5$ ms
0,17 m = 17 cm	34 cm	51 cm	68 cm	85 cm

D est proportionnel à t et le coefficient de proportionnalité vaut 170 ($v/2$)

3) LA LOI DE LA REFLEXION

a) Les rayons acoustiques

Dans un milieu donné, à une température donnée, une onde acoustique se propage en ligne droite à partir de sa source. Les rayons acoustiques associés à l'onde sont des lignes droites.

b) Rayon incident et rayon réfléchi

L'onde acoustique parvenant à un obstacle est appelée **onde incidente** ;

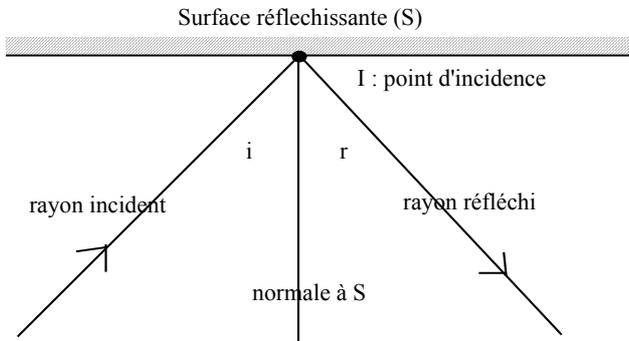
Ses rayons associés sont les **rayons incidents** ;

On appelle **point d'incidence** un point de l'obstacle atteint par un rayon incident ;

On appelle **normale** à la surface réfléchissante la droite, orthogonale au plan d'incidence, passant par le point d'incidence ;

Les phénomènes d'écho montrent qu'un rayon acoustique incident donne naissance à un **rayon réfléchi** ;

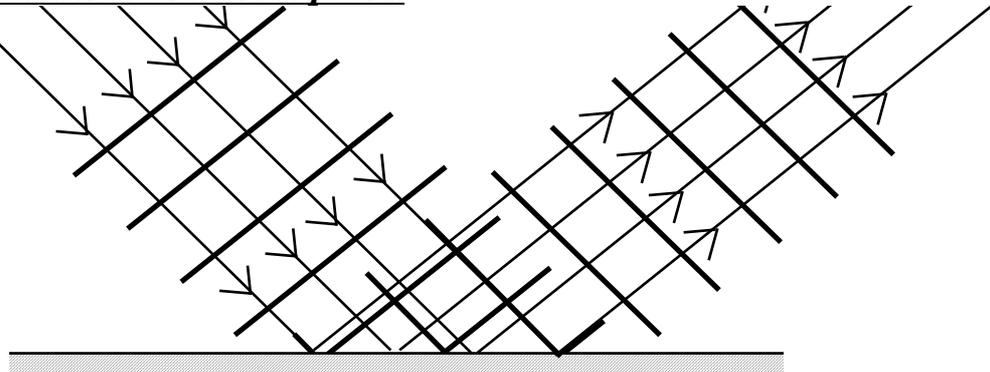
On appelle **angle d'incidence** et **angle de réflexion** les angles i et r formés respectivement par les rayons incidents et réfléchis avec la normale à la surface réfléchissante, d'où la loi :



