

UNIVERSITE D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

7/74

1 es

THESE DE FIN D'ETUDES



Département - Mécanique

RECHERCHES SUR LES ANOMALIES THERMIQUES JACQ

Proposée par:
Professeur, D^r Ingénieur
GERARD D'ALBON

Etudiée par:
REBBOUH Mustapha
KHALDI SMAIN

PROMOTION 1974

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE

POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

DE

MECANIQUE

RECHERCHES SUR LES ANOMALIES

THERMIQUES -JACQ

PROPOSE PAR : Mr GERARD D'ALBON

PROFESSEUR Dr INGENIEUR

ETUDIE PAR :

-REBBOUH MUSTAPHA

-KHALDI SMAIN

PROMOTION 1974

THESE SOUTENUE LE 25 JUIN 1974

M E M B R E S D U J U R Y

Mr Gerard d'ALBON - Prof. Dr. Ingénieur

Mr Alexandre TODICESCU - Prof. Dr. Ingénieur

Mr Yves BOUSSARD - Assistant (Ingénieur)

()ue Monsieur le Professeur Gerard D'ALBON
qui nous a été de très bon conseil , trouve ici
l'expression de notre reconnaissance et nos remer-
ciements.

Nous remercions vivement Monsieur le Docteur
Ingénieur Jean JACQ pour l'aide matérielle et les
encouragements ainsi que tous les professeurs qui
ont participé à notre formation et Mademoiselle
BOUGHRASSA Sahla professeur stagiaire à l'E.N.N.E.T.
pour la frappe.

I N T R O D U C T I O N

1.1 Définition de l'effet JACQ

Jusque vers l'année 1961, la théorie de transfert de chaleur considérait comme linéaire la chute de température à travers une paroi métallique. FIG (1.0)

Cette loi communément admise jusqu'alors fut remise en question par le Docteur ingénieur Jean JACQ de la Régie Renault (FRANCE).

En effet il existe une lacune de données expérimentales et théoriques sur un cas particulier de transmission, il s'agit des phénomènes qui apparaissent lors du passage d'un flux thermique à travers l'entre-face de deux corps solides en contact direct.

Si nous mesurons la résistance thermique, donnée en régime stationnaire, par le contact de deux blocs métalliques, nous constatons que cette résistance est supérieure à la somme des résistances des deux blocs séparés, calculables par la loi de Fourier.

Jean Jacq a démontré alors que lorsqu'un flux thermique, en régime stationnaire ou variable, d'origine convective ou radiante, pénètre dans un corps métallique, il apparaît un gradient de température localisé dans une couche superficielle d'une épaisseur de l'ordre d'un dixième de millimètre.

Ce gradient est beaucoup plus important que celui qui existe dans les couches sous-jacentes du métal.

Selon l'anomalie JACQ, ou l'effet JACQ, les couches sous-superficielles des corps présentent une résistance thermique accrue anormale qui apparaît aussi bien en régime permanent que variable.

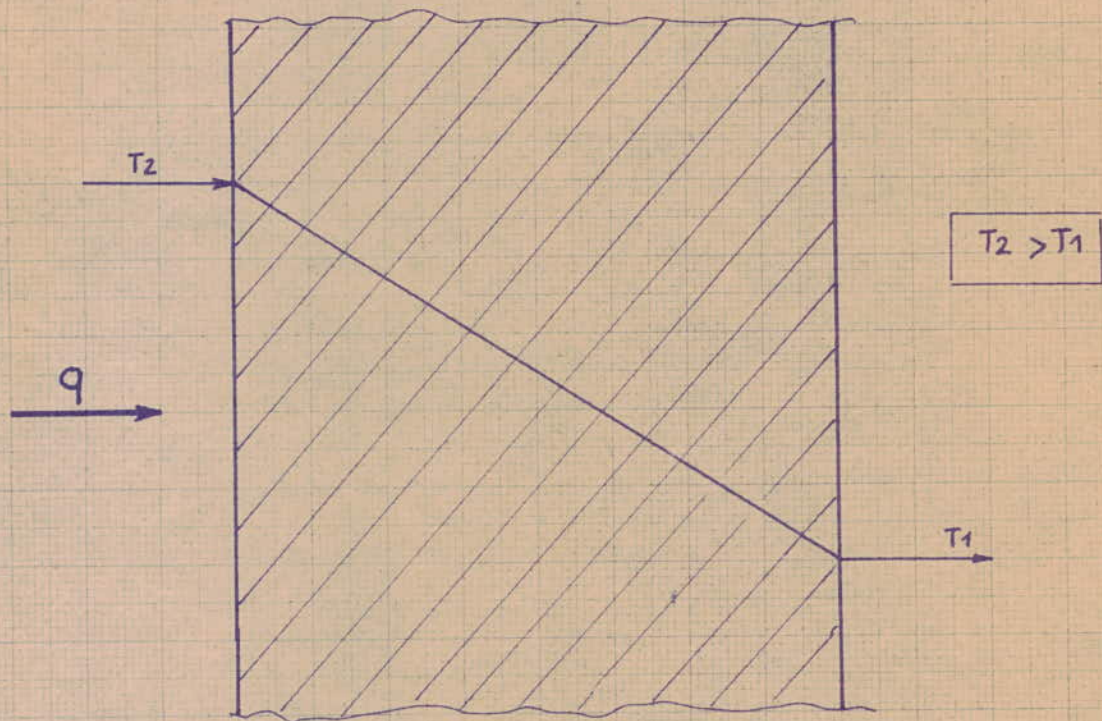


FIG (1-0)

1.2- Théorie sur l'effet JACQ : (KAISER et LUCAS)

L'image classique du transfert de chaleur à travers une paroi métallique (fig 1.1) se trouve modifiée lorsqu'on tient compte de l'effet JACQ et prend la forme de la (fig. 1.2)

La fig. 1.1 montre l'aspect du champ thermique à l'intérieur d'une paroi métallique selon la théorie classique de FOURIER.

La fig 1.2 met en évidence l'aspect nouveau du champ thermique à travers une paroi métallique et ceci dans le cas de l'existence des anomalies thermiques JACQ.

Précisons certaines notations :

t_{pcl} : température classique de la paroi sans la considération de l'effet JACQ.

t_{pr} : température réelle de la paroi en tenant compte des anomalies thermiques JACQ.

Δt_j : chute thermique due à l'effet JACQ.

Δt_c : chute thermique due à la conductibilité thermique classique.

Explications relatives à la fig; 1.2

Dans une épaisseur de paroi de 1/10 mm sur la face d'entrée du flux thermique, il apparaît, à cause de ces anomalies une chute de température 1'2' que l'on nommera chute thermique JACQ à l'entrée du flux, et qui sera notée Δt_{j1} .

Avant 2'3' nous avons une chute normale, c'est celle classique (hypothèse de FOURIER) à $\lambda = cte$, le flux traversant la plaque étant conservatif et constant. (Régime stationnaire)

A la sortie du flux thermique dans une même épaisseur (1/10 de mm) on retrouve une nouvelle chute anormale 3'4' que l'on notera Δt_{j2} .

Ces deux chutes sont proportionnelles au flux unitaire q .

$$\Delta t_{j1} = K_{j1} \cdot q \quad (1.1)$$

$$\Delta t_{j2} = K_{j2} \cdot q \quad (1.2)$$

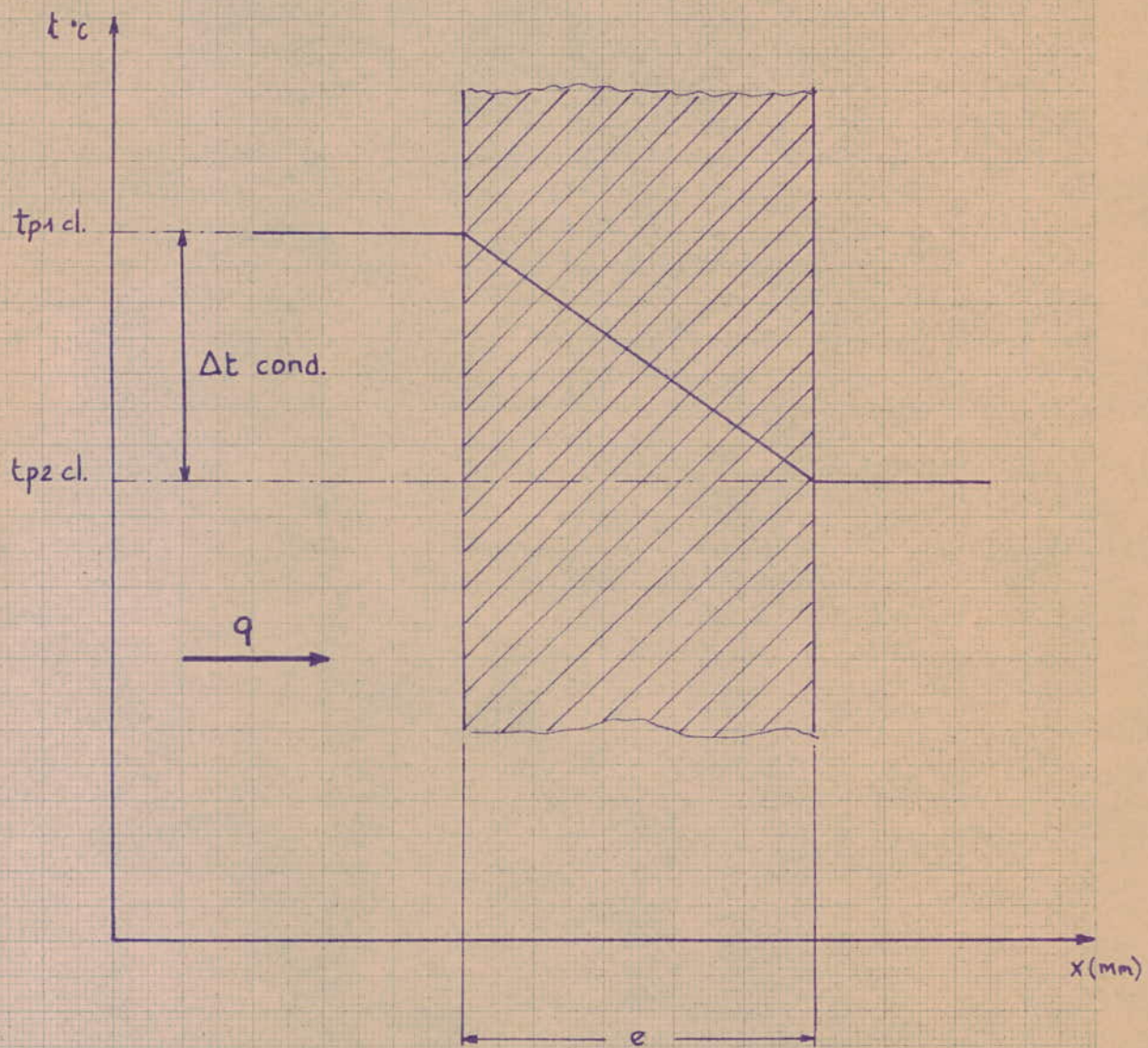


FIG (1-1)

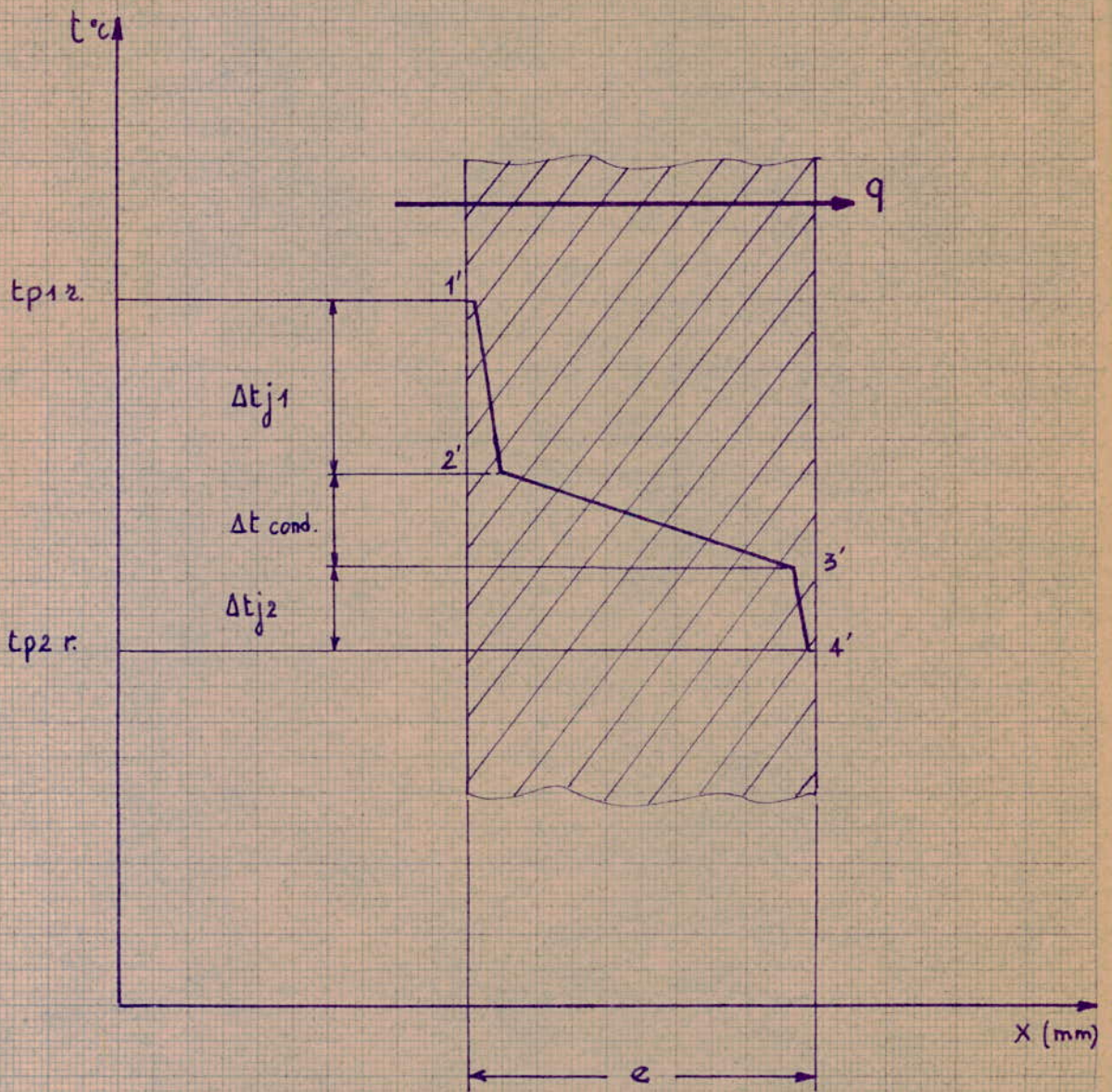


FIG.(1-2)

Les indices 1 et 2 se rapportent respectivement aux faces d'entrée et de sortie du flux q .

Les deux constantes K_{j1} et K_{j2} nommées constantes de température JACQ ont des valeurs différentes.

Elles sont tq :

$$K_{j1} > K_{j2} \quad (1.3)$$

Les chutes thermiques dues à l'effet JACQ sont très importantes et les deux constantes K_{j1} et K_{j2} dépendent de la nature des matériaux sans pour autant être très différentes.

Exemple :

La chute Δ_{tj1} pour le cuivre est équivalente à la chute thermique totale classique donnée par l'hypothèse de FOURIER, correspondante à une épaisseur de 300 mm.

Tandis que pour l'aluminium, le nickel et le fer, cette épaisseur a les valeurs respectives suivantes :
106 mm, 55 mm, 31 mm ; voir fig(1.3)

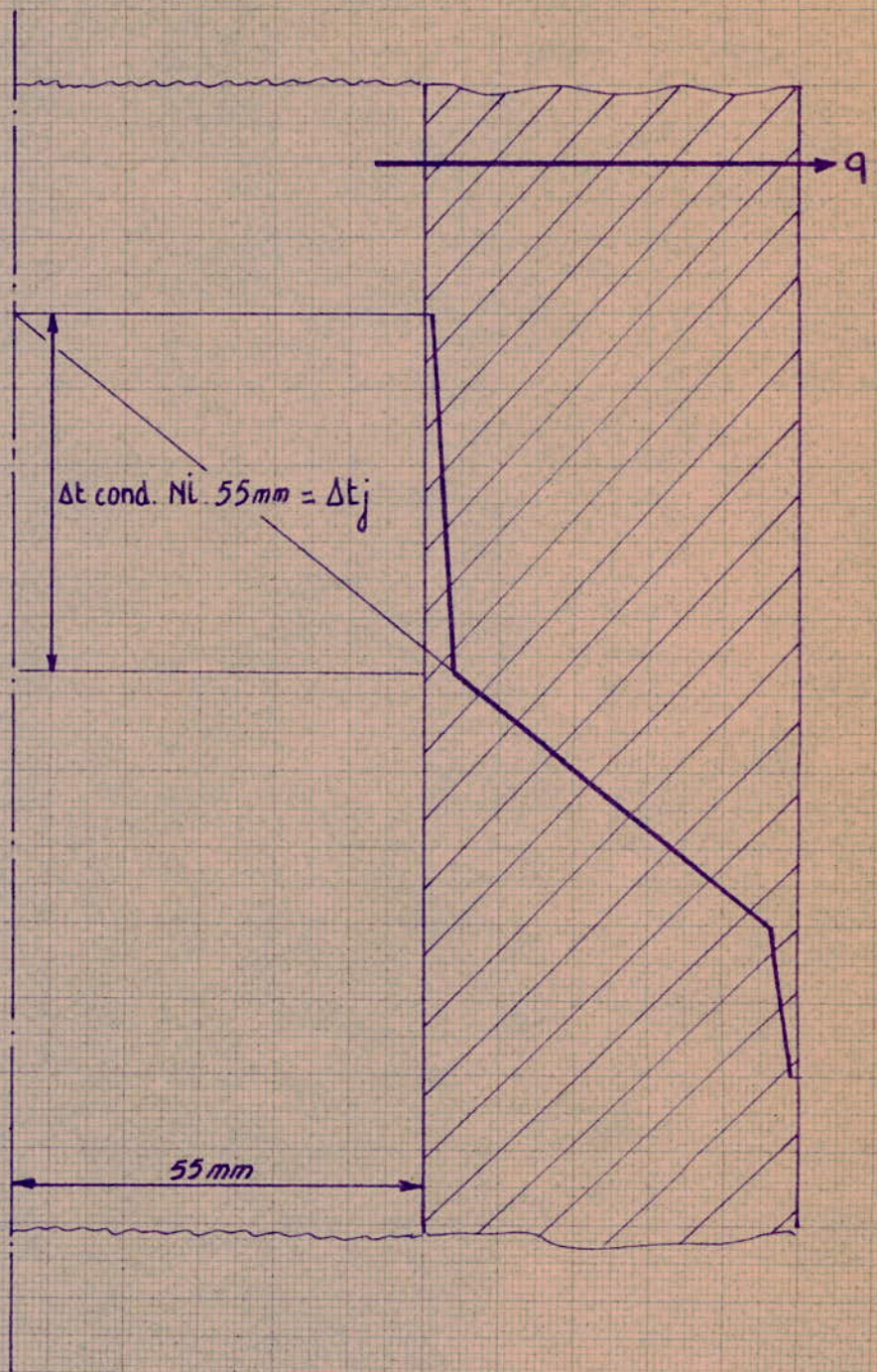


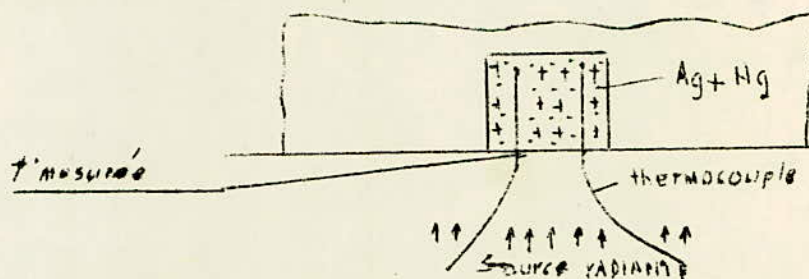
FIG. (1-3)

1-3 EXPERIENCES PRECEDENTES :

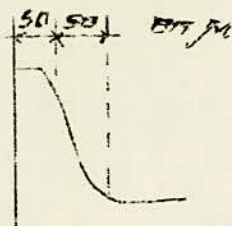
nous nous contenterons dans cette partie de rappeler brièvement les expériences faites dans ce domaine, expériences qui ont confirmé l'existence de l'anomalie thermique JACQ.

1-3-1 JEAN JACQ:

des thermocouples places dans des trous remplis d'argent et de mercure, sur la surface d'une plaque chauffée par radiation lui ont permis de constater une élévation anormale de température.



D'autre part l'expérience de la sphère en acier lui a permis de localiser la couche.

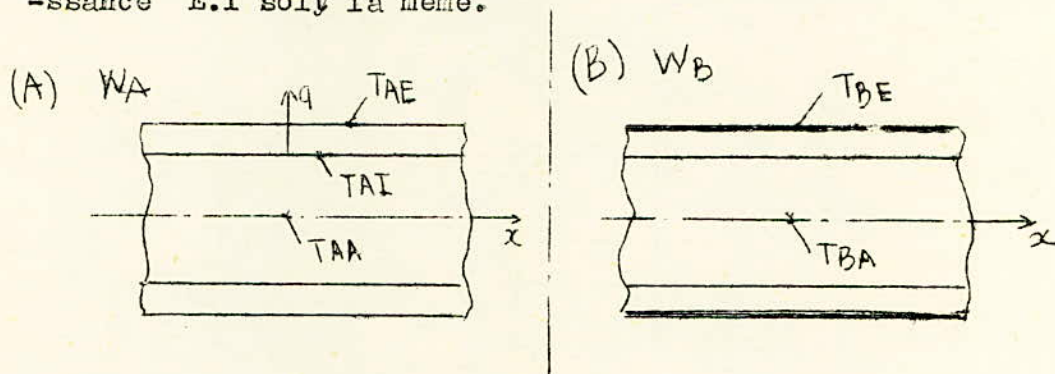


Cette première expérience a été sujette à des critiques, on pensait que l'élévation de température était provoquée par les thermocouples chauffés par radiation.

