

TD5 - La terre, machine thermique

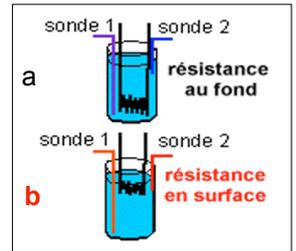
1. Différencier la convection du rayonnement et de la conduction: trois modes de propagation de la chaleur

La **conduction** est un mode où la chaleur se transmet de proche en proche au sein du milieu (fluide ou solide) SANS DÉPLACEMENT DE MATIÈRE. À l'échelle atomique, comme l'on considère que la température mesure le degré d'agitation des molécules ou atomes, la conduction est une propagation de l'agitation des atomes par des chocs de proche en proche. Un métal est un bon conducteur thermique, mais pas l'eau.

La **convection** est un mode où la chaleur se transmet PAR DÉPLACEMENT DE MATIÈRE. Les fluides sont bien sûr plus facilement affectés de mouvements convectifs que les solides où les déplacements ne peuvent qu'être lents (déformation ductile à l'échelle d'un massif - déplacement à l'échelle centimétrique).

Le **rayonnement** est un mode où la chaleur se transmet par une onde électromagnétique (ou par des particules énergétiques - photons) notamment pour les longueurs d'ondes élevées (infrarouge). Ces ondes électromagnétiques se déplacent peu dans un solide et très mal dans les liquides: elles sont tout de suite arrêtées.

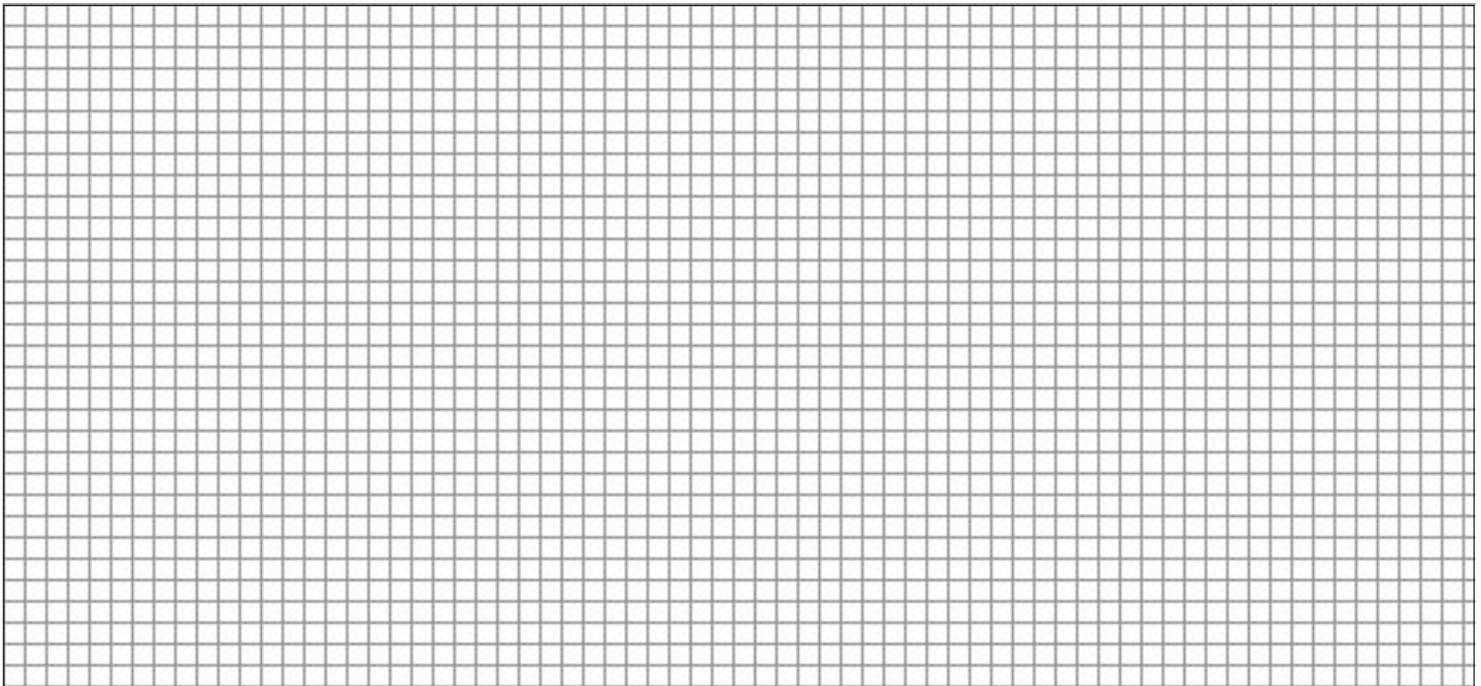
Avec un montage simple d'une résistance chauffante plongée dans un bécher rempli d'eau, on suit les températures de fond et de surface à l'aide de deux sondes (1 et 2 respectivement). Le premier montage (a) est réalisé avec la résistance au fond (avec une température initiale de 20,1°C) et le second (b) avec la résistance en surface (et une température initiale de 11,7°C). (Belin p137)



On obtient les résultats présentés dans le tableau ci-dessous:

Représentez graphiquement l'évolution de la température en fonction du temps pour les deux dispositifs (a et b). Analysez les courbes obtenues et concluez sur les trois modes de propagation de la chaleur.