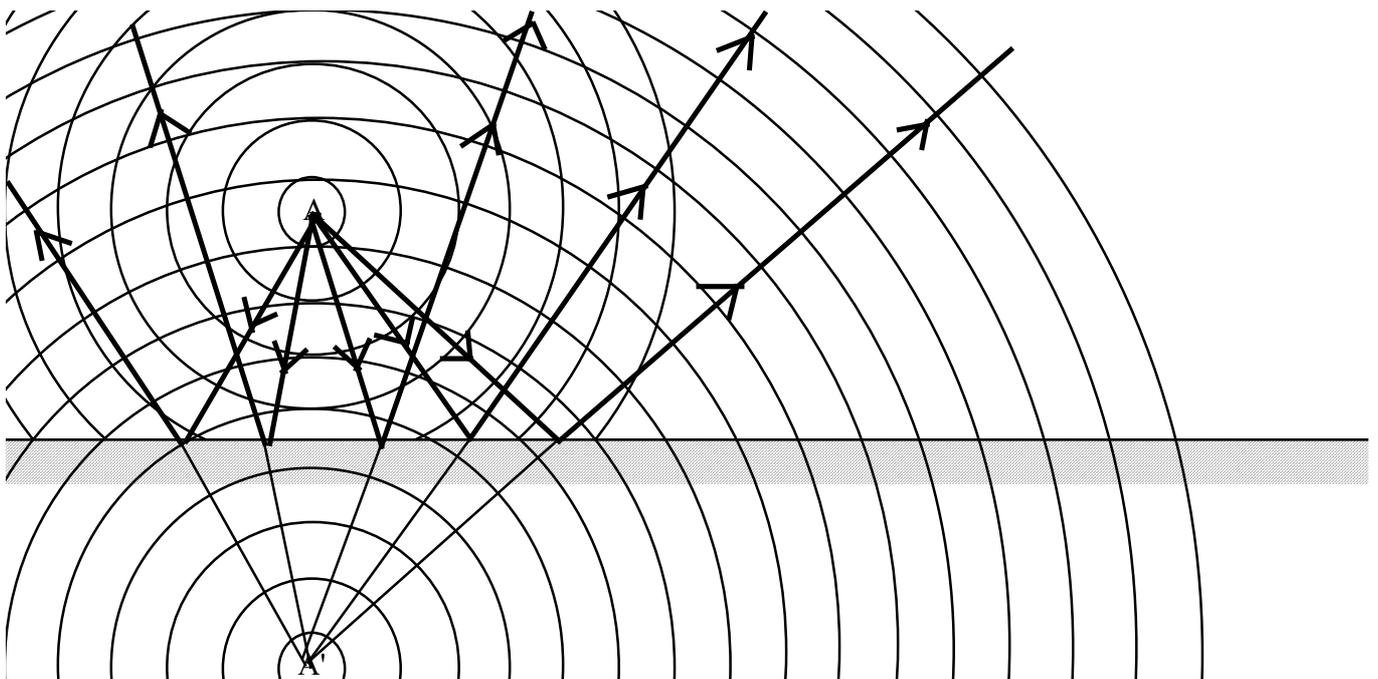
L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence

$$r = i$$

c) réflexion d'une onde plane

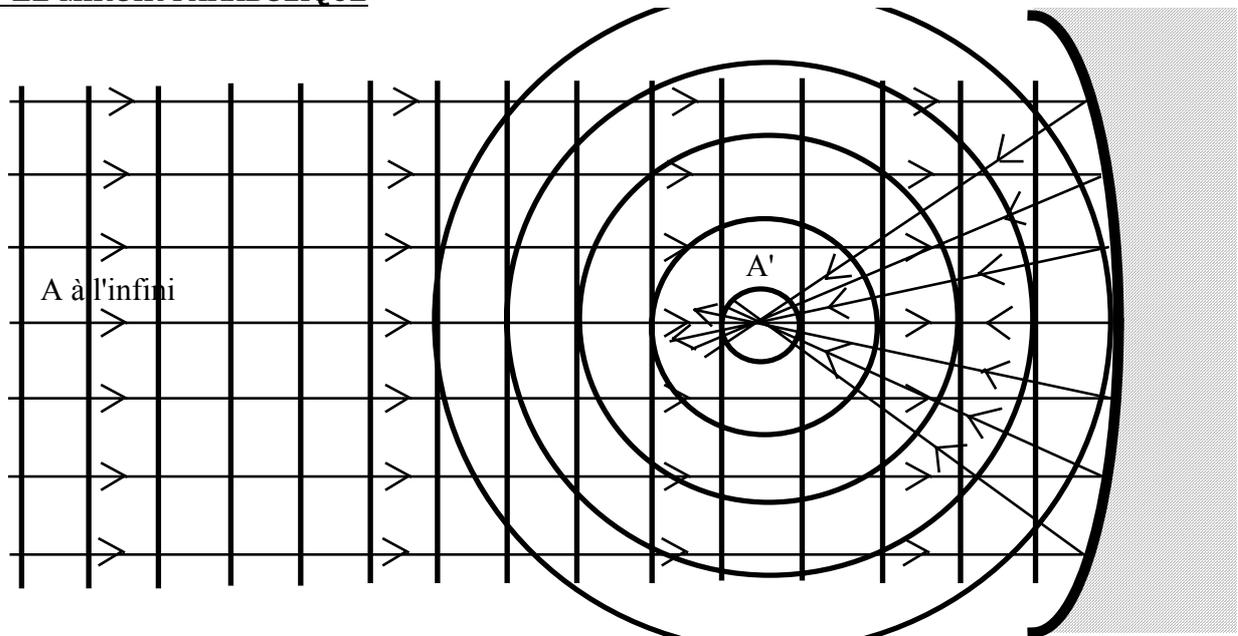


d) réflexion d'une onde circulaire



L'onde réfléchi est encore une onde circulaire. Elle semble provenir du point A' . On dit que A' est l'**image** de A à travers le miroir.