L'expérience du professeur D'ALBON mit fin aux doutes.

1-3-2 GERARD D'ALBON:

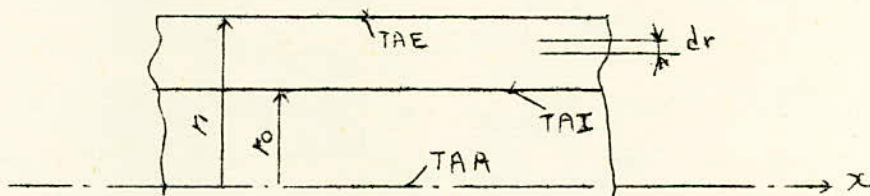
Soit deux tubes, le premier en metal le second en verre recouvert d'une mince couche metallique de même nature que que le premier. Ces deux tubes placés dans les mêmes conditions sont traversés par des courants tels que la puissance $E.I$ soit la même.



La température T_{AE} peut être aisément connue par voie de calcul après avoir mesuré T_{AA} par thermocouple.

$$T_{AA} = T_{AI}$$

une condition ^{nécessaire} de l'expérience est $\therefore \frac{\partial T}{\partial x} = 0$



Si $\lambda = \text{cste}$ et $\rho = \text{cste}$, le flux traversant la paroi est:

$$q = \int_{r_0}^{r_1} \rho j^2 \pi r dr$$

Où $\rho = \text{resistivité}$
 $j = \text{densité de courant}$

Le flux à travers un élément dr est :

$$qr = -\lambda \frac{dT}{dr} \rightarrow |dT| = \frac{qr}{\lambda} dr$$

$$\text{on a : } \quad T_{AI}' - T_{AE}' = \int_{r_0}^{r_1} dT$$

Les indices(') indiquent les resultats de calcul.
 Il s'agit de mesurer TAE pour determiner la chute JACQ
 par la comparaison du resultat de calcul fait à $\lambda = \text{cte}$ et
 des resultats expérimentaux.

$$T_{AE} = T_{BE} \text{ (mêmes conditions , même puissance)}$$

Comme à l'interieur du tube B il
 n'ya pas de flux thermique donc pas de chute thermique on a :

$$T_{BE} = T_{BA}$$

TBA étant aisément mesurable par thermocouple.

$$\text{On a alors : } \quad T_{BA} = T_{BE} = T_{AE}'$$

Finalement on peut faire la comparaison :

$$(T_{AA} - T_{AE}) - (T_{AI}' - T_{AE}') = q_j \cdot K_{j2}$$

q_j : flux qui traverse la couche JACQ

K_{j2} : resistance de la couche JACQ

Dans l'epaisseur de la couche metallique deposée
 la chute thermique existe mais elle est négligeable à cause
 de l'epaisseur tres faible de cette couche (1μ à 2μ).

1-4 BUT DES RECHERCHES :

_ Etudier le comportement de l'effet JACQ lorsque l'épaisseur du métal est de l'ordre de grandeur de l'épaisseur supposée des couches JACQ .

_ Etablir une méthode (un appareil) pour mesurer les résistances thermiques de contact dans le domaine où l'anomalie thermique JACQ intervient.

L'installation réalisée en vue de procéder a des mesures précises de l'effet JACQ et des résistances thermiques de contact est inspirée de celles déjà faites en Italie et en Roumanie. voir planche jointe.

2.1 Sources :

Notre premier souci est d'obtenir un flux thermique constant. Ceci peut-être réalisé si les températures et les débits le sont.

Source chaude :

Elle est réalisée à l'aide d'un thermostat dont la pompe permet une circulation d'eau chaude à débit constant.

Source froide :

L'eau courante traverse un régulateur de débit et passe dans un serpentin plongé dans un grand bac d'eau (température ambiante), par ce système la variation de température à la sortie de la pièce n'excède point $0,25^{\circ}\text{C}$ en 4 heures. Ce qui nous paraît suffisant, les régimes stationnaires étant obtenus en moins de 3 h.

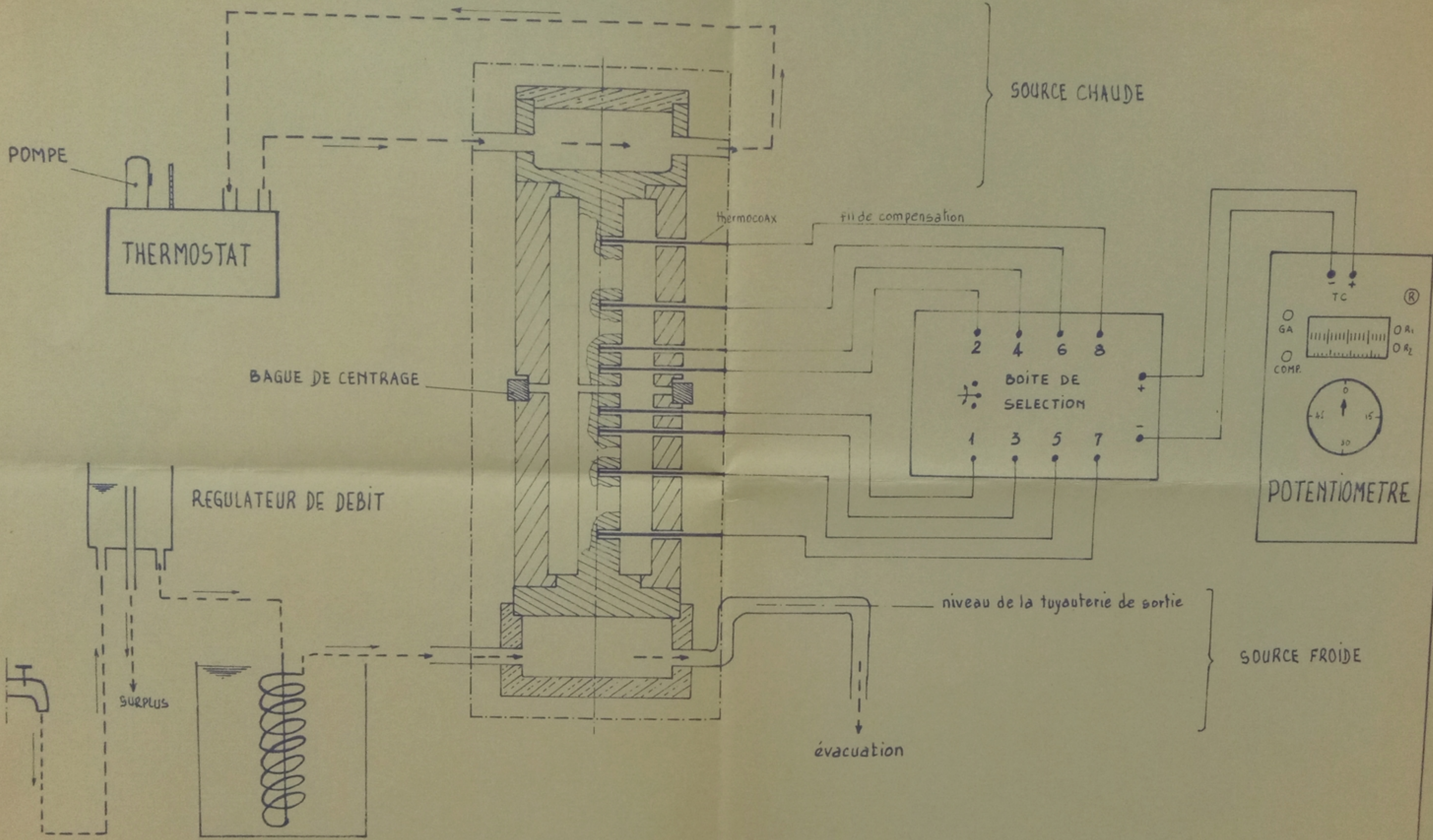
2.2 Disposition :

La pièce est maintenue en position verticale. Pour éviter la circulation de l'air à l'intérieur de l'anneau de garde, nous avons été amenés à placer la source froide au-dessous de la chaude. (dans le cas contraire l'air chaud monterait et pourrait être à l'origine de quelque perturbation de régime).

2.3 Isolation :

Les températures auxquelles nous opérons étant supérieures à celle du milieu ambiant, il se pose alors le problème des pertes de chaleur vers l'extérieur.

FR100774



- - - - - circuit d'eau
 - - - - - isolation

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE (ALGER 10^e)
 SCHEMA DE L'INSTALLATION
 POUR L'ETUDE DE L'EFFET JACK
 JUIN 1974

2.3.1

Un anneau de garde permet de conserver le flux et de diminuer les fuites par les thermocoax ; en effet les gaines de ceux-ci risqueraient de transporter de la chaleur vers l'extérieur.

2.3.2

Une deuxième couche isolatrice en polystyrène expansé et de la laine de verre permettent de réduire au maximum les pertes.

2.3.3

La tuyauterie reliant le thermostat à la source chaude est recouverte d'amiante.

2.4

Mesures de température :

Les mesures de température sont faites au moyen de thermocoax d'un millimètre de diamètre. Les températures mesurées n'excèdent pas 300°C, nous avons pris un couple en chromel-alumel.

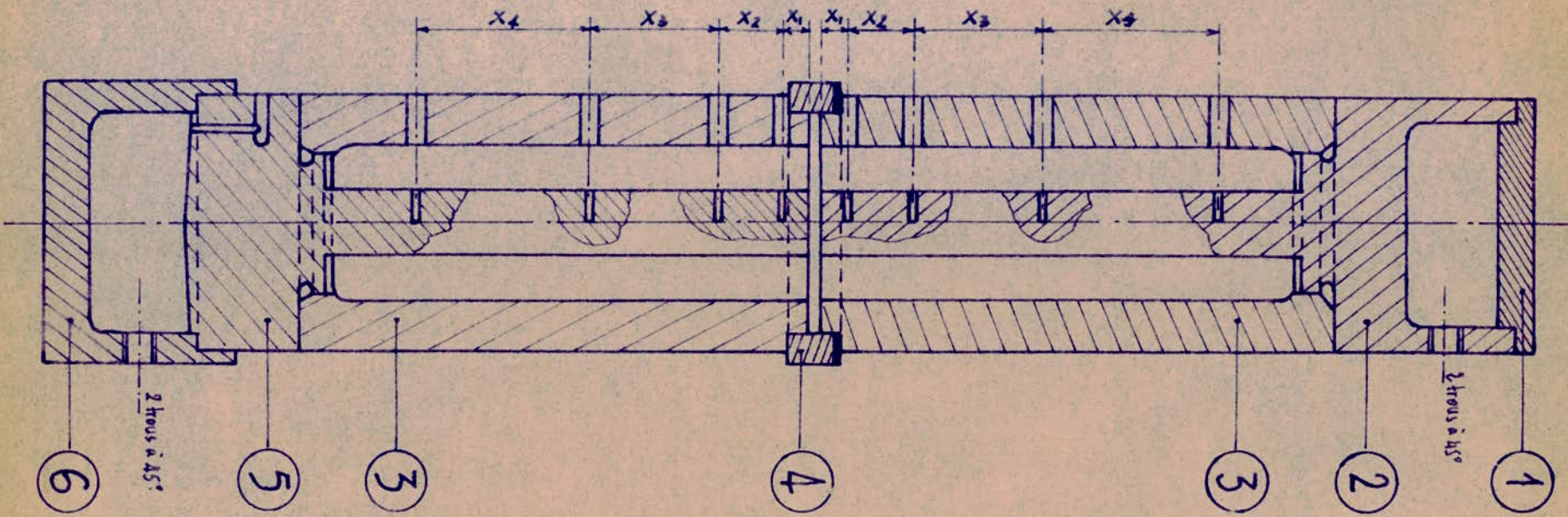
Ces thermocoax sont placés dans des trous de 1mm de diamètre et de 5 mm de profondeur de telle sorte à prendre la température à l'axe de la pièce.

2.5

Pression :

La pression d'accouplement est celle due au poids de la partie supérieure de la pièce.

Les surfaces de contact sont rodées.



Distances entre les
Hornocox :

- $x_1 = 4 \text{ mm}$
- $x_2 = 10 \text{ mm}$
- $x_3 = 20 \text{ mm}$
- $x_4 = 27 \text{ mm}$

⑥	1	Acier doux		couvrete
⑤	1	Acier doux	surface de contact rodée	Pièce d'essai
④	1	Acier doux		bague de centrage
③	2	Acier doux	surface de contact rodée	anneaux de garde
②	1	Acier doux	surface de contact rodée	Pièce d'essai
①	1	Acier doux		couvrete
Repère	nbre	Matière	observations	Designation

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE (ALGER 10°)

— ENSEMBLE MONTÉ POUR
L'ÉTUDE DE L'EFFET JACK —

Dept. de Mécanique
JUN 1974
Echelle 1

Les deux premières expériences faites sur le papier à cigarettes constituent une étape qui nous permettra par la suite de déterminer aisément la somme des constantes de JACQ pour chacun des trois métaux sur lesquels nous ferons la recherche.

Comme il est impossible de déterminer d'une manière directe la somme $K_{j1} + K_{j2}$ pour une plaque de métal donné, nous plaçons celle-ci entre deux feuilles de papier et nous mesurons alors une résistance thermique totale :

$$R_t = 2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}} + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{métal}}$$

Où

$2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}}$ est déterminée par les deux premières expériences.

Nous avons finalement

$$(K_{j1} + K_{j2})_{\text{métal}} = R_t - (2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}})$$

Pour chaque expérience nous ferons les calculs suivants :

1°) Calcul du flux :

$$q = - \lambda \frac{\Delta T}{\Delta L} \quad \text{en Kcal / m}^2 \cdot \text{h}$$

Nous prendrons le gradient de température entre les points 1 et 7 soit $\Delta L = 57 \text{ mm}$

La conductibilité pour l'acier d'aujourd'hui est :

$$\lambda = 39,4 \text{ Kcal/m.h.}^\circ\text{C}$$

2°) Calcul de la résistance totale :

3.2

$$R_t = \frac{\Delta T_{1-2}}{q} \quad \text{en m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$$

ΔT_{1-2} est la chute de température entre les points 1 et 2 (à l'axe) voir schéma page suivante

3°) Détermination de la somme $(K_{j1} + K_{j2})_{\text{métal}}$

$$(K_{j1} + K_{j2})_{\text{métal}} = R_t - \{ 2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}} \}$$

Où

R_p est la résistance d'une feuille de papier à cigarette dont l'épaisseur est $e = 23 \mu$

On notera durant tous nos travaux :

$$R_{t2} = 2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}}$$

3.1 Détermination de $2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}}$

l'expérience donne : (graphe 2)

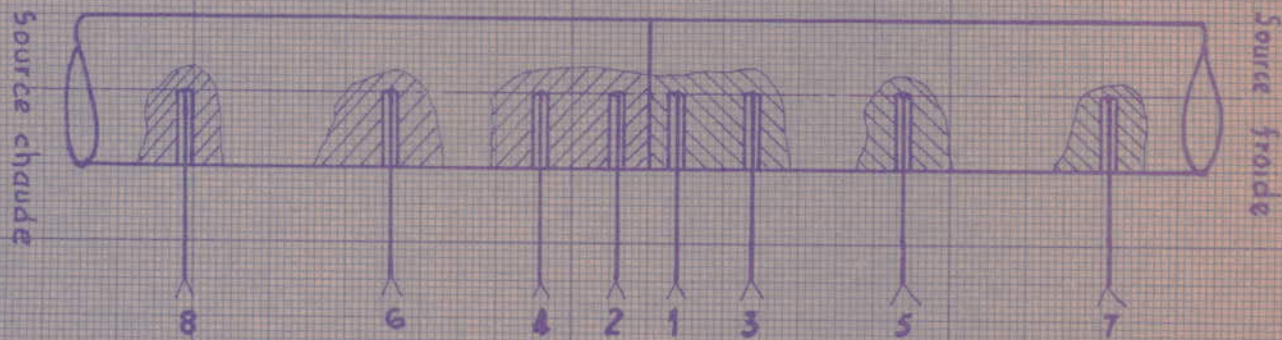
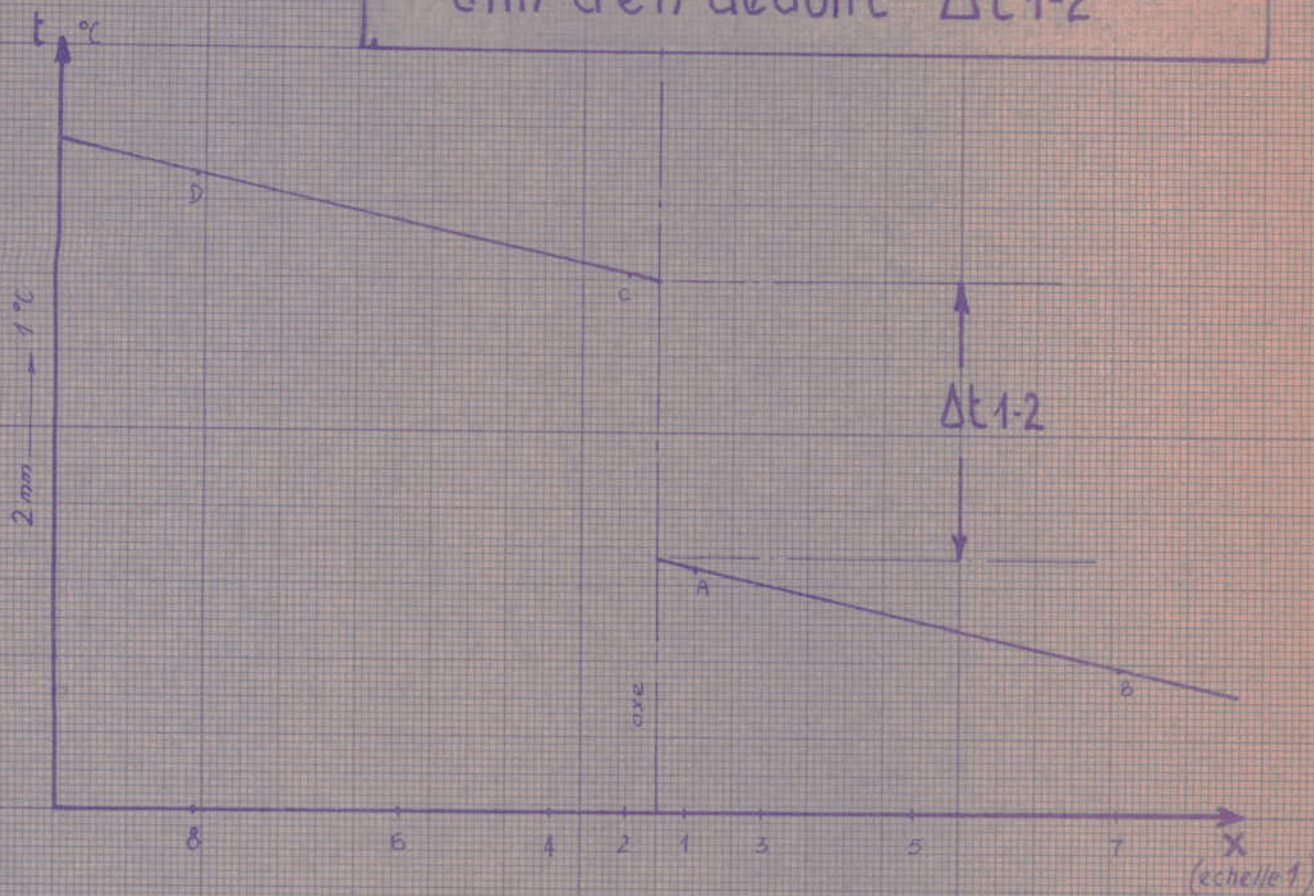
$$\Delta T_{1-2} = 9^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 14,75^\circ\text{C}$$

Le flux de chaleur sera :

$$q = - 39,4 \cdot \frac{14,75}{57 \cdot 10^{-3}} = -10,195 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

Méthode pour tracer $t = f(x)$
afin d'en déduire Δt_{1-2}



NB: Remarquer la prolongement des
droites AB et CD jusqu'à l'axe

La résistance totale est :

$$R_{t2} = 2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}} = \frac{\Delta T_{1-2}}{|q|}$$

$$= \frac{9}{10,195} \cdot 10^{-3} = 0,8827 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C} / \text{Kcal}$$

$$R_{t2} = 2R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}} = 0,8827 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C} / \text{Kcal}$$

Calcul de la résistance du papier :

Pour une seule feuille l'expérience donne une chute $\Delta T_{1-2} = 6,75^\circ \text{C}$
 tan dis que $\Delta T_{1-7} = 16,75^\circ \text{C}$

On a alors :

$$|q| = + \frac{39,4}{57 \cdot 10^{-3}} \cdot 16,75 = 11,578 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

Ce qui donne une résistance de :

$$R_{t1} = \frac{\Delta T_{1-2}}{|q|} = \frac{6,75}{11,578} \cdot 10^{-3} = 0,5829 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C} / \text{Kcal}$$