temps (s)		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	510	540	570	600
sonde 1	a	29,9	24,8	26,7	28,6	34	34,2	35,9	37,9	39,4	41,3	43,1	44,5	46,4	48	49,6	52,9	54,4	54,4	57,2
	b	11,7	11,7	11,8	12,1	12,1	12,6	12,6	12,9	13,1	13,1	13,6	13,9	14	14	14,4	14,8	15	15,4	15,5
sonde 2	a	26,2	30	31,8	33,4	35,1	38,4	40,1	41,6	43,1	44,7	46,4	47,8	49,5	50,6	52	55,1	56,7	56,7	59,1
	b	18,4	27,5	36,2	40,7	44	47,8	51,1	54,8	58,6	61,8	64,5	67,9	70,3	72,7	74,6	79,7	81,1	84,6	85,7



2. La tomographie sismique, une méthode pour réaliser une image de la structure thermique du globe

La méthode est expliquée dans votre livre (Bordas p 339).
Quelle est la différence entre les figures a et b (doc B2 p 339) ?



La coupe c de la figure B2 de la p 339 est une reconstitution.
Après l'avoir localisée en latitude et longitude, faites-en un schéma d'interprétation (en termes d'éléments modélisés de la tectonique des plaques) - ATTENTION AUX ÉCHELLES

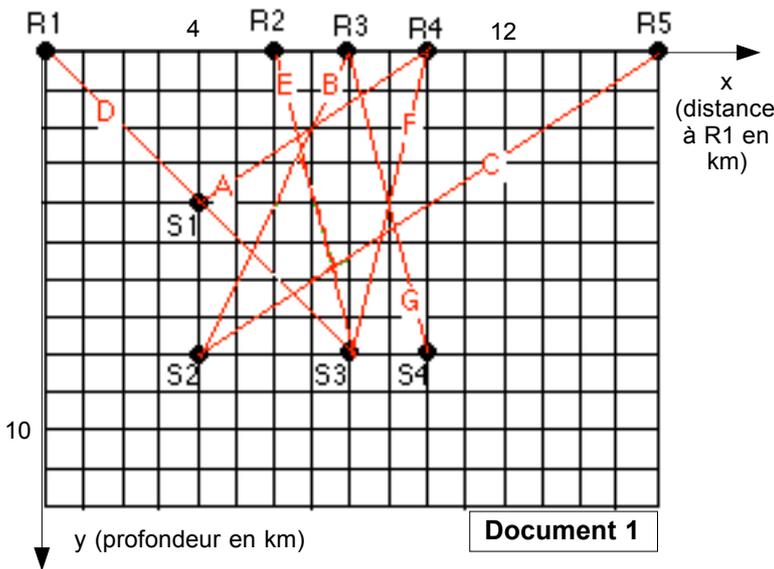
EXERCICE (Belin n°4 p 145)

La tomographie sismique permet de définir, pour chaque zone de l'intérieur de la terre, l'écart entre la vitesse sismique des ondes traversant ces zones et celle d'un modèle de référence. Cette exercice propose de faire "à la main" quelques calculs tomographiques sur un cas simple.

On considérera que:

- la vitesse des ondes P est constante dans tout le milieu étudié, sauf dans la zone perturbée ($V_p = 6 \text{ km.s}^{-1}$) ; par conséquent les ondes sismiques se déplacent en ligne droite.
- aucune discontinuité ne vient perturber le milieu et créer des réflexions ou des réfractions;
- on raisonne dans un grille formée de mailles de 1 km de côté
- la zone perturbée a la forme d'un rectangle, aligné sur la grille ; ses limites ont des abscisses et des ordonnées qui sont des nombres entiers (en km).
- enfin, on dispose de plusieurs stations d'enregistrement (document 1) et de séismes dont la localisation (tableau 1) et le temps d'arrivée (tableau 2) sont connus.

Ces hypothèses simplificatrices sont là pour pouvoir effectuer des calculs sans recours à l'informatique...!



stations (R) et foyers (S)	x (km)	y (km)
R1	0	0
R2	6	0
R3	8	0
R4	10	0
R5	16	0
S1	4	4
S2	4	8
S3	8	8
S4	10	8

Tableau 1

	trajet	durée (s)
A	S1R4	1,202
B	S2R3	1,527
C	S2R5	2,442
D	S3R1	1,885
E	S3R2	1,476
F	S3R4	1,373
G	S4R3	1,373

TABLEAU 2

- a - Calculer, pour chaque enregistrement, la distance parcourue par les ondes sismiques
b - Calculer leur temps d'arrivée "théorique" (sans perturbation) et indiquez lesquelles ont traversé la zone perturbée.

rai sismique	distance parcourue (km)	temps théorique (s)	temps mesuré (s)	retard (s)	x mesuré graphiquement (km)
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					

- c - tracez cette zone sur le document 1
d - La zone perturbée présente-t-elle des vitesses trop lentes ou trop rapides par rapport à son environnement ?

On considère maintenant uniquement les trajets sismiques perturbés qui ont traversé la zone étudiée.

e - Pour chacun de ces trajets, déterminer la distance (x) sur laquelle ils ont traversé la zone perturbée.
En décomposant le trajet d'une onde en deux parties (un morceau normal et un morceau perturbé), on montre que le temps de parcours t s'exprime par $t = (X-x) / V_p + x / (V_p + dv)$, X étant la distance totale parcourue par le rai sismique et dv la perturbation de la vitesse.

f - calculez dv

g - Si on suppose que cette perturbation n'est liée qu'à la température, indiquer si la zone perturbée est chaude ou froide par rapport à son environnement.