4) LE MIROIR PARABOLIQUE



Le miroir parabolique permet de transformer une onde plane en onde circulaire (principe des télescopes). L'inverse est également vrai : si on envoie une onde circulaire dans un miroir parabolique, celle-ci est transformée en onde plane (principe des phares pour la navigation maritime).

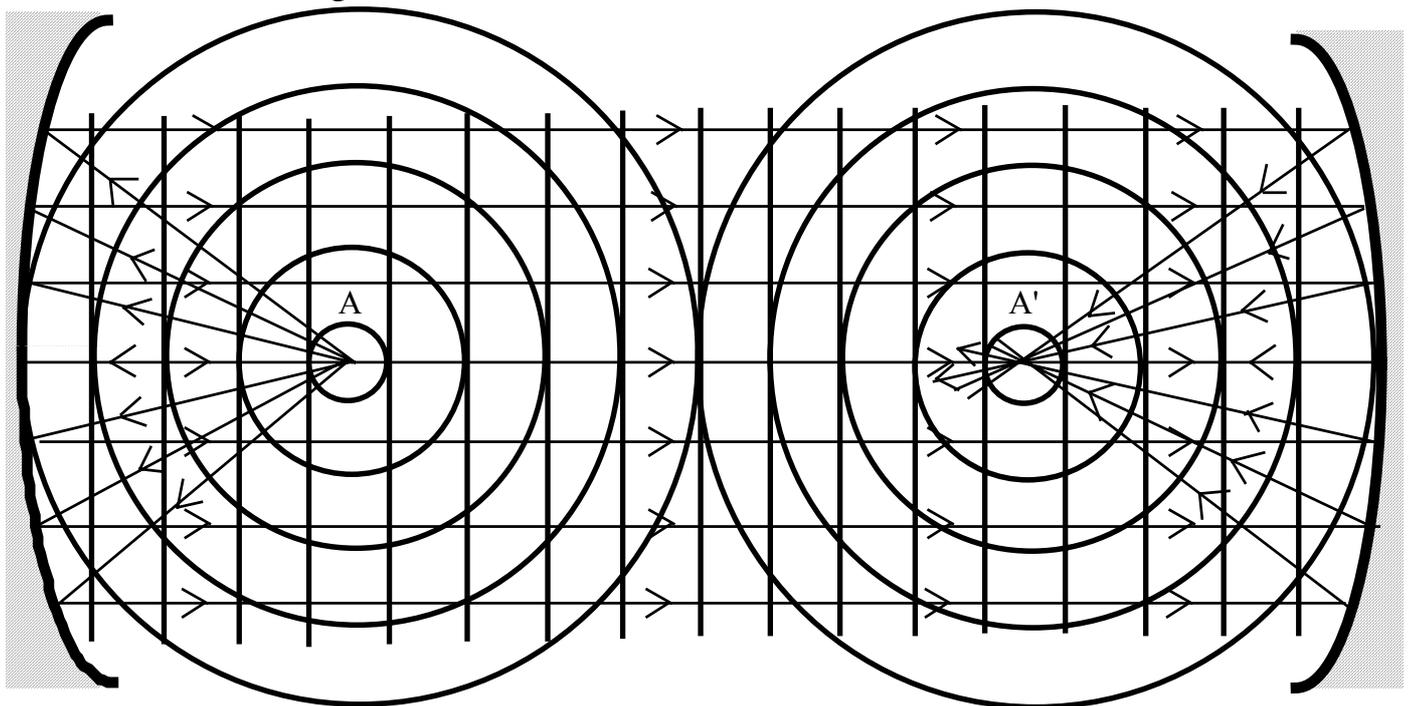
A' est l'**image** d'un certain objet A placé à l'infini. Si l'objet était A' , son image serait A à l'infini.