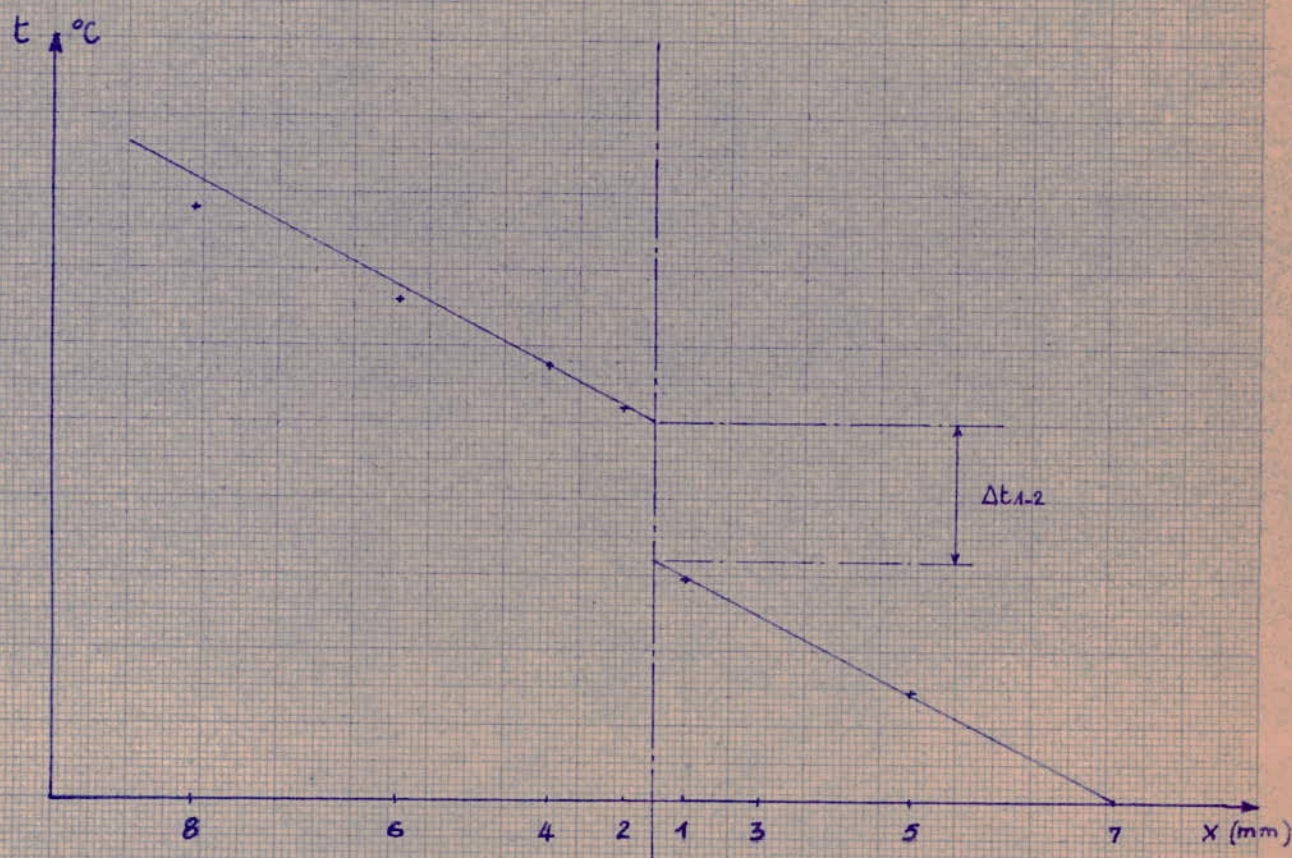
$$= R_p + (K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}}$$

les deux équations :

$$R_{t2} = 2R_p + (K_{j1} + k_{j2})_{\text{acier}}$$

$$R_{t1} = R_p + (K_{j1} + k_{j2})_{\text{acier}}$$

Repères thermo-couples	1	2	3	4	5	6	7	8
F.E.M en MV	4,83 1,75	2,19	1,65	2,29	1,47	2,50	1,15	2,70
Temp. en °C	43,50	29,75	41,00	54,25	36,75	61,75	28,75	66,50



Graph n°2: chute correspondant à 2 feuilles de papier à cigarette d'épaisseur $e = 46 \mu$
régime stationnaire établi au bout de 1h30mn

échelle : 2 mm correspondent à 1°C

donnent :

3.4

$$R_{t2} - R_{t1} = R_p = 0,2997 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

ce qui permet d'obtenir $(K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}}$

$$(K_{j1} + K_{j2})_{\text{acier}} = R_{t2} - 2R_p = R_{t1} - R_p$$

$$= 0,2832 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

3.2.1. Epaisseur e = 80 μ graphe C0

$$\Delta T_{1-2} = 16^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 14,25^{\circ}\text{C}$$

a) flux thermique :

$$q = + \lambda \left| \frac{\Delta T_{1-7}}{\Delta L} \right| = +39,4 \cdot \frac{6,75}{57 \cdot 10^{-3}} = 9,8499 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2\text{h}$$

b) résistance totale :

$$R_t = \frac{\Delta T_{1-2}}{q} = 1,624 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

c) somme ($K_{j1} + K_{j2}$) :

$$\begin{aligned} K_{j1} + K_{j2} &= R_t - R_{t2} = (1,624 - 0,8827) \cdot 10^{-3} \\ &= 0,741 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal} \end{aligned}$$

Les mêmes calculs se répètent pour toutes les expériences, nous ne donnerons que les résultats :

3.2.2. Epaisseur e = 100 μ graphe C1

$$\Delta T_{1-2} = 15^{\circ}\text{C}$$

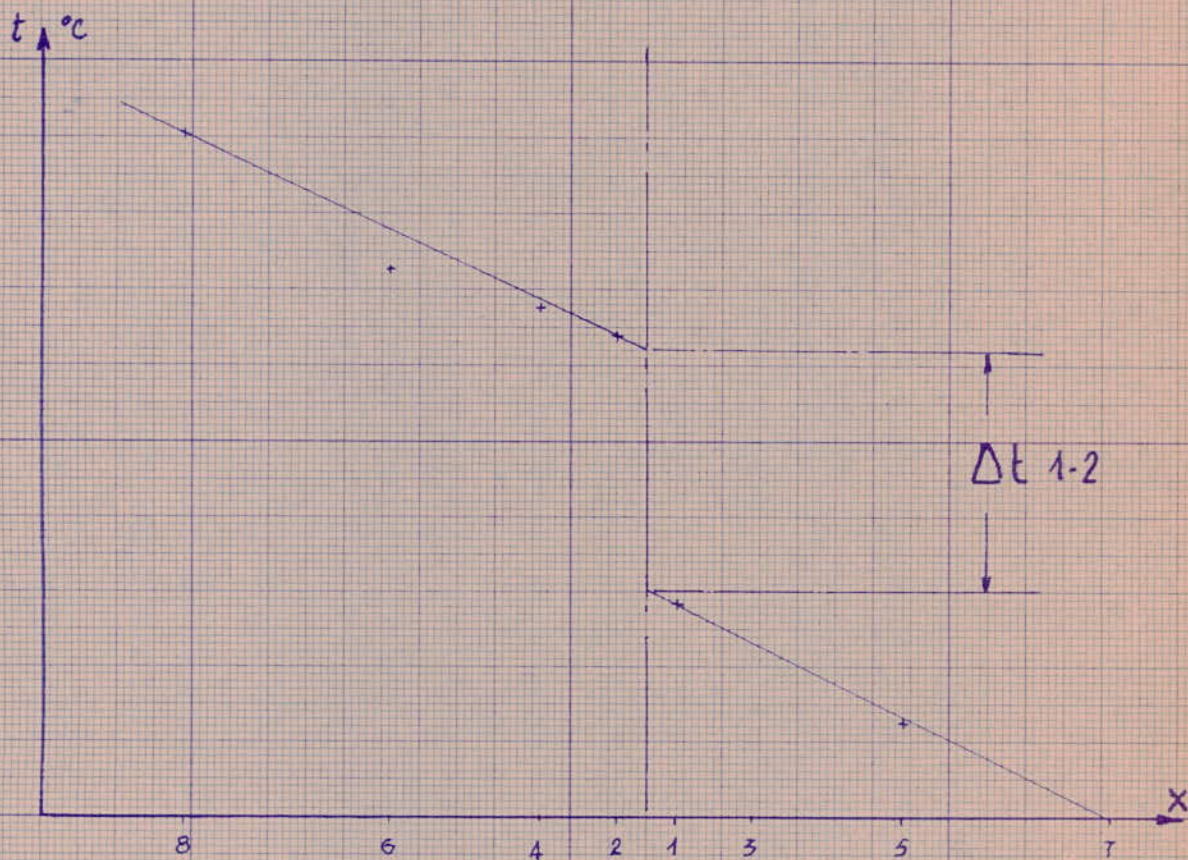
$$\Delta T_{1-7} = 13,75^{\circ}\text{C}$$

a) $q = 9,5040 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2\text{h}$

b) $R_t = 1,578 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 0,695 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

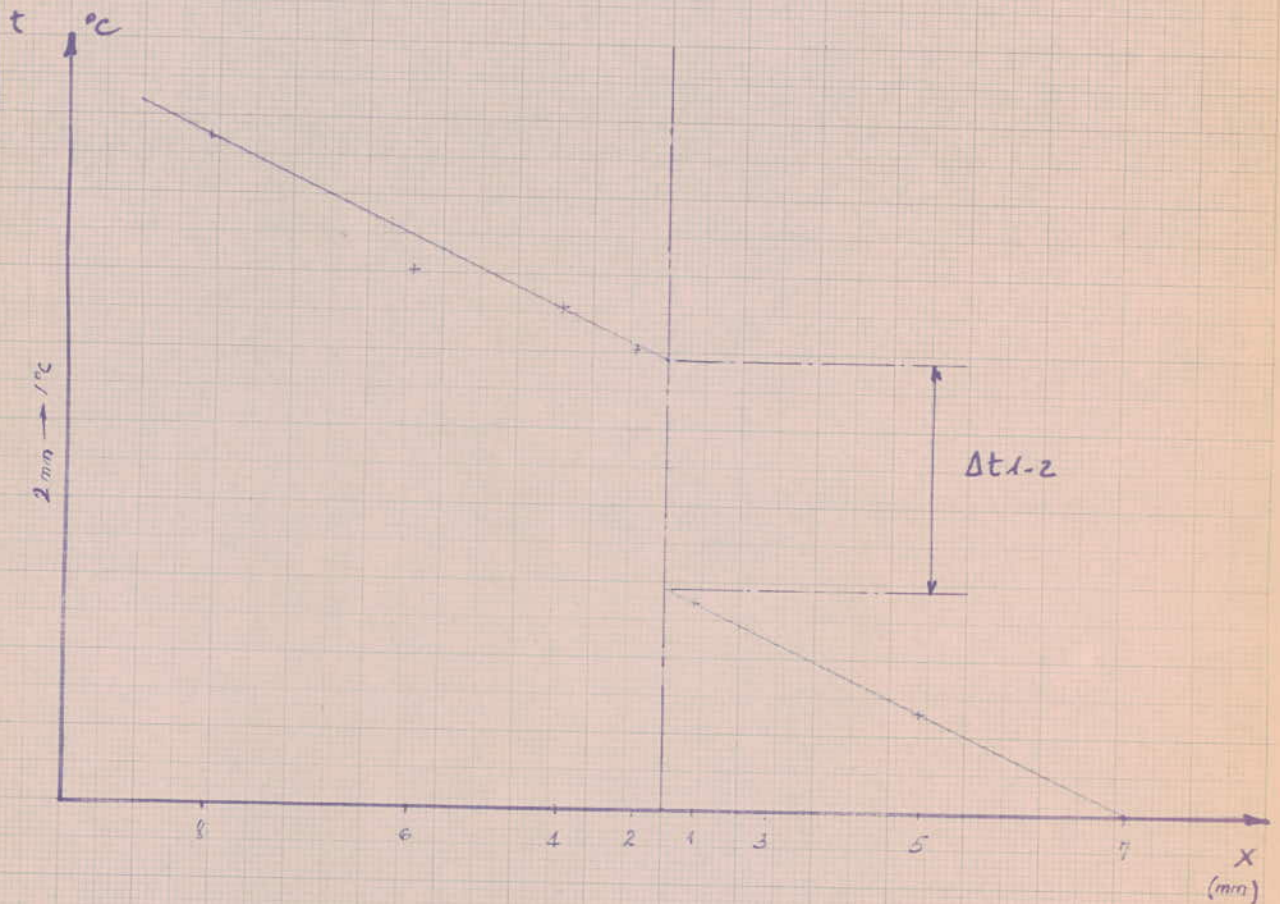
Repère thermocoAx	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,05	2,78	}	2,86	1,72	2,96	1,47	3,33
Température en °C	50,75	68,50		70,25	42,75	72,75	36,50	81,75



Graphe: Co

Cuivre $e = 80 \mu$

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,28	2,28	1,50	2,38	1,30	2,48	1,04	2,84
Température en °C	39,75	56,25	37,25	59,00	32,50	61,25	26,00	69,75



Graph : C1

Chute correspondant à une feuille de cuivre
d'une épaisseur de 100μ

3.2.3 Epaisseur e = 125' graphe C1a

$$\Delta T_{1-2} = 21^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } q = 6,9122 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,038 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,155 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

3.2.4 Epaisseur e = 130' graphe C1b

$$\Delta T_{1-2} = 23^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 9^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } Q = -6,221 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,697 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,814 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

3.2.5 Epaisseur e = 150' graphe C2

$$\Delta T_{1-2} = 19,25^{\circ}\text{C}$$

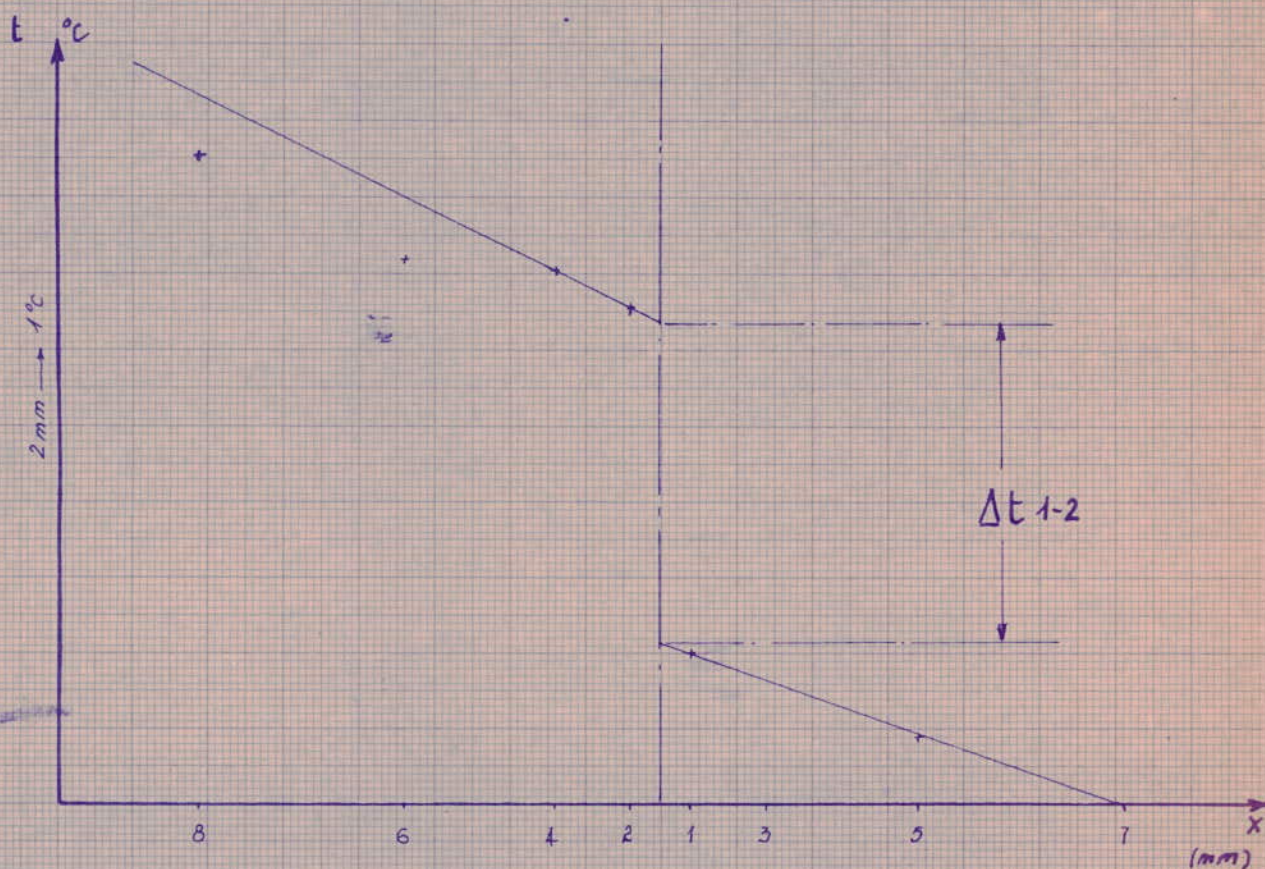
$$\Delta T_{1-7} = 12,25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } q = -8,460 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,273 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,390 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

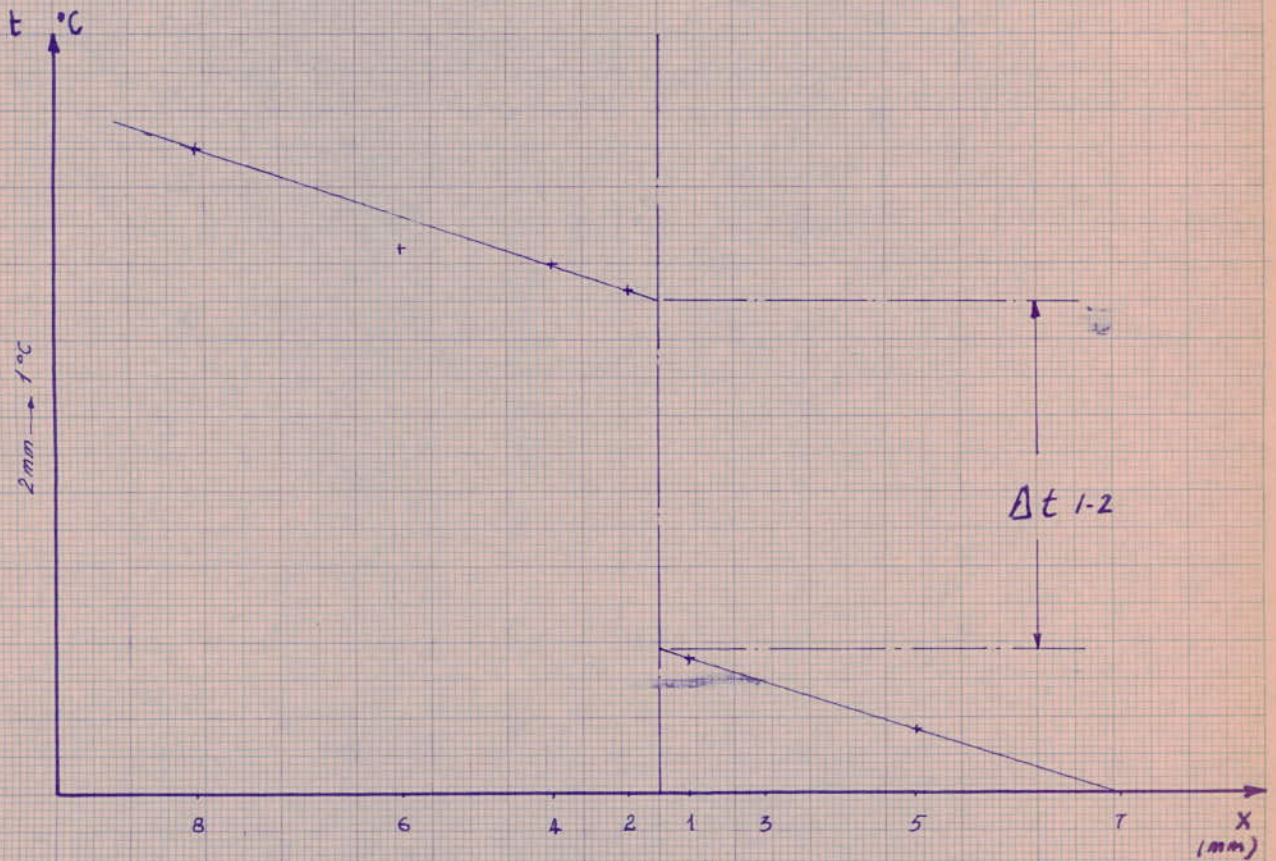
Repère thermocodax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,48	2,42	1,40	2,51	1,25	2,53	1,07	2,82
Température en °C	36,75	59,50	35,00	62,00	31,25	62,50	26,75	69,50



Graphe C1(a)

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'une épaisseur de 125μ

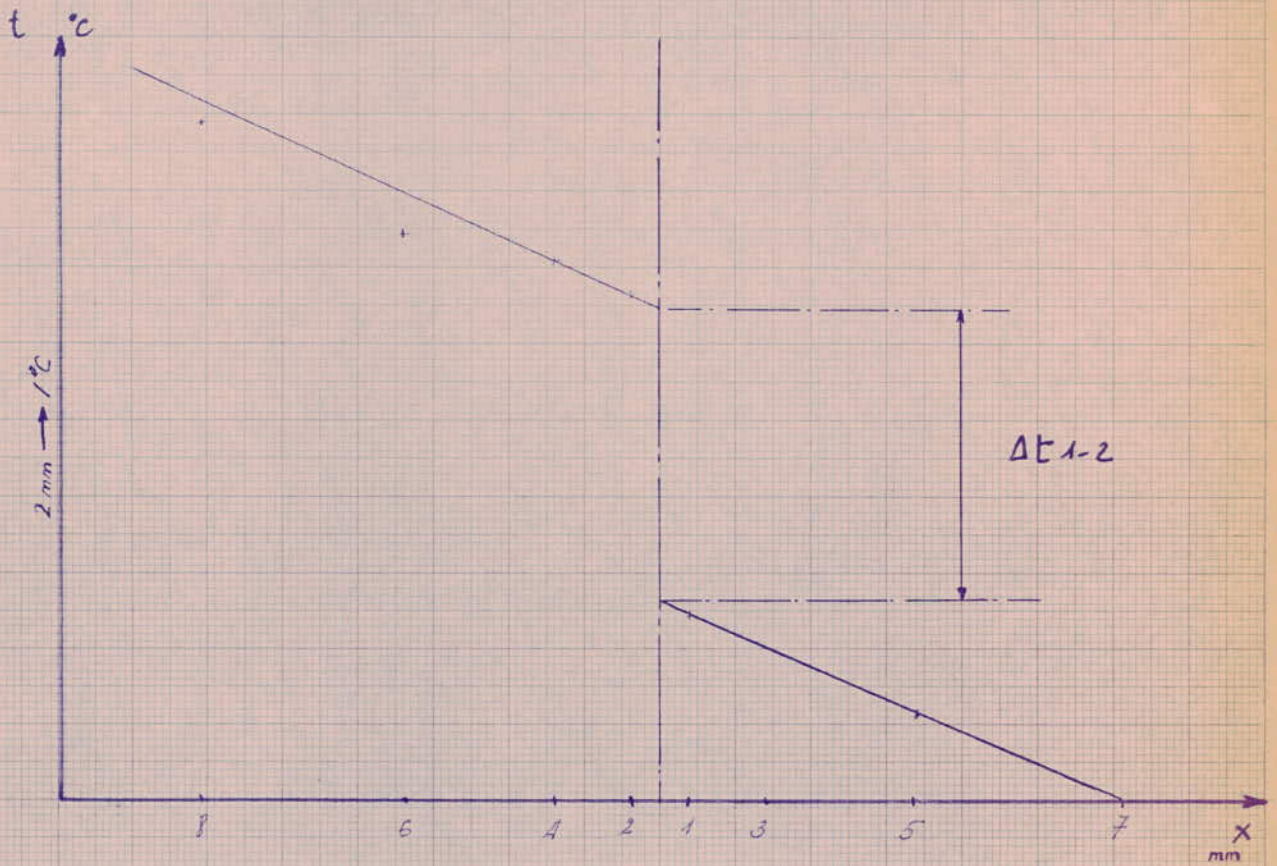
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,42	2,42	1,35	2,49	1,23	2,53	1,06	2,80
Température en °C	35,50	59,75	33,75	61,50	30,75	62,50	26,50	69,00



Graphe C1 (b)

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'une épaisseur de 130μ

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolte	1,52	2,38	1,43	2,48	1,25	2,55	1,02	2,85
Température en °C	37,75	58,75	35,75	61,00	31,25	62,80	25,50	70,00



Graphe : C2

Chute correspondant à 1 feuille de Cuivre
d'épaisseur 150μ

3.2.6 Epaisseur e = 200 μ graphe C2a

$$\Delta T_{1-2} = 20,50^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } q = -7,085 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,893 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,010 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.2.7 Epaisseur e = 250 μ graphe C2b

$$\Delta T_{1-2} = 23,50^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } q = -6,9122 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,399 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,517 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.2.8 Epaisseur e = 330 μ graphe C3

$$\Delta T_{1-2} = 17,75^\circ \text{C}$$

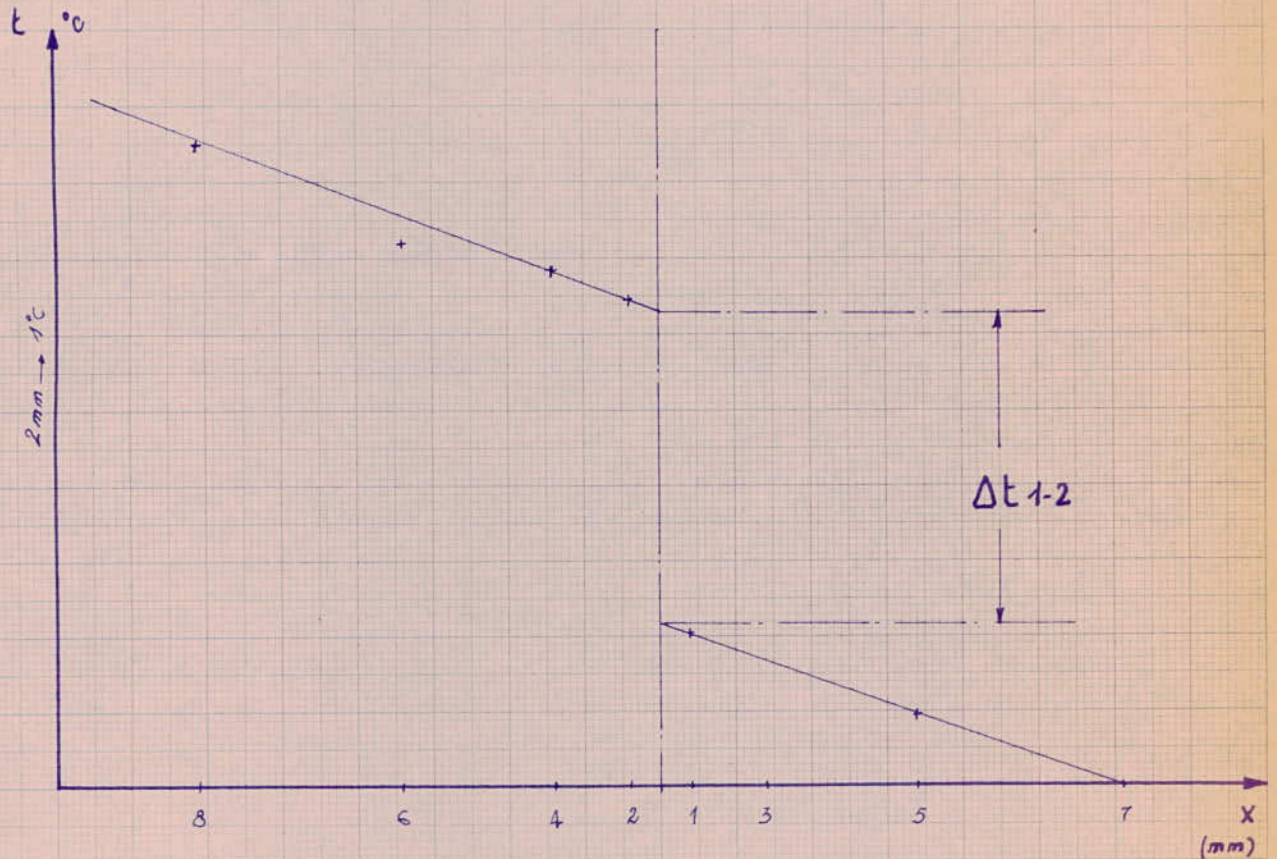
$$\Delta T_{1-7} = 12,75^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } q = -8,813 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,131 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

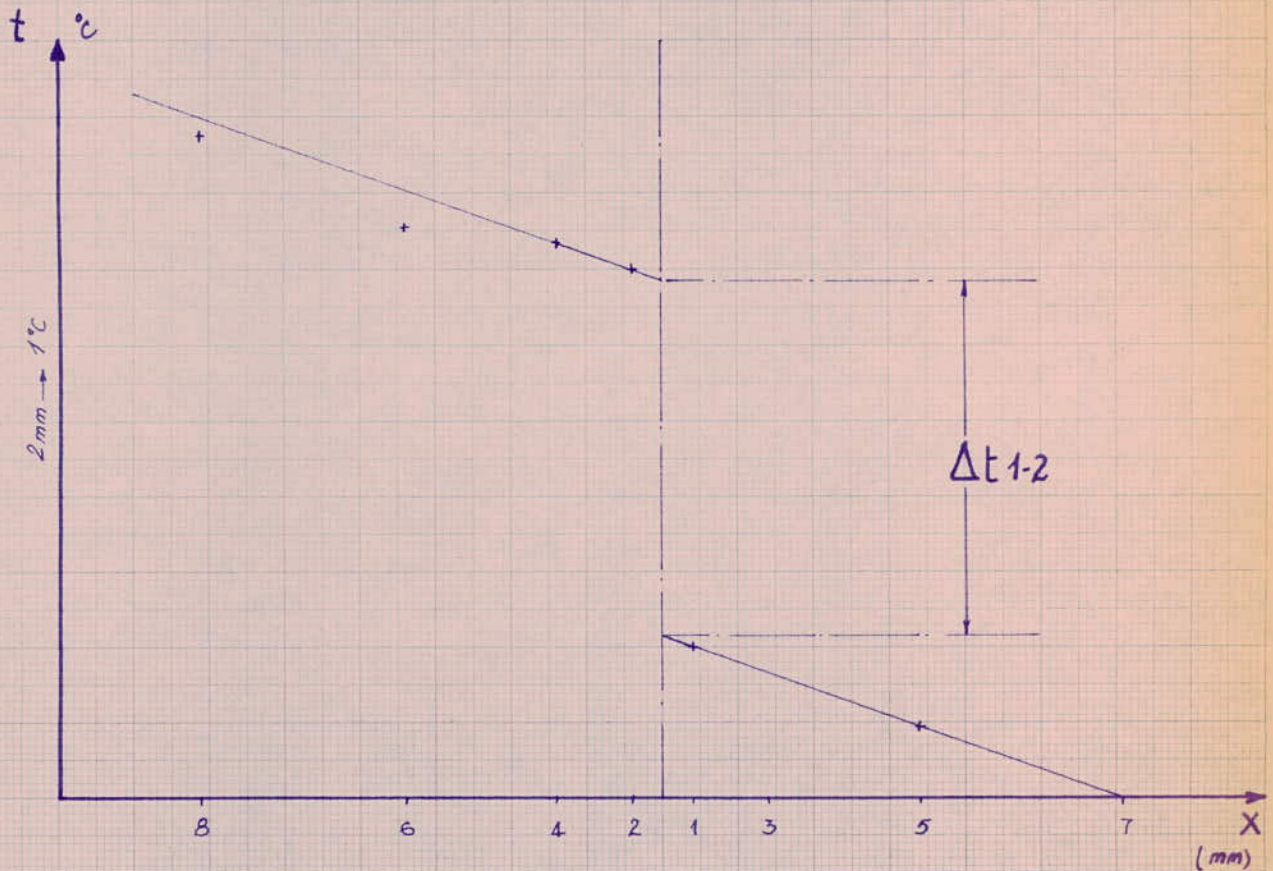
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,46	2,37	1,39	2,45	1,24	2,52	1,05	2,79
Température en °C	36,50	58,50	34,75	60,50	31,00	62,25	26,25	68,75



Graph C2 (a)

Chute correspondant à un feuille de Cuivre
d'une épaisseur de $200\ \mu$

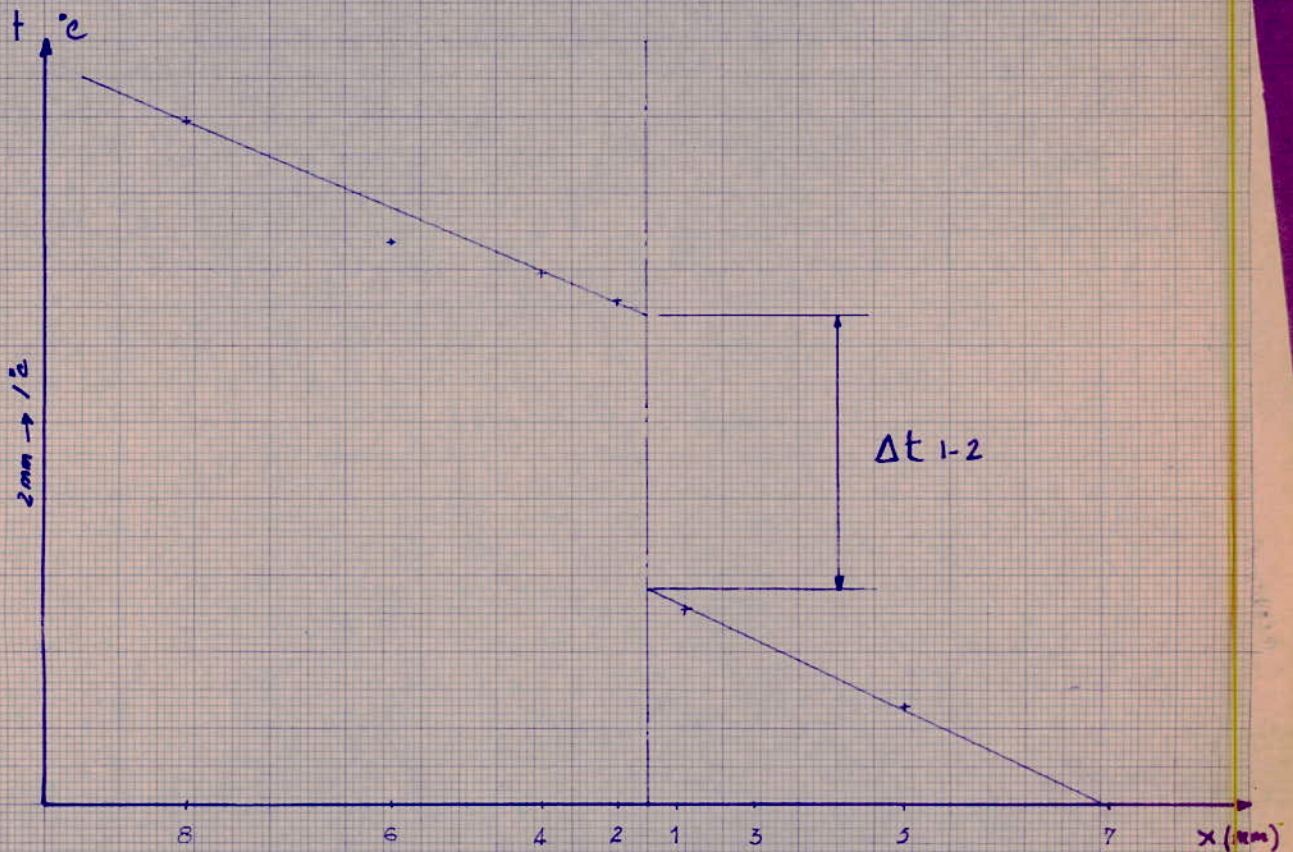
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,43	2,46	1,36	2,53	1,22	2,58	1,05	2,83
Température °C	35,75	60,75	34,00	62,50	30,50	63,50	25,75	69,50



Graphe C2 (b)

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'une épaisseur de 250μ .

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,51	2,34	1,43	2,41	1,25	2,49	0,99	2,82
Température en °C	37,50	57,75	35,75	59,50	31,25	61,50	24,75	69,50



Graph : C3

Chute correspondant à 1 feuille de Cuivre
d'épaisseur 330 μ

3.2.9 Epaisseur e = 390 μ graphe C3a

$$\Delta T_{1-2} = 25,25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,75^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } q = -7,430 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,398 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,515 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.2.10 Epaisseur e = 450 μ graphe C4

$$\Delta T_{1-2} = 23,75^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } q = 7,085 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_T = 3,352 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,469 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.2.11 Epaisseur e = 500 μ graphe C5

$$\Delta T_{1-2} = 25,50^\circ \text{C}$$

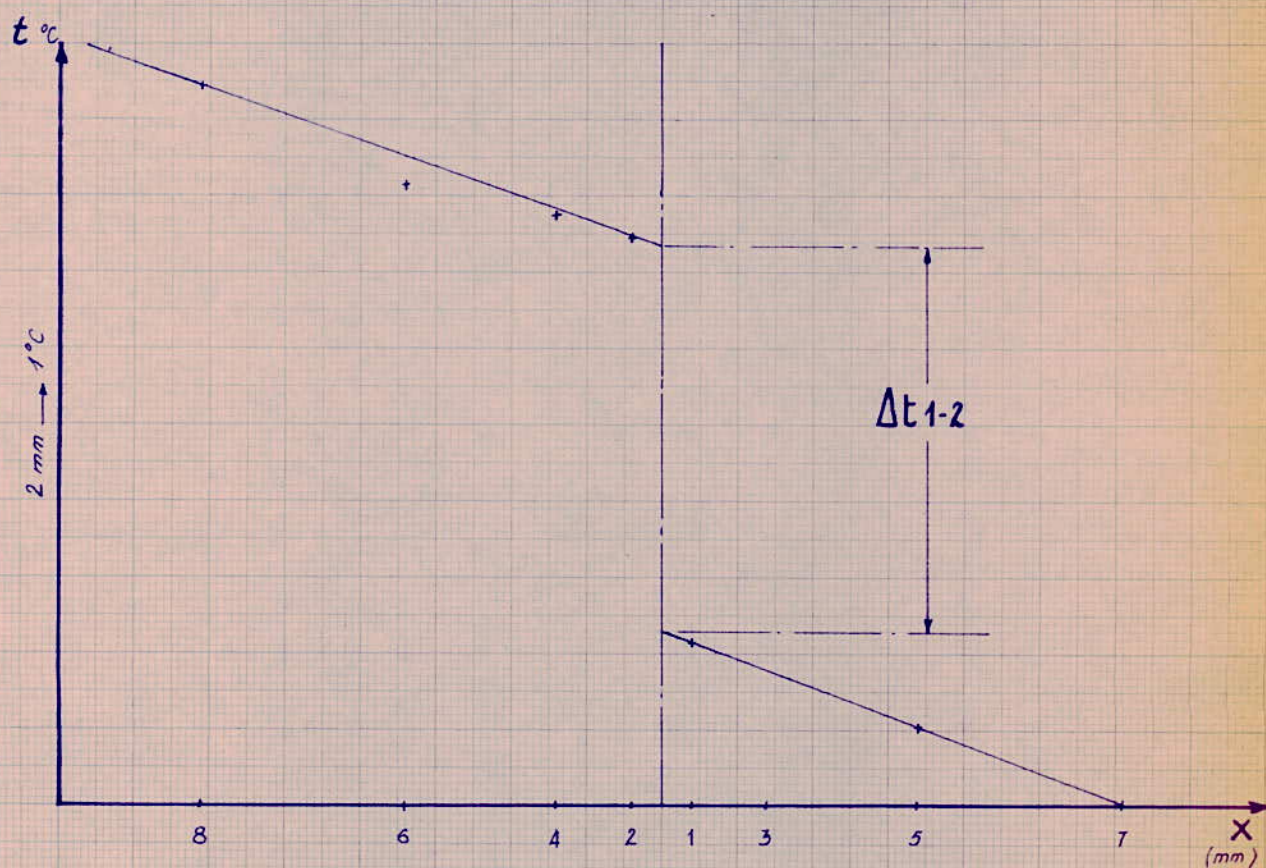
$$\Delta T_{1-7} = 9,50^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } q = 6,566 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,883 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 3,000 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

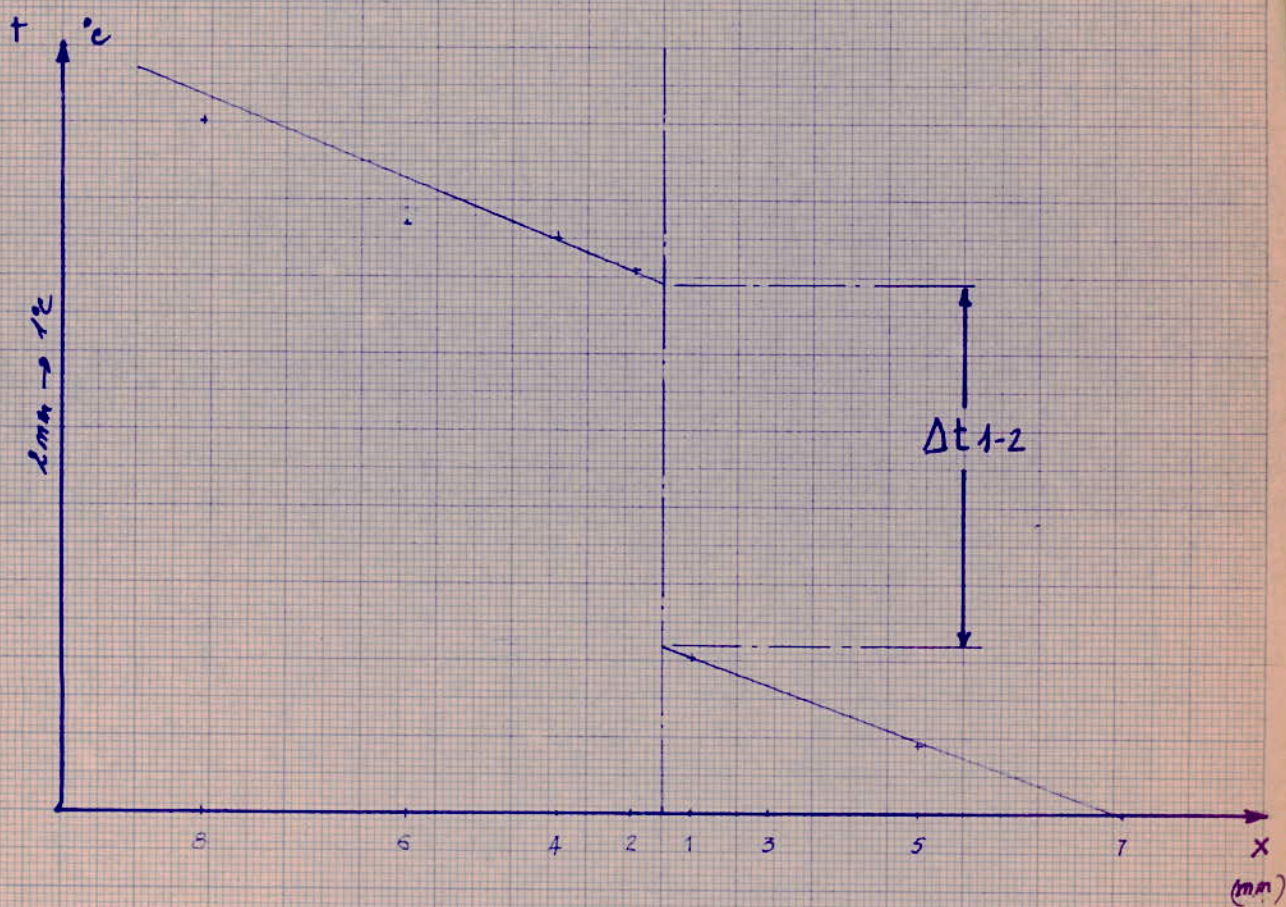
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,46	2,56	1,39	2,62	1,24	2,70	1,03	2,97
Température °C	36,50	63,00	34,75	64,50	31,00	66,50	25,75	73,00



Graph C3 (a)