5) EXPERIENCE DU PALAIS DE LA DECOUVERTE.

Au palais de la découverte ainsi qu'à la cité de la Villette à Paris, il y a une expérience amusante qui permet d'illustrer le paragraphe précédent : on demande à une personne de se placer en A , au foyer d'une parabole, face à celle-ci et à une autre personne de se placer en A' , au foyer de l'autre parabole, face à cette dernière également. Les deux personnes peuvent alors converser, même à voix basse, elles s'entendent comme si elles étaient l'une à côté de l'autre et peuvent dialoguer à 20m l'un de l'autre, sans être gêné par le brouhaha extérieur.

A' est l'**image** de A donnée par les deux miroirs.

De même, A est l'**image** de A' à travers les deux miroirs.



II - L'ABSORPTION

1) L'ABSORPTION DES ULTRASONS

On constate que les ultrasons envoyés sur des surfaces faites de mousse (ou de laine de verre) ne se réfléchissent plus. Un récepteur placé derrière une plaque de mousse n'enregistre pratiquement aucun signal.

Dans l'air, si la distance entre émetteur et récepteur est relativement grande, on constate que les ultrasons ne sont presque plus détectés par le récepteur. Par contre, dans l'eau, même sur des grandes distances, le récepteur n'enregistre qu'une très faible absorption.

Les ultrasons sont absorbés (amortis) lors de leur propagation dans l'air. En revanche, ils sont peu absorbés dans l'eau.

Ce phénomène s'explique par une perte de l'énergie transportée par le signal dans le milieu de propagation ou la surface réfléchissante. Ceci est dû aux frottements et chocs entre les particules du milieu de propagation et/ou de la surface réfléchissante.

2) L'ABSORPTION DU SON

L'absorption par les mousses est mise à profit dans les studios d'enregistrement ou les salles de concert afin d'**insonoriser** ces salles. L'insonorisation consiste à empêcher au son de réfléchir sur les murs pour éviter les échos. Ceci permet de mieux entendre les instrumentistes, individuellement, et évite les mélanges (interférences) entre les différentes sources sonores et donne plus de clarté et d'intelligibilité à l'écoute.

C'est absolument indispensable lors de l'enregistrement d'une chanson car tous les instruments sont enregistrés individuellement sur des pistes distinctes (12, 16 ou 18 pistes).

Cependant, l'effet d'écho (réverbération) est, dans certains cas, bienvenu voire recherché. Il se produit dans une cathédrale par exemple, lors des concerts avec chorale, orgue et autres instruments. L'effet de réverbération décuple la puissance du son et lui donne de la brillance et de la richesse.

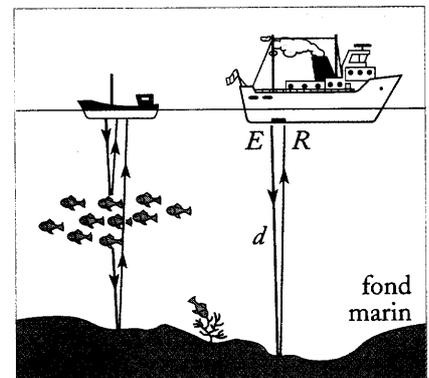
III – APPLICATION DES PHENOMENES DECRITS PRECEDEMMENT

1) LE SONDEUR

En envoyant un ultrason et en mesurant le temps mis par l'écho pour revenir on mesure la profondeur de l'eau.

En envoyant un train d'ultrason et en balayant une certaine surface sous marine, on reconstitue l'image du fond marin pour voir des récifs et les éviter ou des épaves pour la plongée sous marine ou encore des trous (intéressants pour certains types de pêche).

Le sondeur permet aussi de repérer les bancs de poisson pour la pêche (ce qui met en péril l'équilibre biologique des espèces).



2) L'ECHOGRAPHIE ULTRASONORE



Le principe de l'échographie ultrasonore est le même que le sondeur. L'analyse des échos ultrasonores envoyés par une sonde à ultrasons permet de reconstituer l'image des organes à l'intérieur du corps (grâce aux réflexions multiples sur les parois des organes). C'est une technique peu onéreuse et sans danger, utilisée d'ailleurs pour suivre l'évolution de la croissance du fœtus à l'intérieur de sa mère, (sans danger ni pour lui, ni pour sa mère).