Chute correspondant à une feuille de Cu
d'une épaisseur de $390\ \mu$

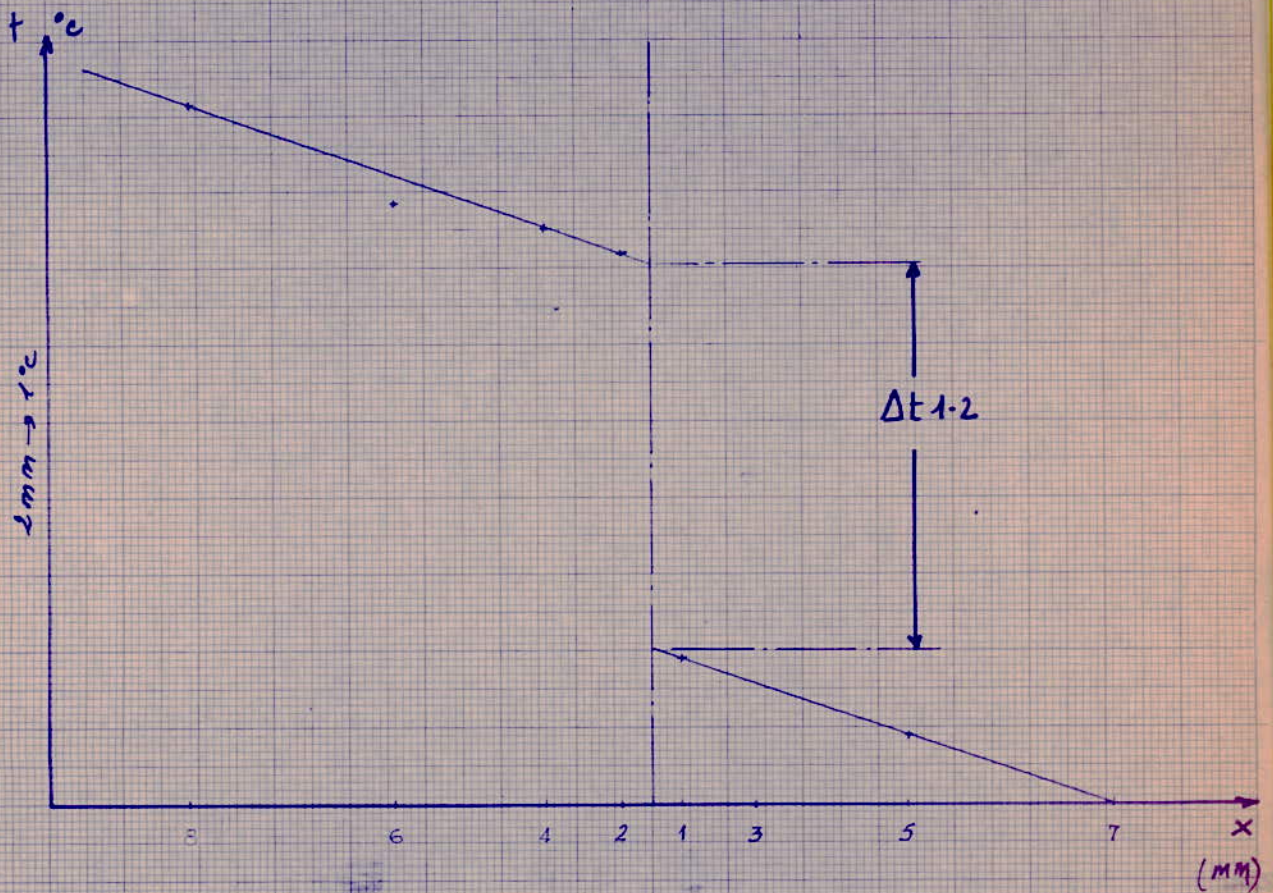
Repère thermo coax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,41	2,45	1,32	2,53	1,18	2,58	1,00	2,85
température °C	35,25	60,50	33,00	62,50	29,50	63,50	25,00	70,00



Graphe : C 4

Chute correspondant à 1 feuille de Cuivre
d'épaisseur 450 μ

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,39	2,48	1,32	2,56	1,19	2,62	1,01	2,19
Température °C	34,75	61,25	33,00	62,75	29,75	64,50	25,25	71,00



Graph: C 5

Chute correspondant à une feuille de cuivre
d'épaisseur 500 μ

3.2.12 Epaisseur e = 140 μ Graphe C6

$$\Delta T_{1-2} = 11^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 8,75^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } q = 6,0482 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 1,818 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 0,936 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$$

3.2.13 Epaisseur e = 165 μ Graphe C7

$$\Delta T_{1-2} = 11,75^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 8,25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } q = 5,7026 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,060 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,177 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

3.2.14 Epaisseur e = 185 μ Graphe C8

$$\Delta T_{1-2} = 17,75^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,75^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } q = 7,4307 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,388 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,506 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$$

3.2.15 Epaisseur e = 225 μ Graphe C9

$$\Delta T_{1-2} = 13,50^{\circ}\text{C}$$

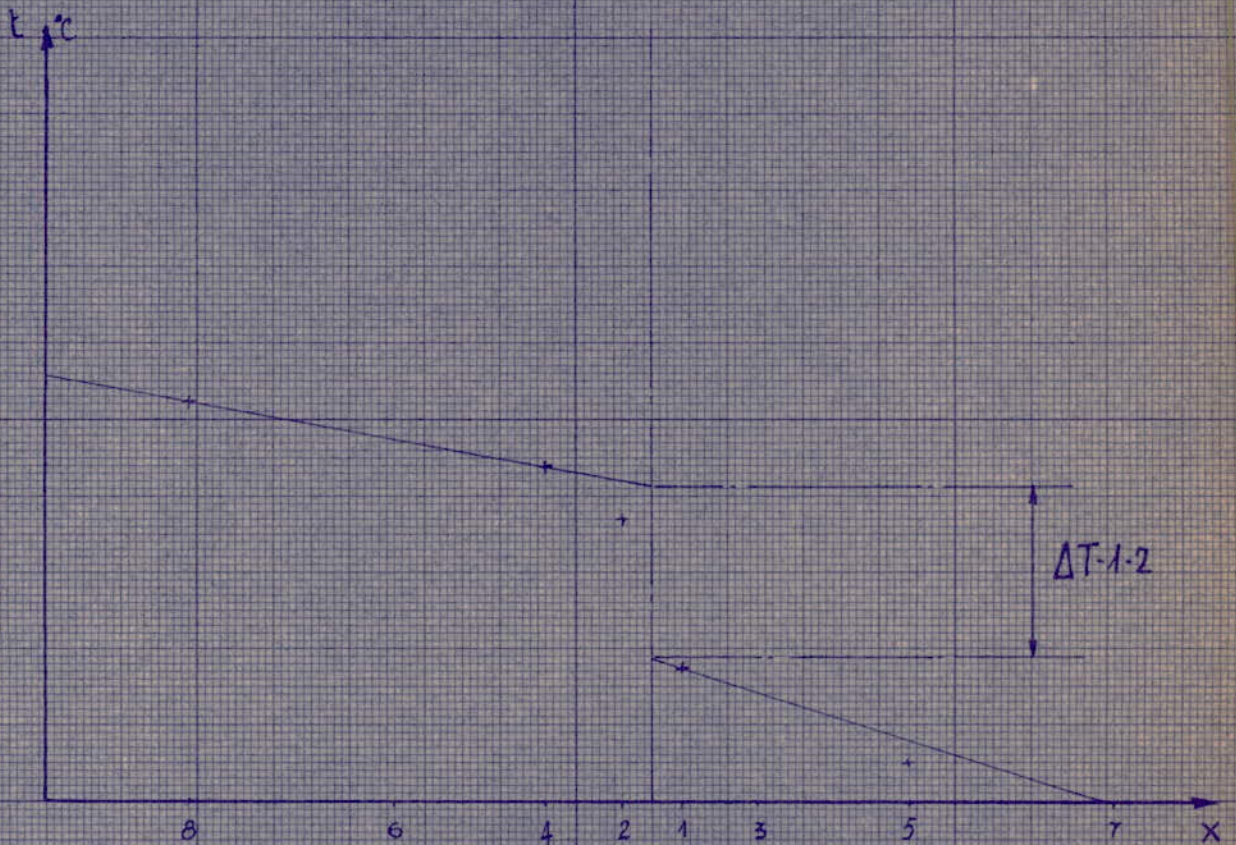
$$\Delta T_{1-7} = 6,75^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } q = 4,6657 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,893 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,010 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$$

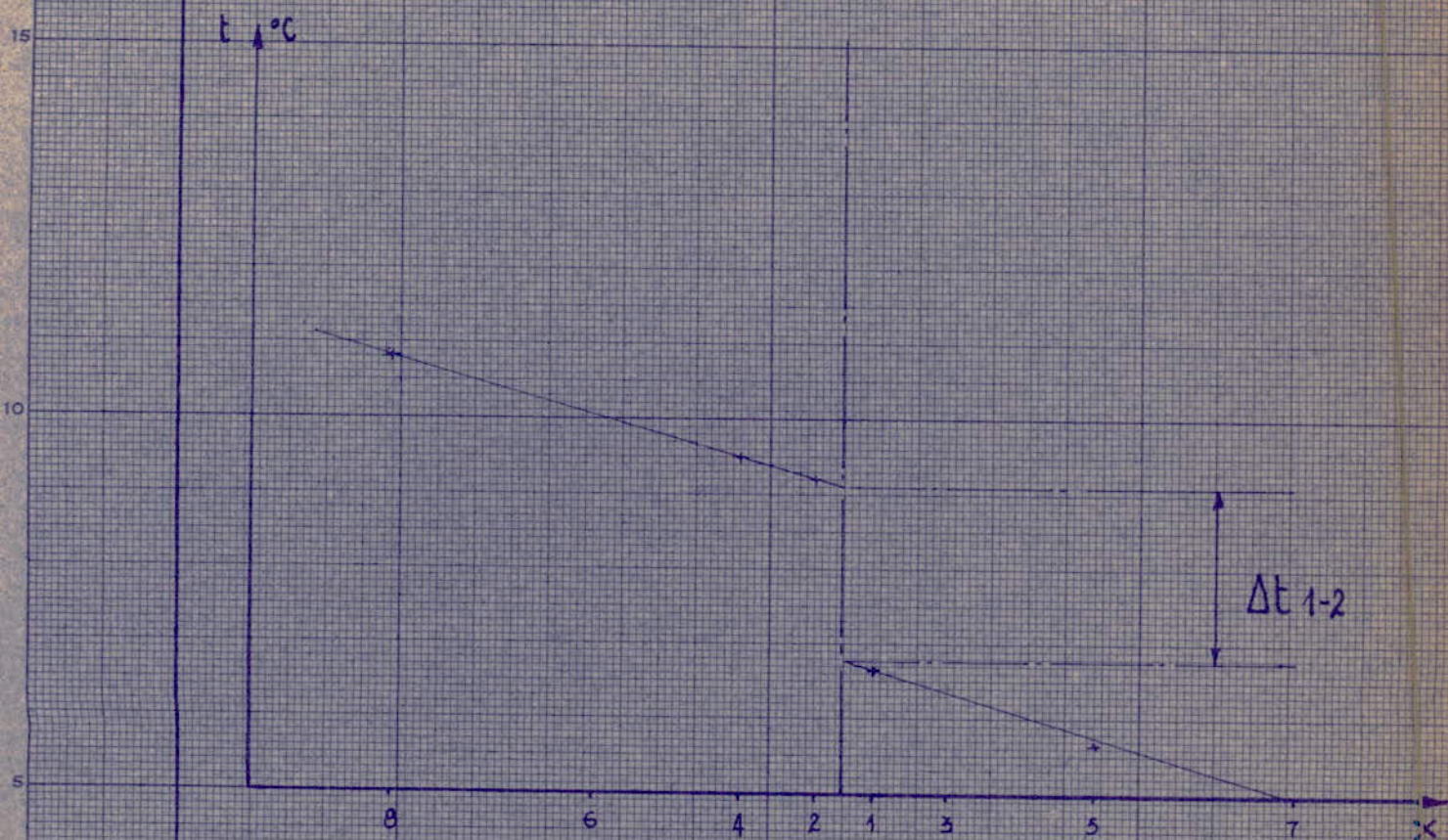
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,70	2,10	}	2,25	1,44	}	1,35	2,41
Température en °C	42,25	52,00		55,50			36,00	33,50



Graphe: C.6

Chute correspondant à une plaque de Cuivre
d'épaisseur $e = 140 \mu$

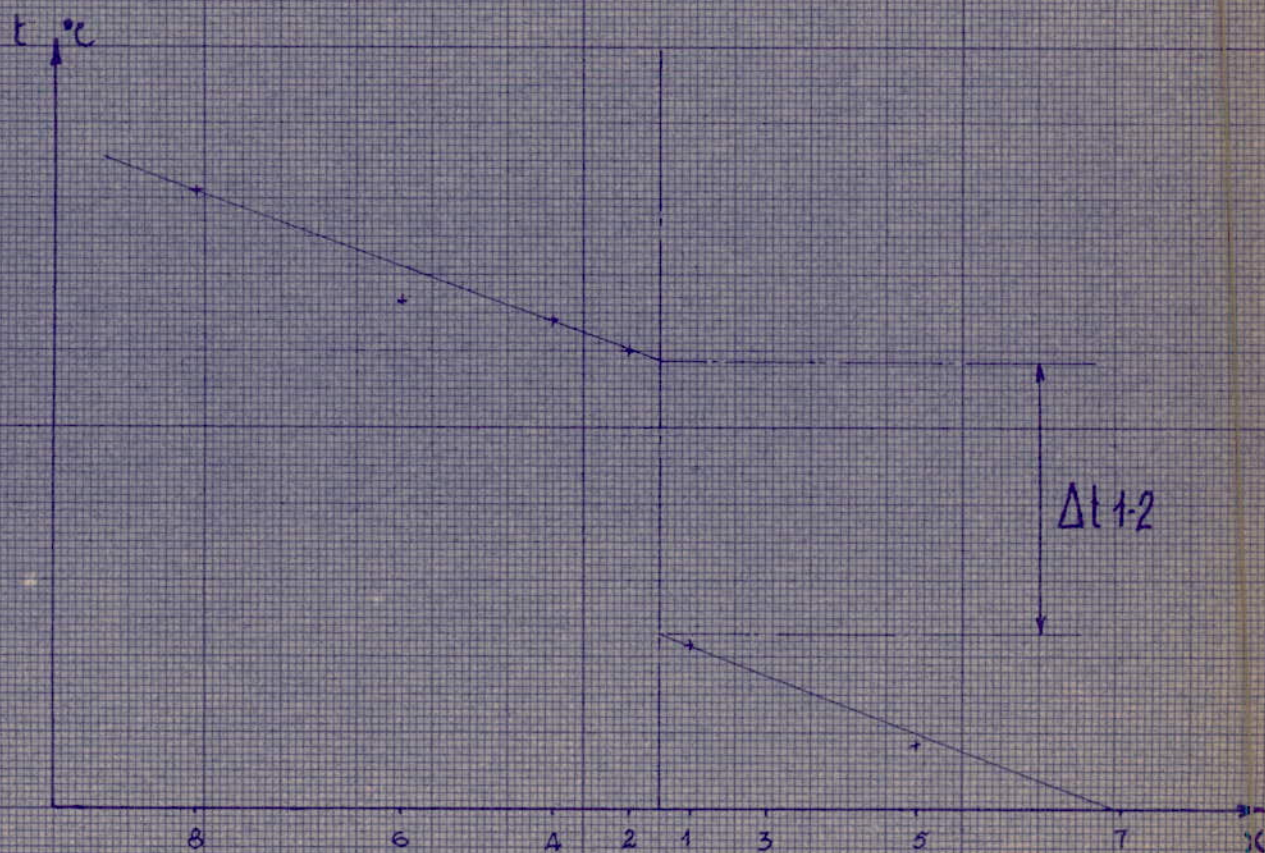
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,69	2,22	}	2,28	1,47	}	1,35	2,55
Température en °C	12,00	54,75		56,25	36,50		33,75	61,75



Graphe: C-T

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'épaisseur $e = 165 \mu$

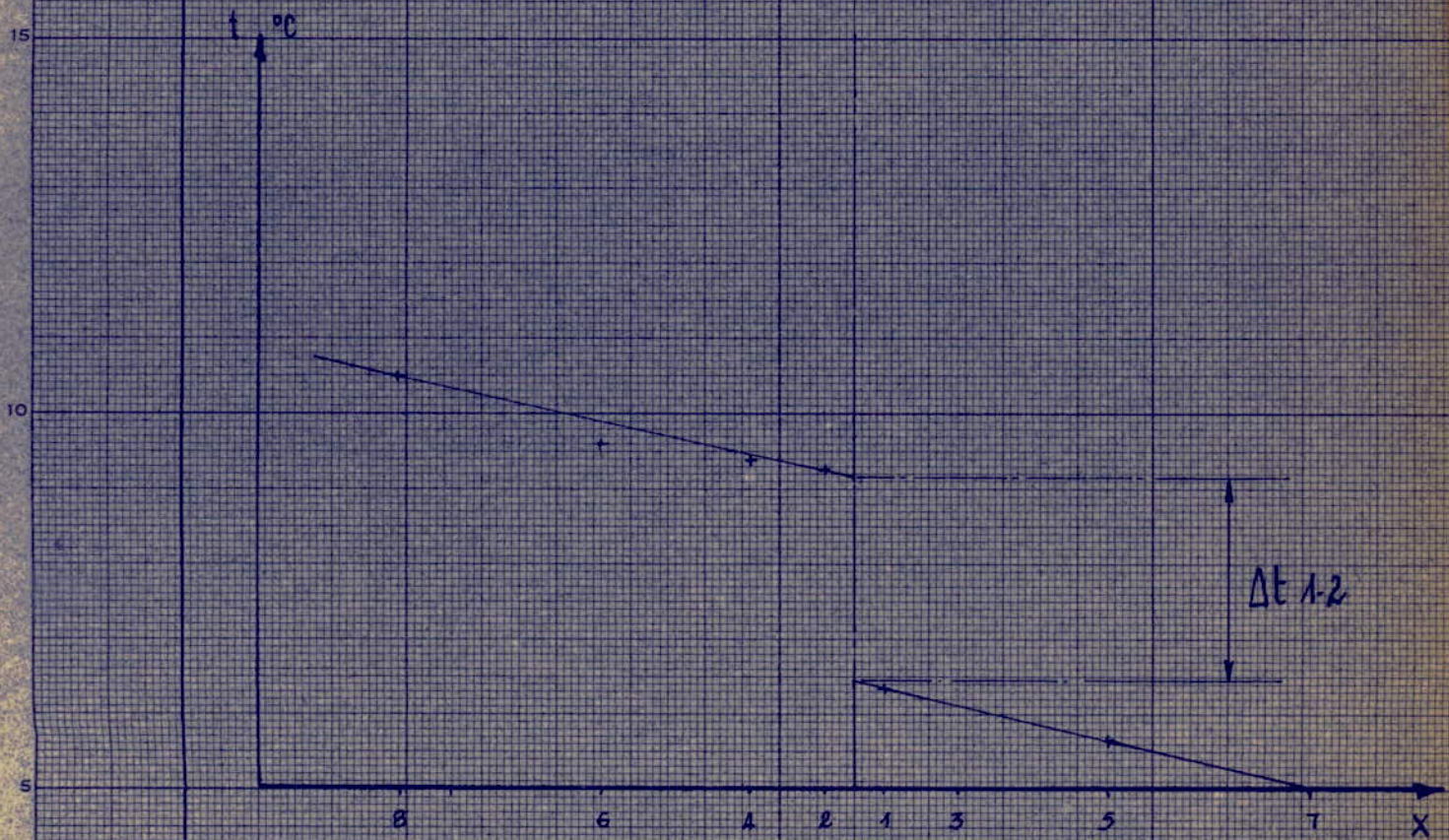
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,82	2,62	⋮	2,70	1,56	2,75	1,38	3,05
Température en °C	45,25	62,50	⋮	66,50	38,75	67,75	34,50	75,00



Graph: C.8

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'épaisseur $e = 185 \mu$

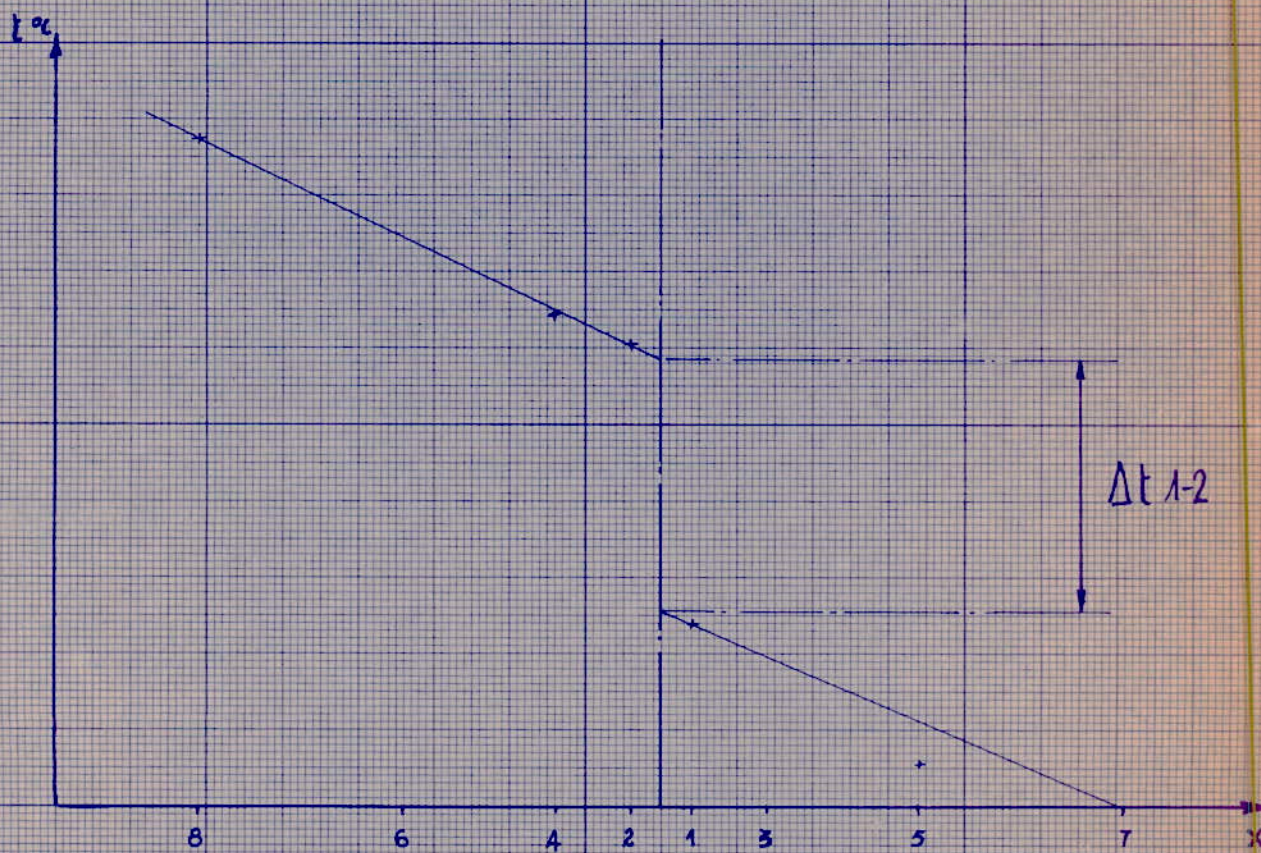
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
millivolts	1,62	2,22	}	2,25	1,47	2,29	1,34	2,47
température en °C	40,25	54,75		55,50	36,75	56,50	33,50	61,00



Graph: C-9

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'épaisseur $e = 225 \mu$

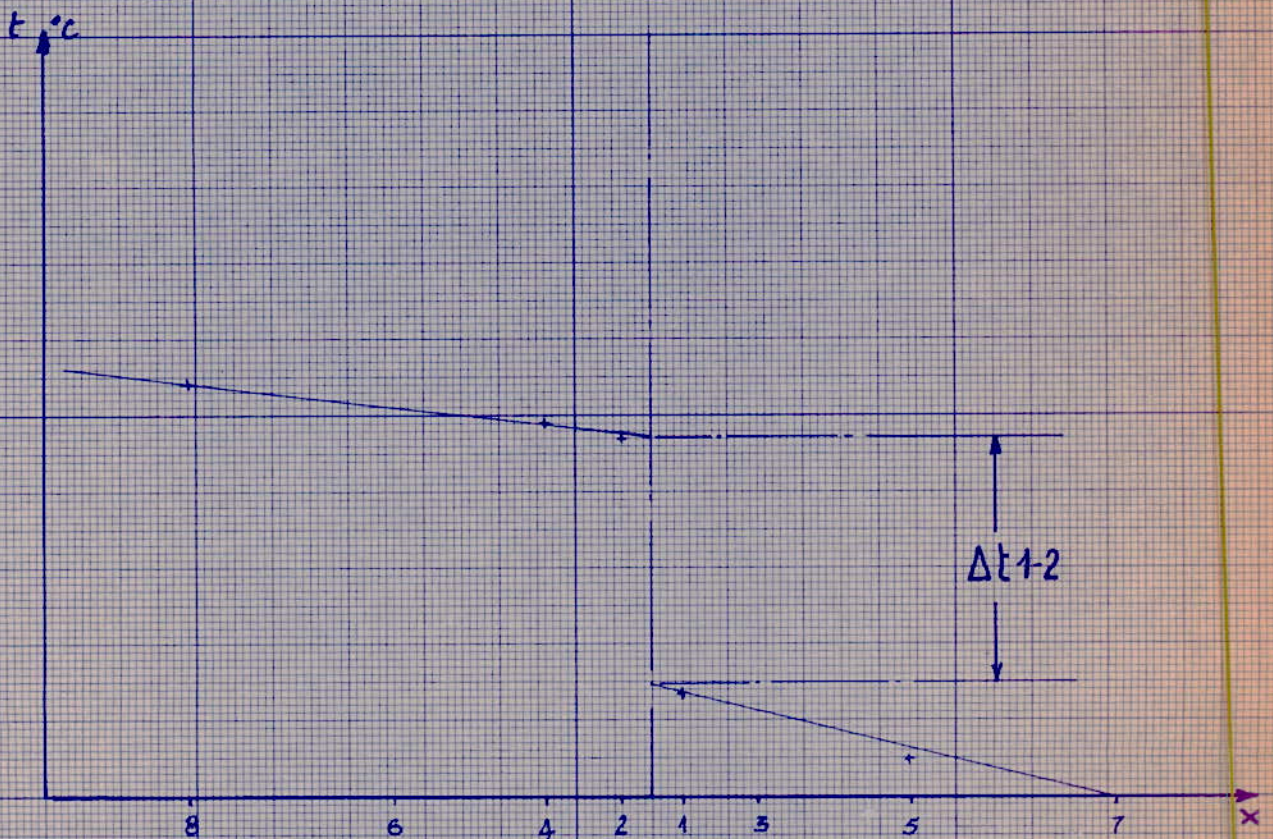
Repère thermoconx	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,88	2,63	⋮	2,70	1,50	⋮	1,38	3,02
Température en °C	46,50	64,75	⋮	66,50	37,25	⋮	34,50	74,25



Graphe: C-10

Chute correspondant à une feuille de Cuivre d'épaisseur $e = 275 \mu$

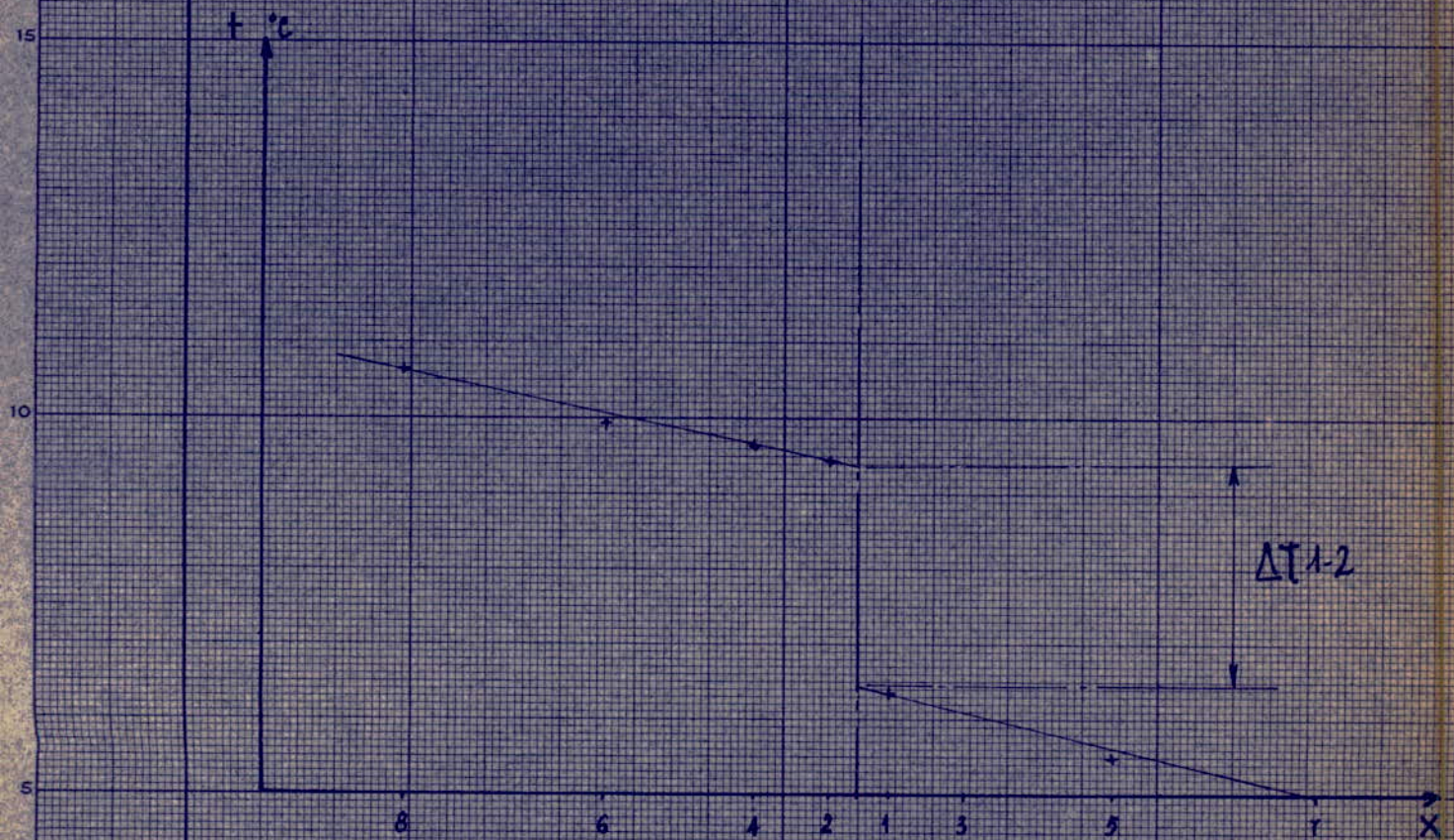
Repère thermocaux	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,58	2,27	}	2,31	1,40	}	1,30	2,01
Température en °C	39,25	56,00		57,00	35,00		32,50	59,50



Graph: C. 11

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'épaisseur $e = 300 \mu$

Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
millivolts	1,58	2,20	}	2,28	1,42	2,30	1,32	2,48
Température en °C	39,75	55,25		56,25	35,50	56,75	33,00	61,25



Graph: C.12

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'épaisseur $e = 360 \mu$

3.2.19 Epaisseur e = 425 μ Graphe C13

$$\Delta T_{1-2} = 17,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 7,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 5,1842 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 3,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 2,492 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

3.2.20 Epaisseur e = 470 μ Graphe C14

$$\Delta T_{1-2} = 15,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 7,9491 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 1,981 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,098 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

3.2.21 Epaisseur e = 110 μ Graphe C15

$$\Delta T_{1-2} = 17,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

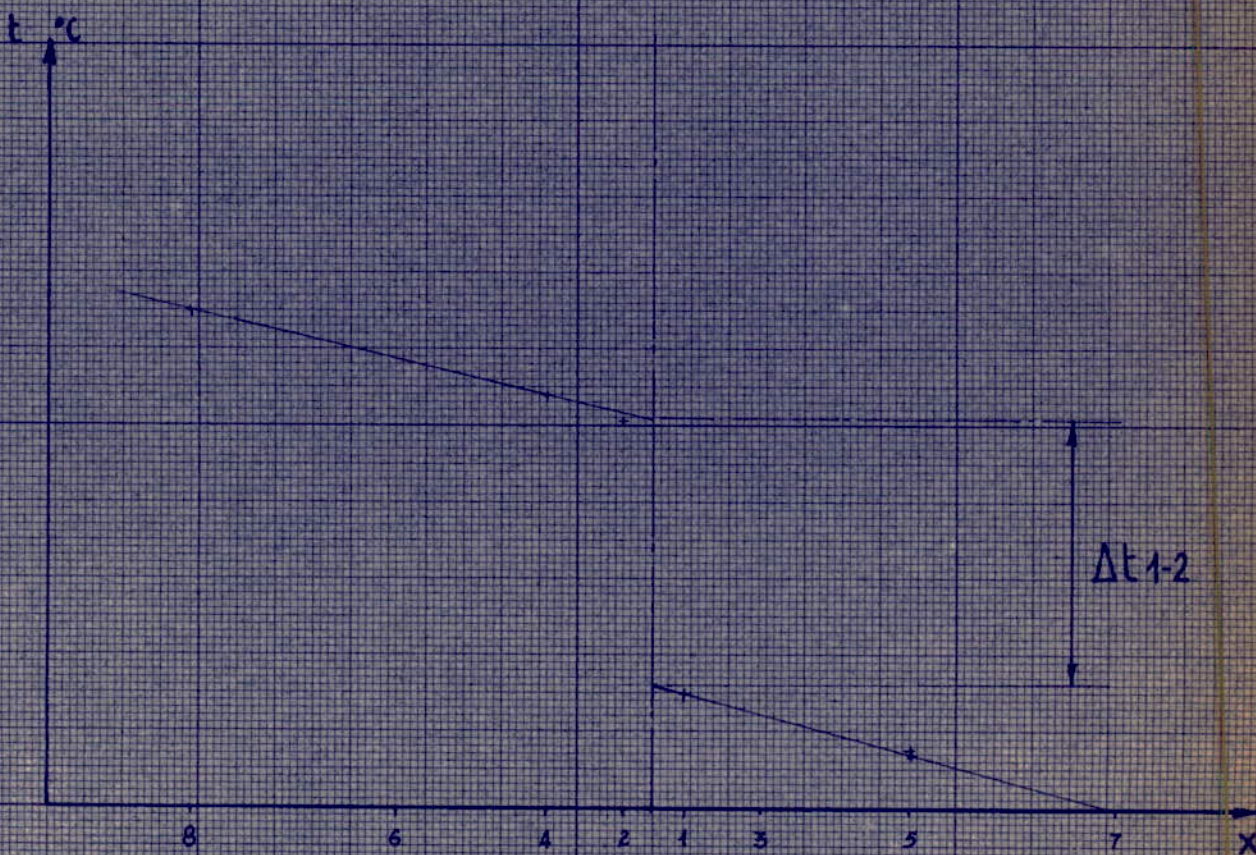
$$\Delta T_{1-7} = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 8,9859 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 1,975 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,092 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

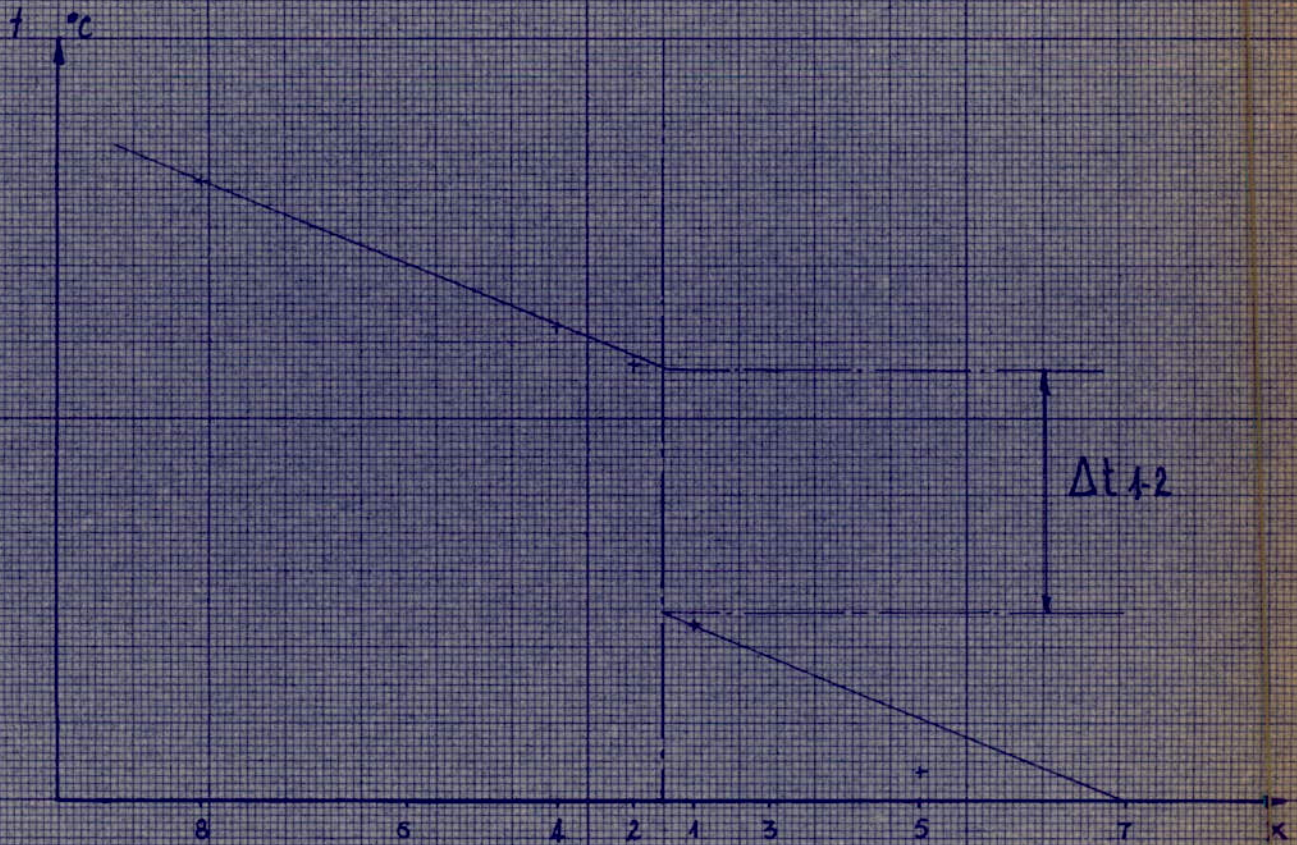
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,62	2,35	}	2,42	1,46	}	1,31	2,65
Température en °C	80,25	50,00		59,75	36,40		32,75	65,25



Graph: C. 13

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'épaisseur $e = 425 \mu$

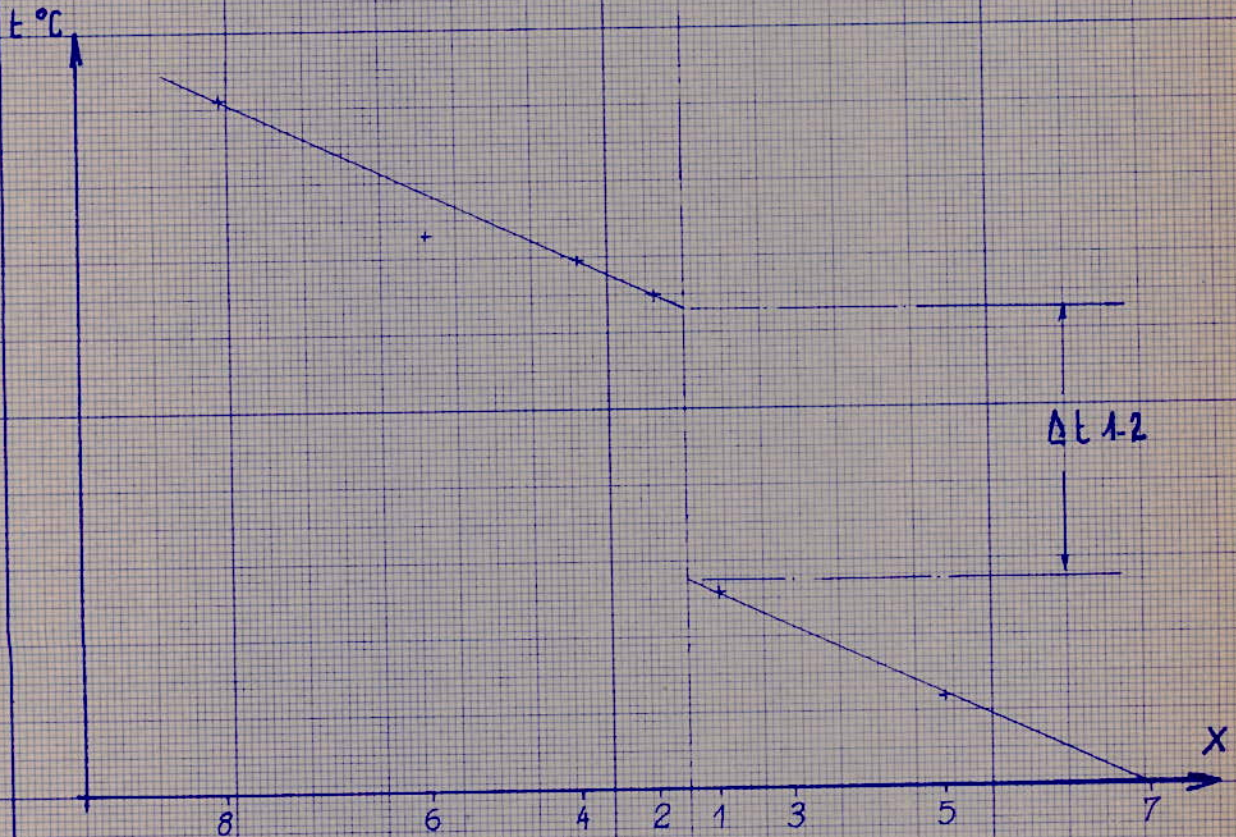
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,88	2,58	}	2,68	1,48	}	1,40	3,08
Température en °C	46,50	63,50		66,00	36,75		35,00	75,50



Graphé: C. 14

Chute correspondant à une feuille de Cuivre
d'épaisseur $e = 170 \mu$

Repère Thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,98	2,78	⚡	2,88	1,69	2,95	1,44	3,32
Temperature °C	49,00	68,50	⚡	70,75	42,00	72,50	36,00	81,40



Graphe: C 15

Cuivre $e = 110 \mu$

3.2.22 Epaisseur e = 120 μ Graphe C16

$$\Delta T_{1-2} = 16,50 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 14 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 9,6771 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 1,705 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 0,822 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

3.2.23 Epaisseur e = 160 μ Graphe C17

$$\Delta T_{1-2} = 20,75 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 8,2947 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 2,501 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 1,618 \frac{\text{m}^2}{\text{h}} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