Il existe plusieurs types de sondes à différentes fréquences.

Plus la fréquence est grande, plus la longueur d'onde est petite et plus les détails visibles sont petits (de l'ordre de la longueur d'onde de l'onde).

Le pouvoir de pénétration de l'ultrason dépend également de la fréquence.

Il faudra dans chaque cas adapter la fréquence en fonction de la profondeur et de la taille de l'organe à étudier.

L'interprétation des échographies est difficile et demande une formation spécifique et une grande pratique.

Grâce aux progrès de l'informatique, des reconstitutions de l'image en 3D sont possibles.

Il existe une échographie dite **Doppler**, qui permet, en analysant la différence de fréquence entre l'onde réfléchi et l'onde incidente de mesurer la vitesse du sang, dans le cœur, les artères et les veines. Ce type d'échographie est très utilisé en **cardiologie** (cœur) et en **angiologie** (vaisseaux).

Elle permet de diagnostiquer simplement des malformations cardiaques (qui autrefois étaient très difficiles voire impossibles à diagnostiquer), des problèmes de valvules, les problèmes artériels (artérite : artère bouchée par un caillot) et veineux (phlébite : veine bouchée par un caillot).

Elle permet des interventions chirurgicales précises et mesurées (pour enlever un caillot ou décider d'une intervention sur le cœur).

Entre la sonde et la peau, il faut toujours appliquer un **gel**. Celui-ci permet d'éviter aux ultrasons de passer dans l'air où ils sont très absorbés.

3) L'ECHOLOCATION (DAUPHINS ET CHAUVESOURIS)

Les chauves-souris peuvent voler à toute vitesse, en pleine nuit. Il en est de même pour les dauphins la nuit ou en eaux troubles. Comment font-ils ?

Ils possèdent un système de radar à ultrasons. Le temps mis par l'écho pour revenir permet de connaître la distance de l'obstacle.

L'envoi d'un train d'ultrasons balayant une certaine zone de l'espace permet de reconstituer mentalement l'image sonore de l'environnement (comme un radar sur un bateau, sauf que le radar envoie des ondes radio et pas des ultrasons).

Cette capacité pour ces animaux de "voir" grâce au son s'appelle l'**écholocation**.

Les chauves-souris peuvent repérer un homme ou un petit trou dans une falaise totalement obscure. Les dauphins peuvent repérer un rocher, un bateau ou un homme grâce à l'écholocation. Malheureusement, ils n'arrivent pas à repérer les filets dérivants qui leurs sont fatals.

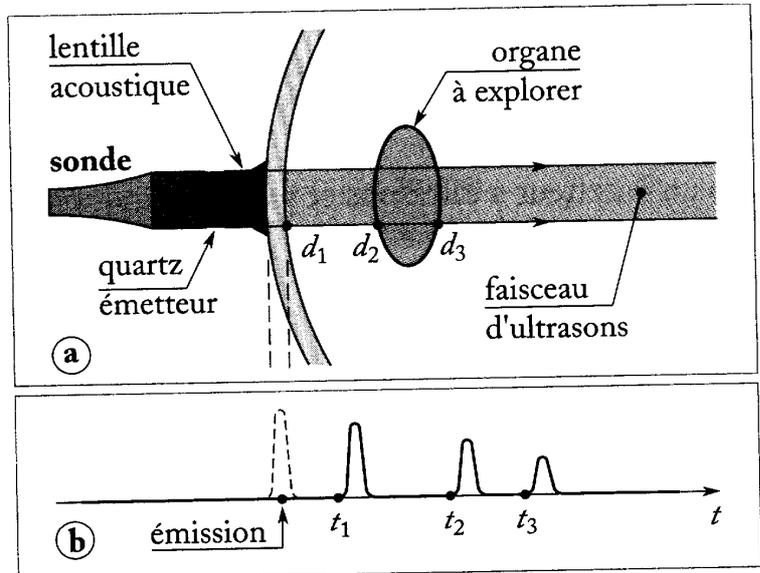


Fig. 13. Principe de l'échographie.

a. Le faisceau ultrasonore se réfléchit sur les surfaces de séparation entre les organes.

b. L'appareil mesure les temps t_1, t_2, t_3, \dots ; cela fournit la valeur des distances d_1, d_2, d_3, \dots