3.2.24 Epaisseur e = 170 μ Graphe C18

$$\Delta T_{1-2} = 20 \text{ } ^\circ \text{C}$$

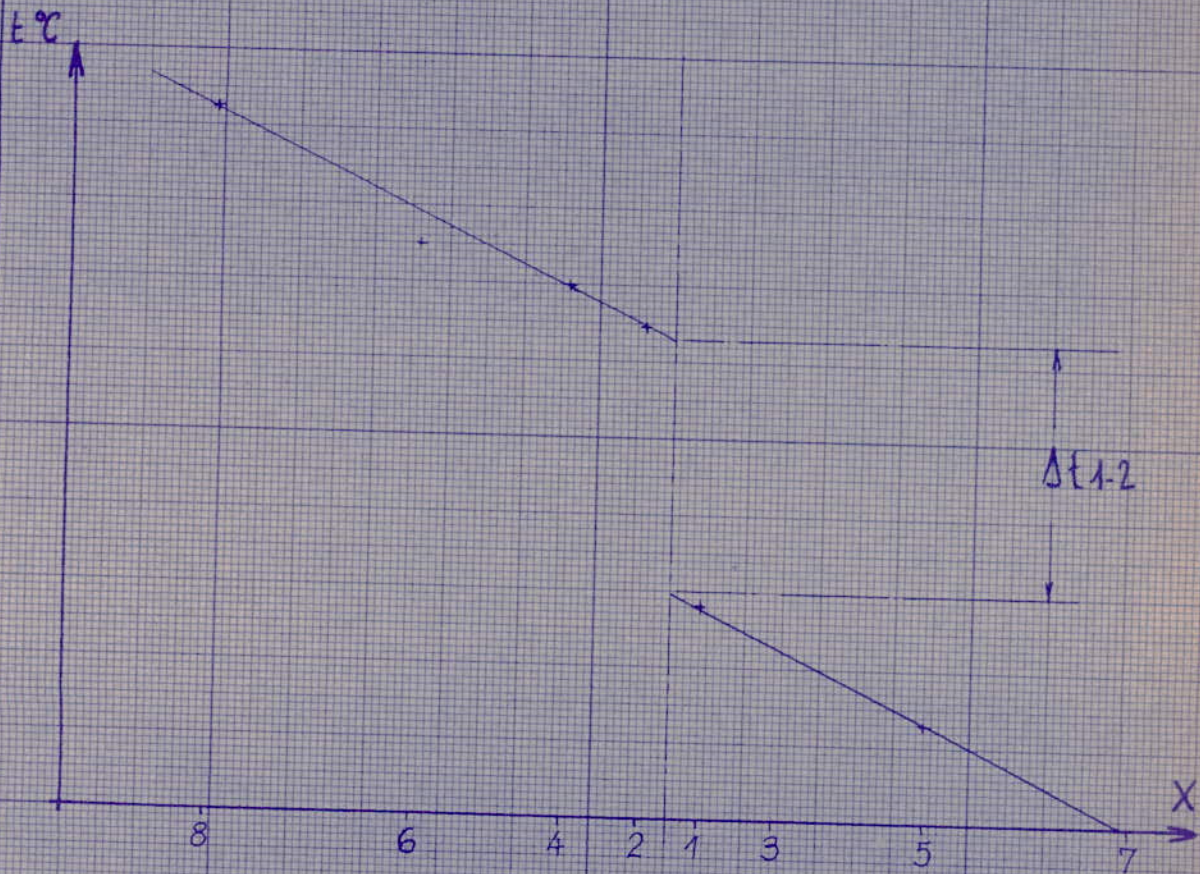
$$\Delta T_{1-7} = 12 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 8,2947 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 2,411 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 1,528 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

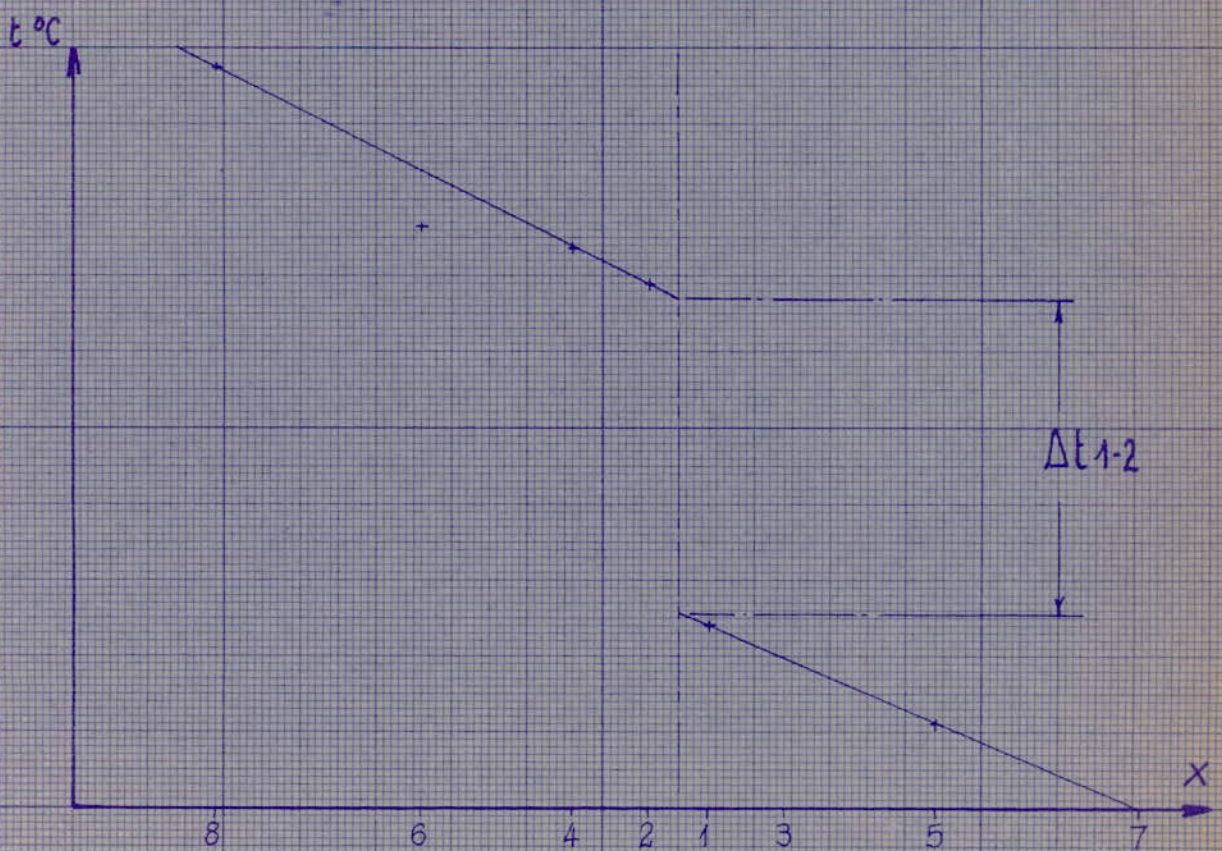
Repère Thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,00	2,75	}	2,87	1,69	2,97	1,42	3,33
Température °C	49,50	67,75		}	70,50	42,00	73,00	35,50



Graphe: C 16

Cuivre $e = 120 \mu$

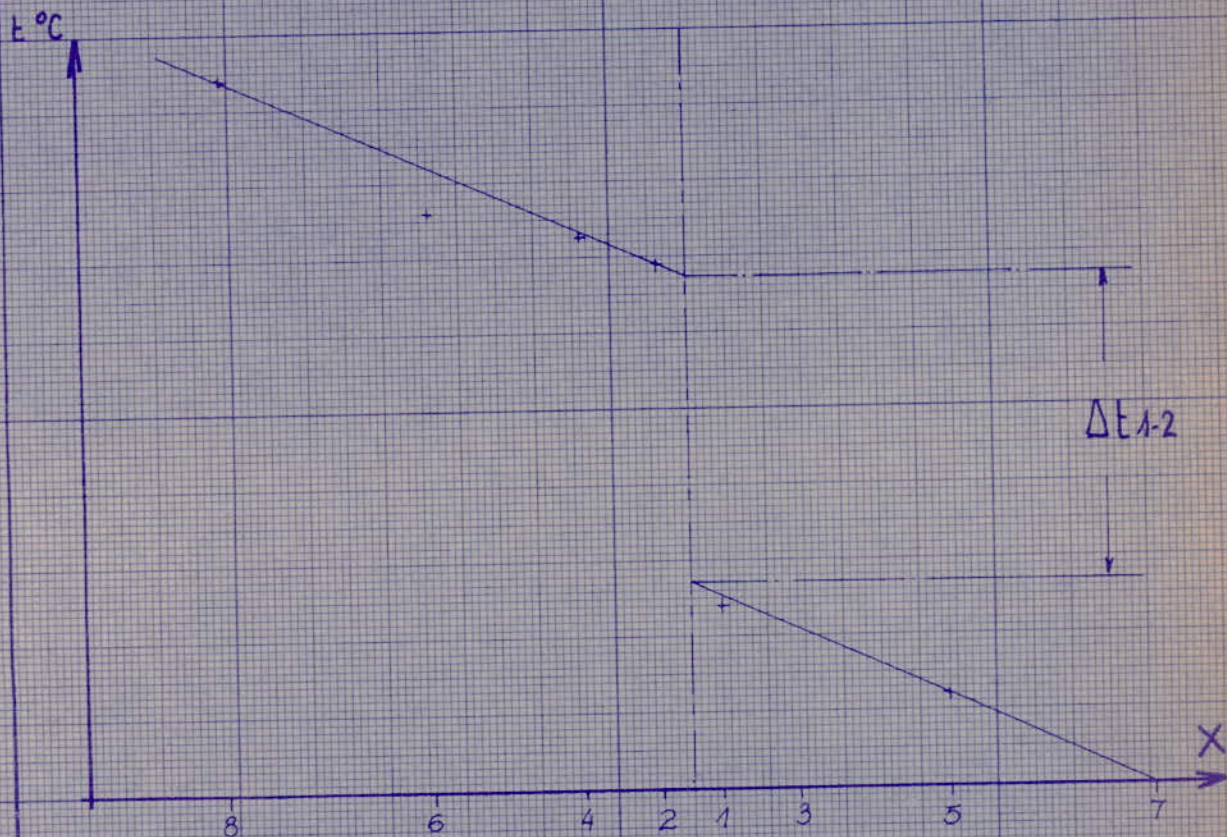
Repère Thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,90	2,82	}	2,92	1,63	2,98	1,40	3,42
Température °C	47,00	69,40		}	71,75	40,50	73,25	35,00



Graphe: C 17

Cuivre $e = 160 \mu$

Repère Thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,92	2,85	}	2,92	1,67	2,99	1,42	3,37
Température °C	47,50	70,00	}	71,75	41,50	73,50	35,50	82,50



Graphe: C 18

Cuivre $e = 170 \mu$

3.2.25 Epaisseur e = 180^μ Graphe C19

$$\Delta T_{1-2} = 20,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 7,2578 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 2,858 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,976 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

3.2.26 Epaisseur e = 190^μ Graphe C20

$$\Delta T_{1-2} = 20,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 8,4675 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 2,421 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,538 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

3.2.27 Epaisseur e = 210^μ Graphe C21

$$\Delta T_{1-2} = 18,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

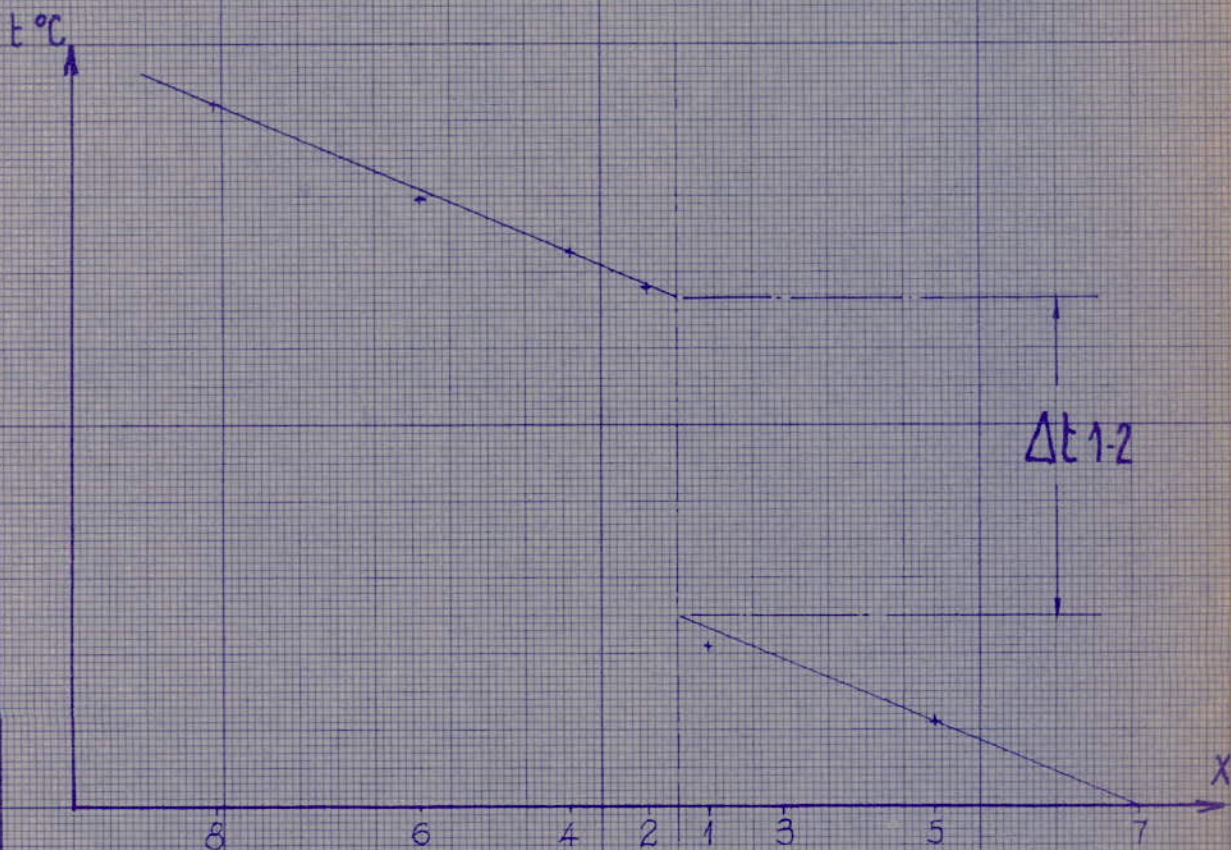
$$\Delta T_{1-7} = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 8,9859 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 2,058 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,176 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

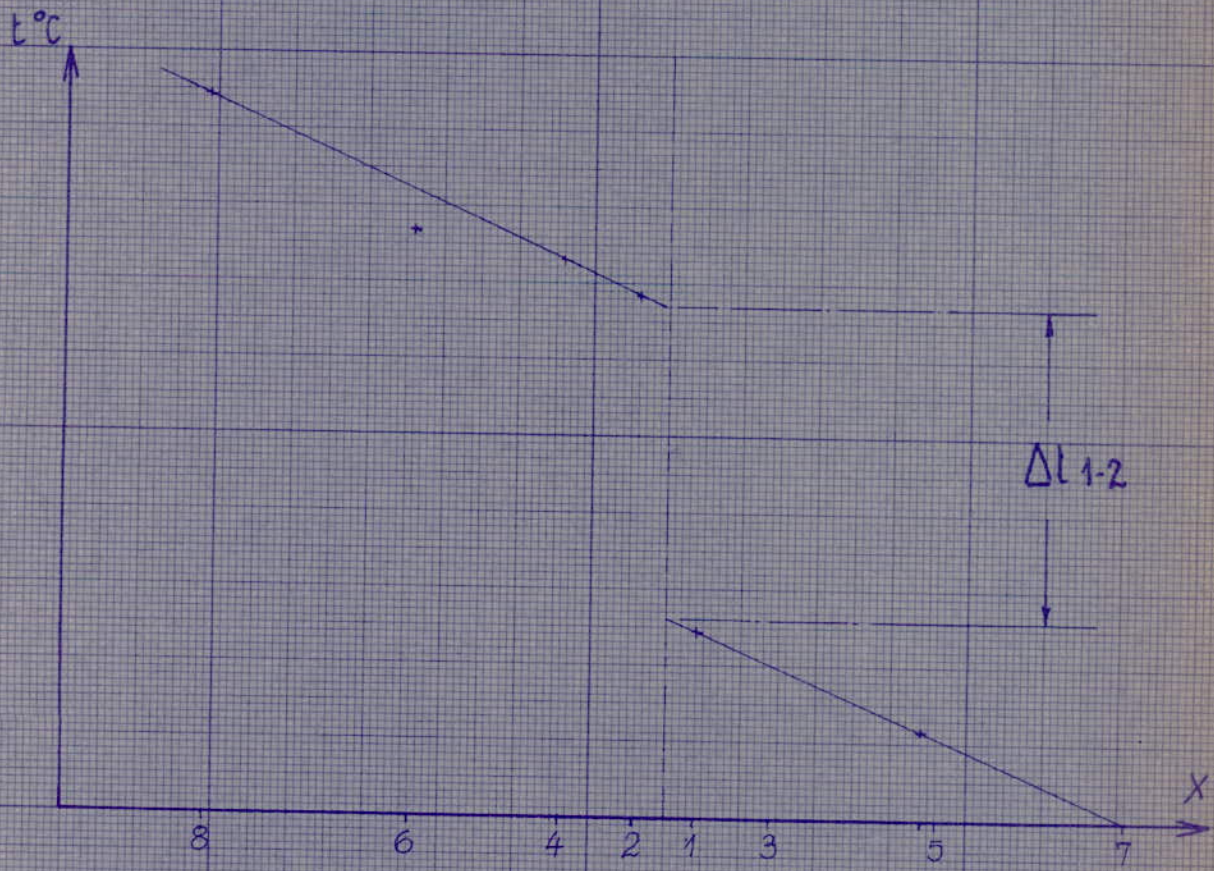
Repère Thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,85	2,82	}	2,92	1,65	3,02	1,42	3,33
Température °C	46,00	69,50		71,75	41,00	74,25	35,50	81,50



Graphe : C 19

Cuivre $e = 180 \mu$

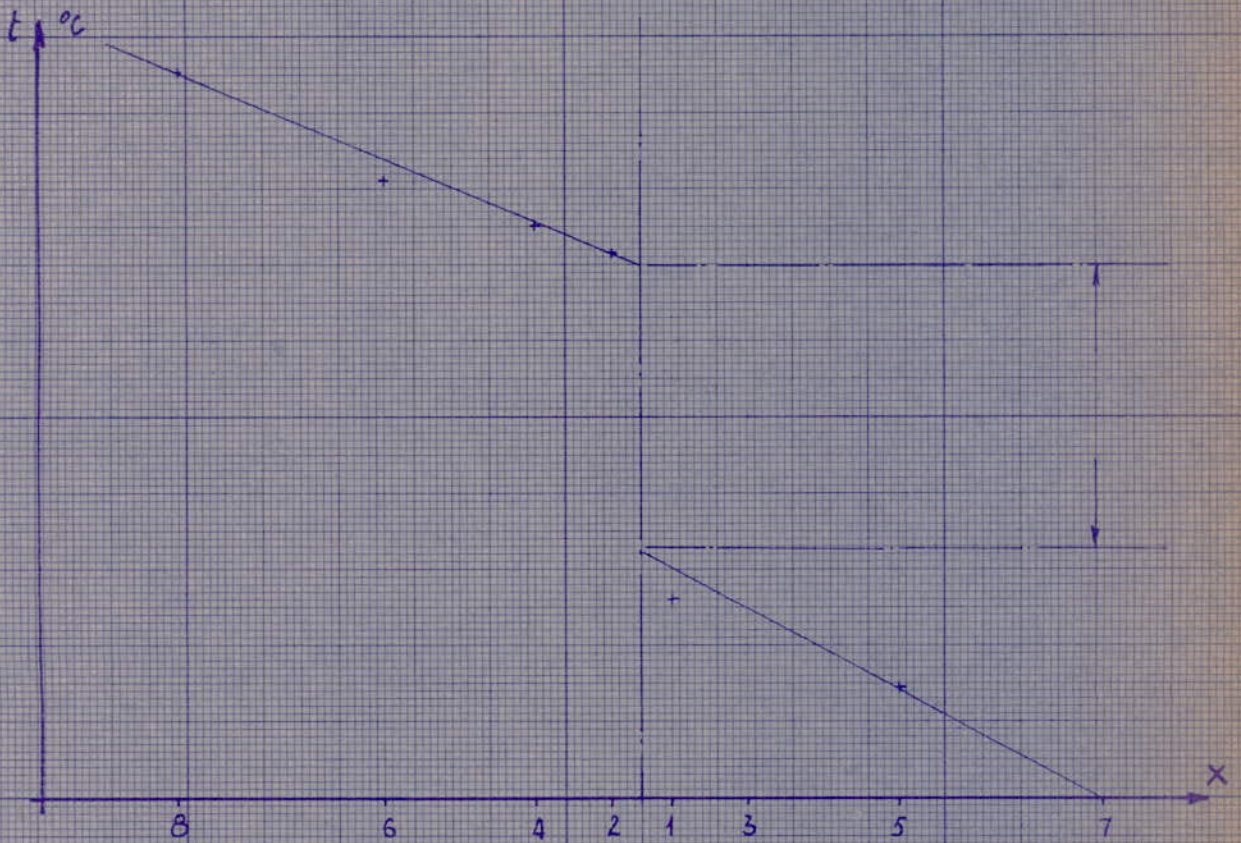
Repère Thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,92	2,83	}	2,92	1,65	3,00	1,41	3,36
Température °C	47,50	69,50	}	71,75	41,00	73,75	35,25	82,50



Graphe: C20

Cuivre $e = 190 \mu$

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,89	2,82	⚡	2,90	1,65	3,02	1,35	3,33
Température en °C	46,75	69,50	⚡	71,25	41,00	74,25	33,75	81,50



Graphe: C 21

Cuivre $\rho = 210 \mu$

3.2.28 Epaisseur e = 220/μ Graphe C22

$$\Delta T_{1-2} = 22,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 8,6403 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 2,632 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,750 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

3.2.29 Epaisseur e = 240/μ Graphe C23

$$\Delta T_{1-2} = 21,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 8,9859 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 2,364 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,482 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

3.2.30 Epaisseur e = 290/μ Graphe C24

$$\Delta T_{1-2} = 23,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

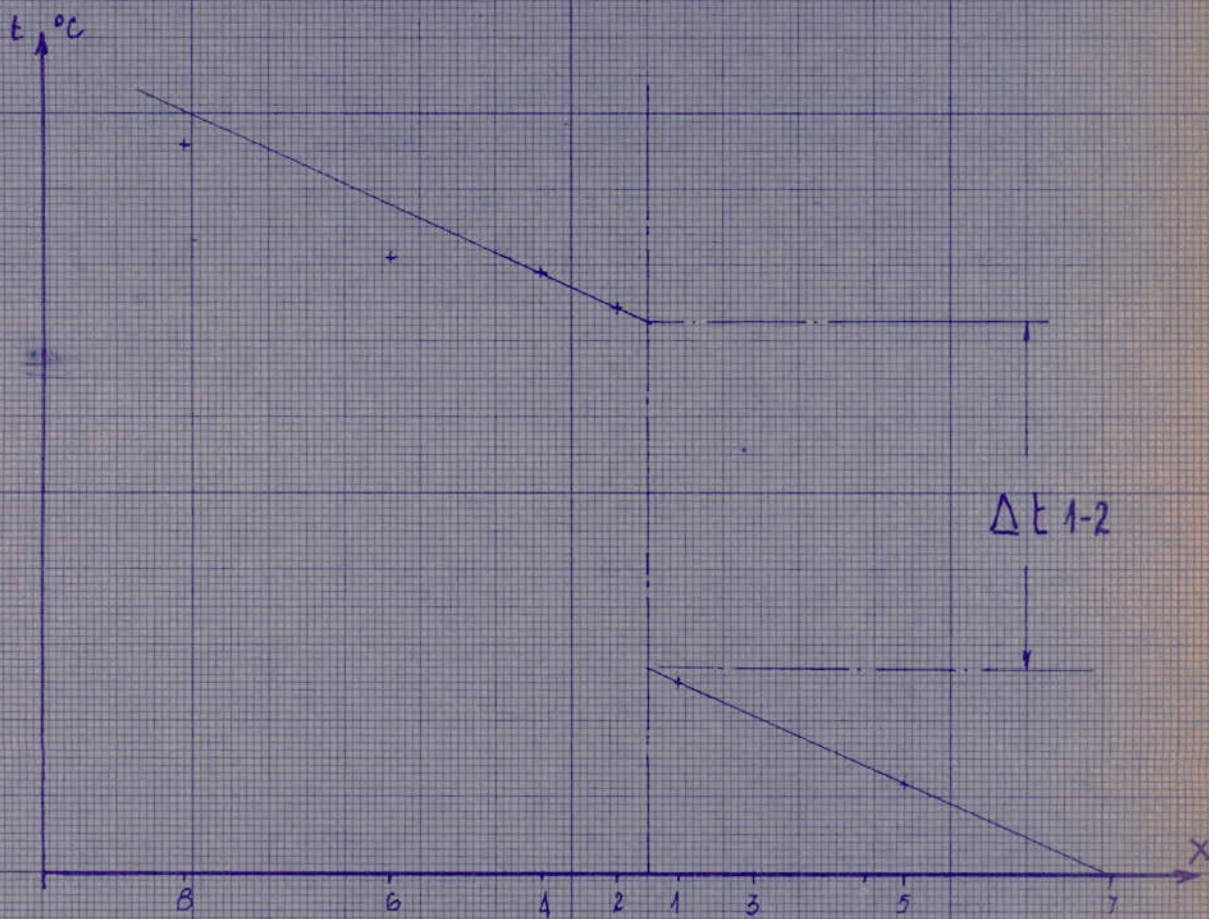
$$\Delta T_{1-7} = 11,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

a) $q = 7,7763 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 3,054 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 2,171 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$

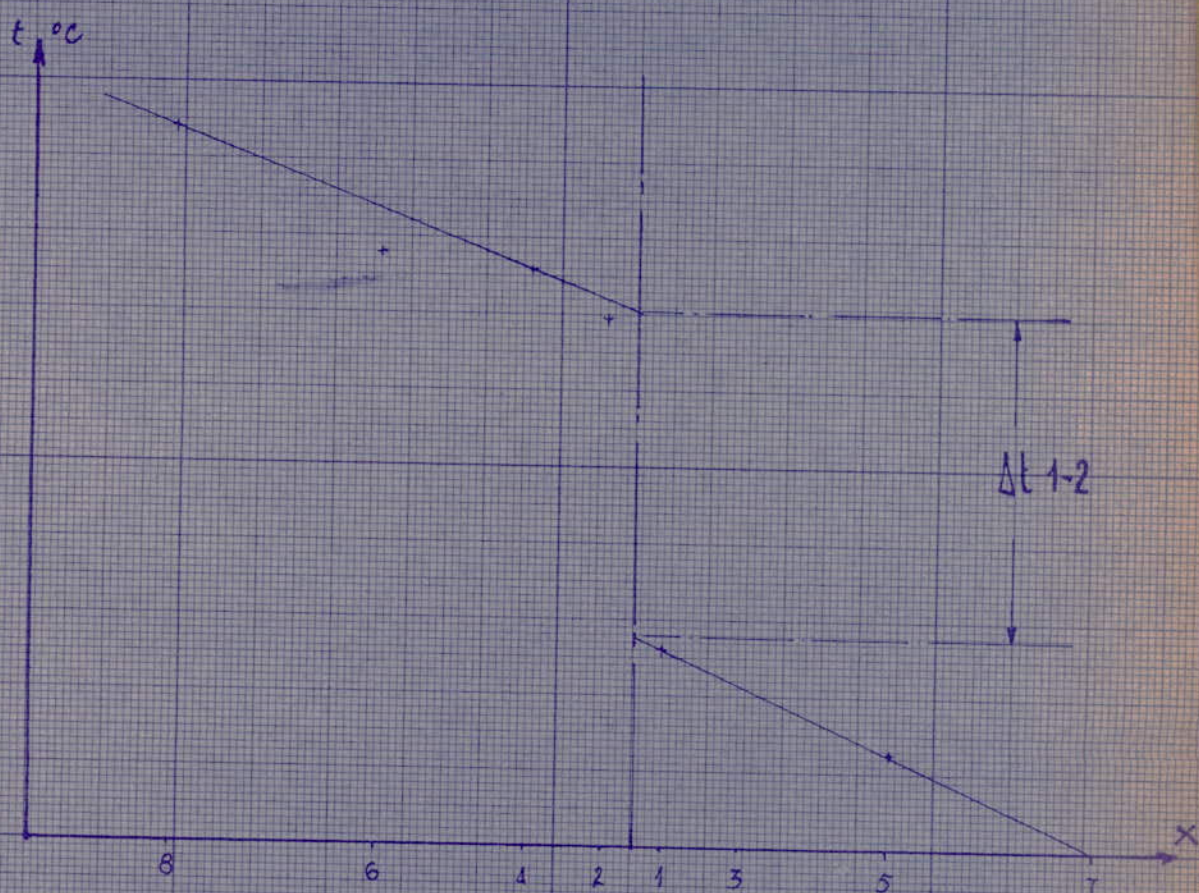
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,86	2,89	}	2,98	1,59	3,05	1,35	3,70
Température en °C	16,25	71,00		}	73,25	39,50	74,25	33,75



Graphe: C 22

Cuivre $e = 220 \mu$

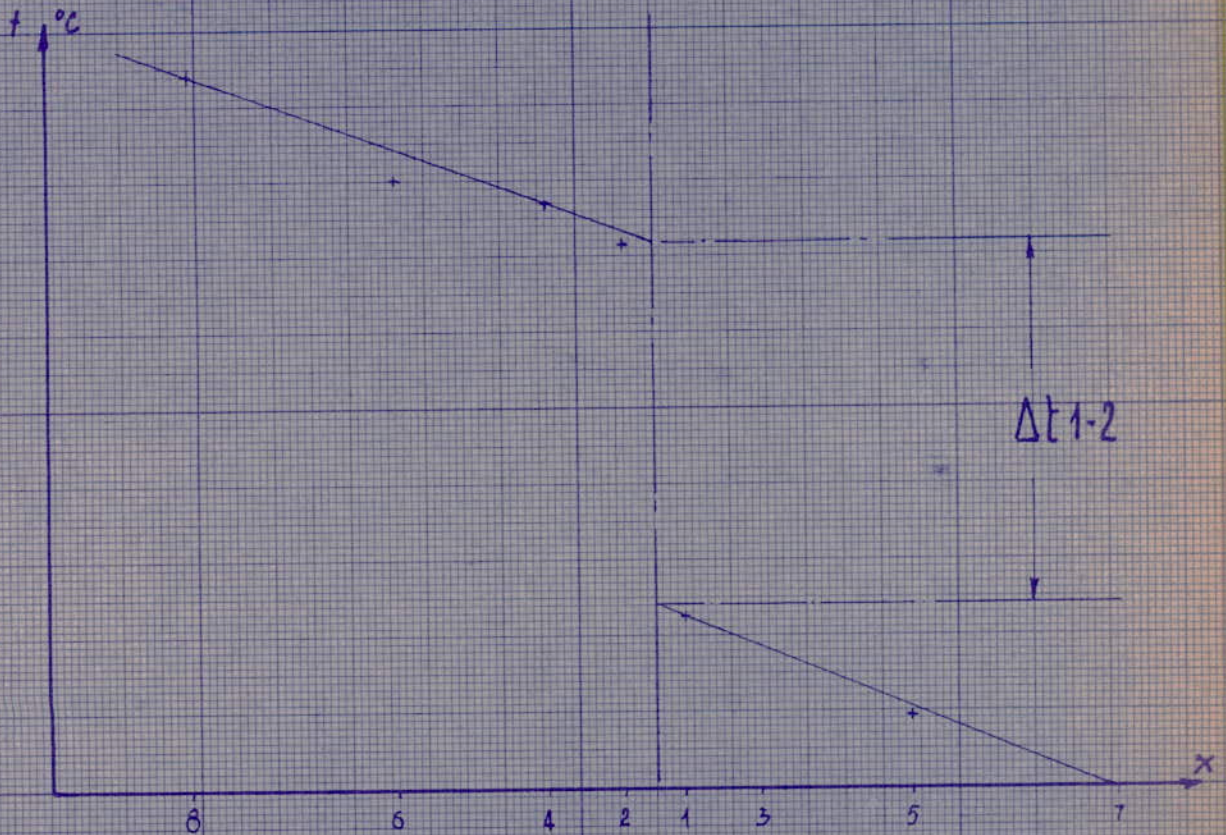
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,98	2,02	}	2,96	1,61	3,00	1,39	3,10
Température en °C	47,75	69,50		72,75	41,00	73,75	34,75	81,75



Graphe : C 23

Cuivre $\alpha = 240 \mu$

Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,88	2,89	}	3,00	1,61	3,06	1,41	3,38
Température en °C	46,50	71,00		73,75	40,00	75,25	35,25	82,75



Graphe: C 24

Cuivre $\alpha = 290 \mu$

3.2.31 Epaisseur e = 310 μ Graphe C25

$$\Delta T_{1-2} = 25,50 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 8,25 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 5,7026 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 4,471 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 3,588 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

3.2.32 Epaisseur e = 320 μ Graphe C26

$$\Delta T_{1-2} = 25 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 6,9122 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 3,616 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 2,734 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

3.2.33 Epaisseur e = 340 μ Graphe C27

$$\Delta T_{1-2} = 25,25 \text{ } ^\circ \text{C}$$

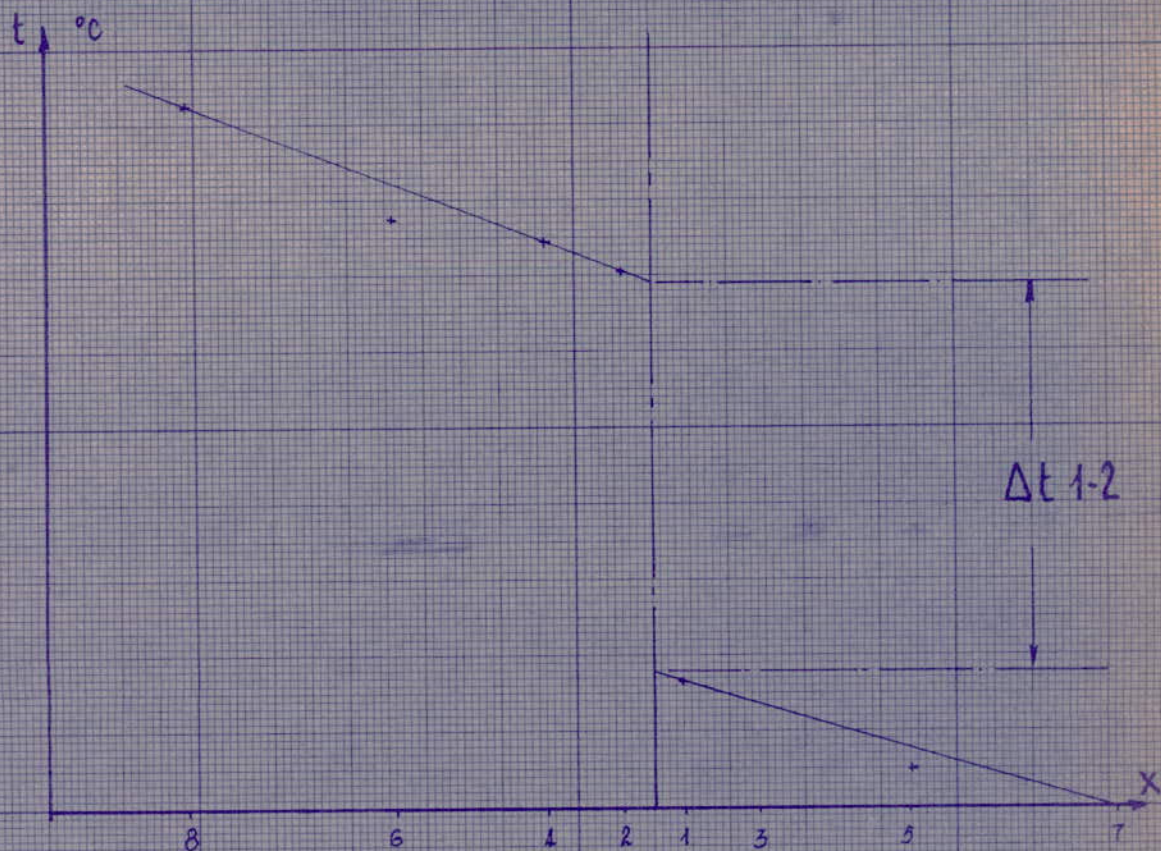
$$\Delta T_{1-7} = 11 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 7,6035 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 3,320 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 2,438 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$$

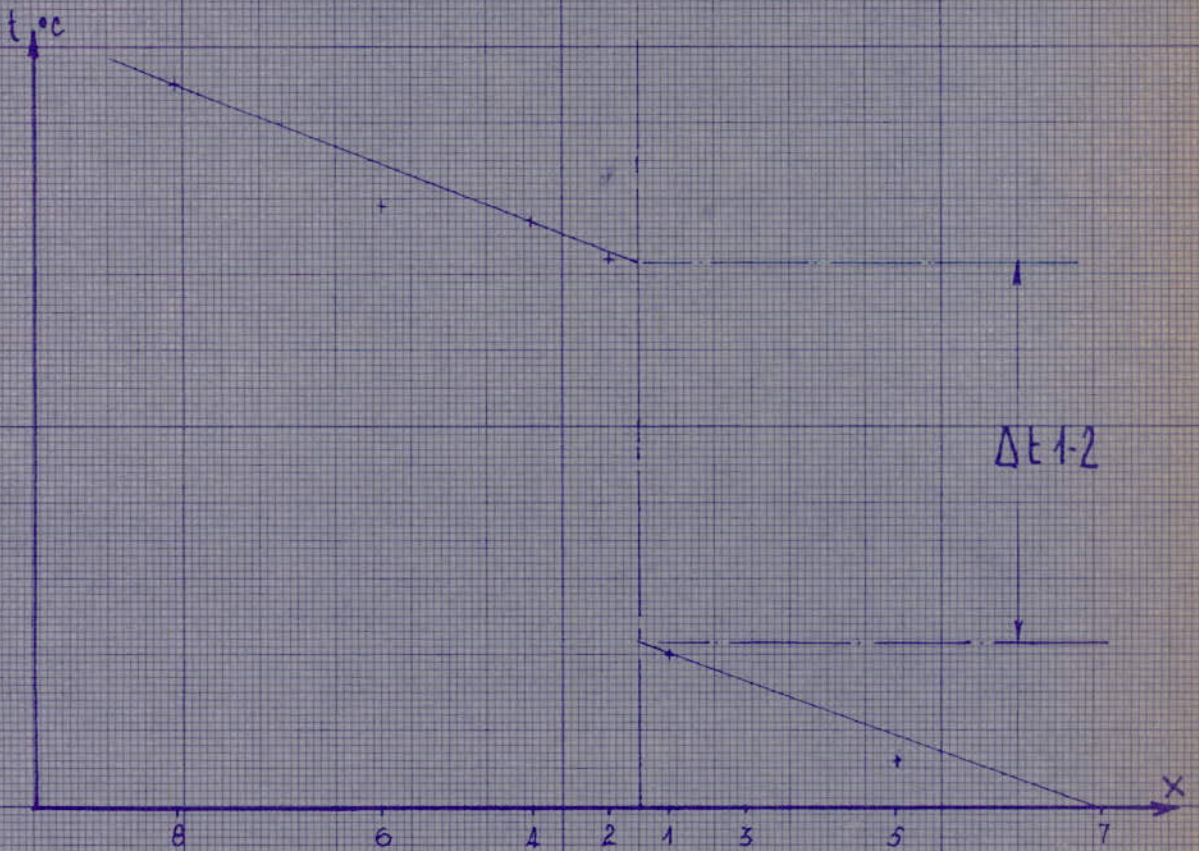
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,80	2,92	}	3,00	1,57	3,06	1,47	3,38
Température en °C	44,75	71,75	}	73,75	39,00	75,25	36,50	82,75



Graphe: C 25

Cuivre $e = 310 \mu$

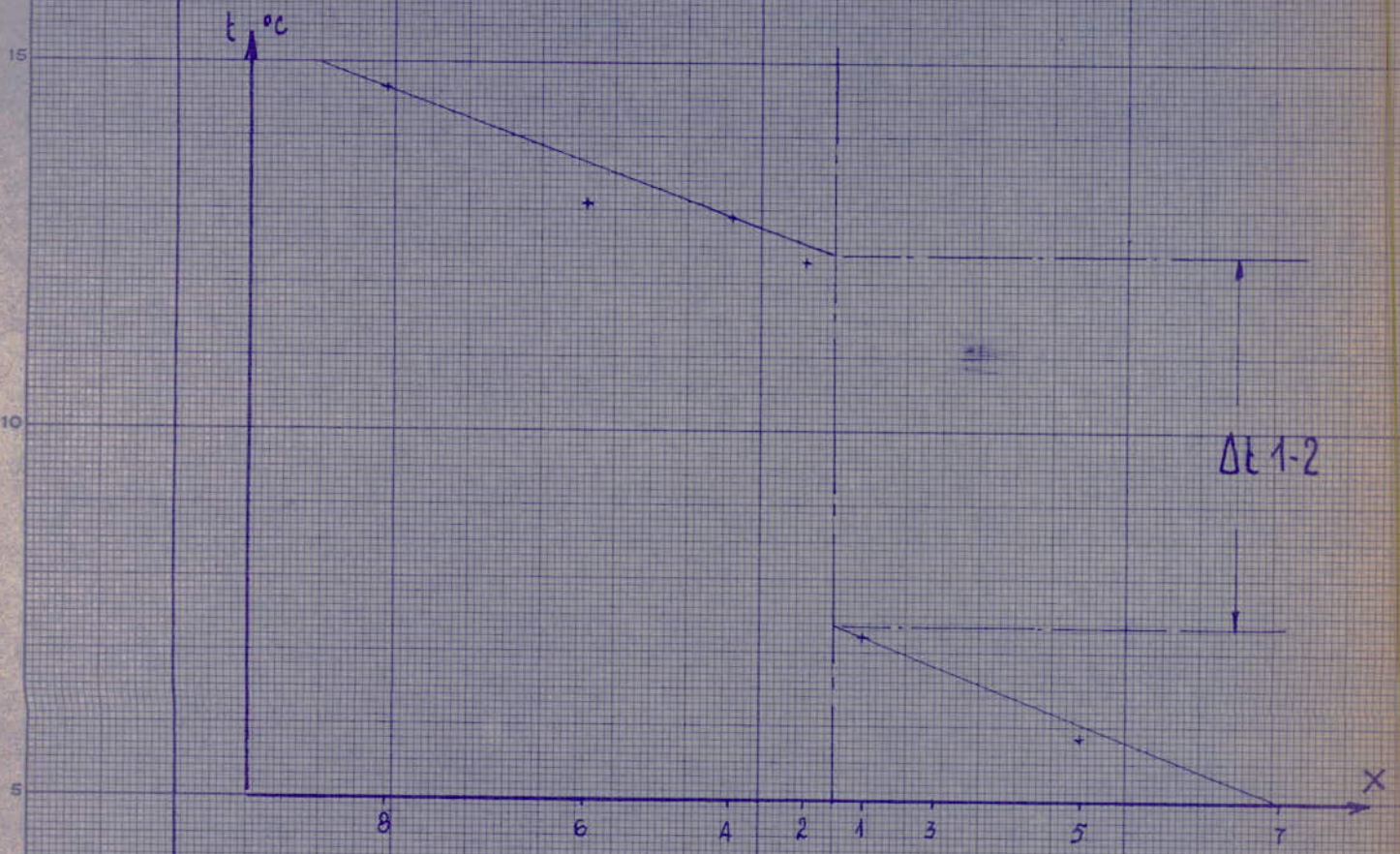
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,81	2,91	⋮	3,01	1,53	3,05	1,40	3,37
Température en °C	15,00	70,50	⋮	74,00	38,00	75,00	35,00	82,50



Graph : C26

Cuivre $e = 320 \mu$

Repère thermoaxe	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,83	2,89	}	3,01	1,56	3,05	1,38	3,56
Température en °C	45,50	71,00		}	74,00	38,75	75,00	34,50



Graphe: C 27

Cuivre $\alpha = 340 \mu$

3.2.34 Epaisseur e = 375^μ Graphe C28

$$\Delta T_{1-2} = 24^{\circ} \text{ C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,75^{\circ} \text{ C}$$

$$\text{a) } q = 8,1219 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,954 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ} \text{C} / \text{Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,072 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ} \text{C} / \text{Kcal}$$

3.2.35 Epaisseur e = 400^μ Graphe C29

$$\Delta T_{1-2} = 27,50^{\circ} \text{ C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,25^{\circ} \text{ C}$$

$$\text{a) } q = 7,0850 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,881 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ} \text{C} / \text{Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,998 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot ^{\circ} \text{C} \cdot \text{h} / \text{Kcal}$$

3.2.36 Epaisseur e = 410^μ graphe C30

$$\Delta T_{1-2} = 24^{\circ} \text{ C}$$

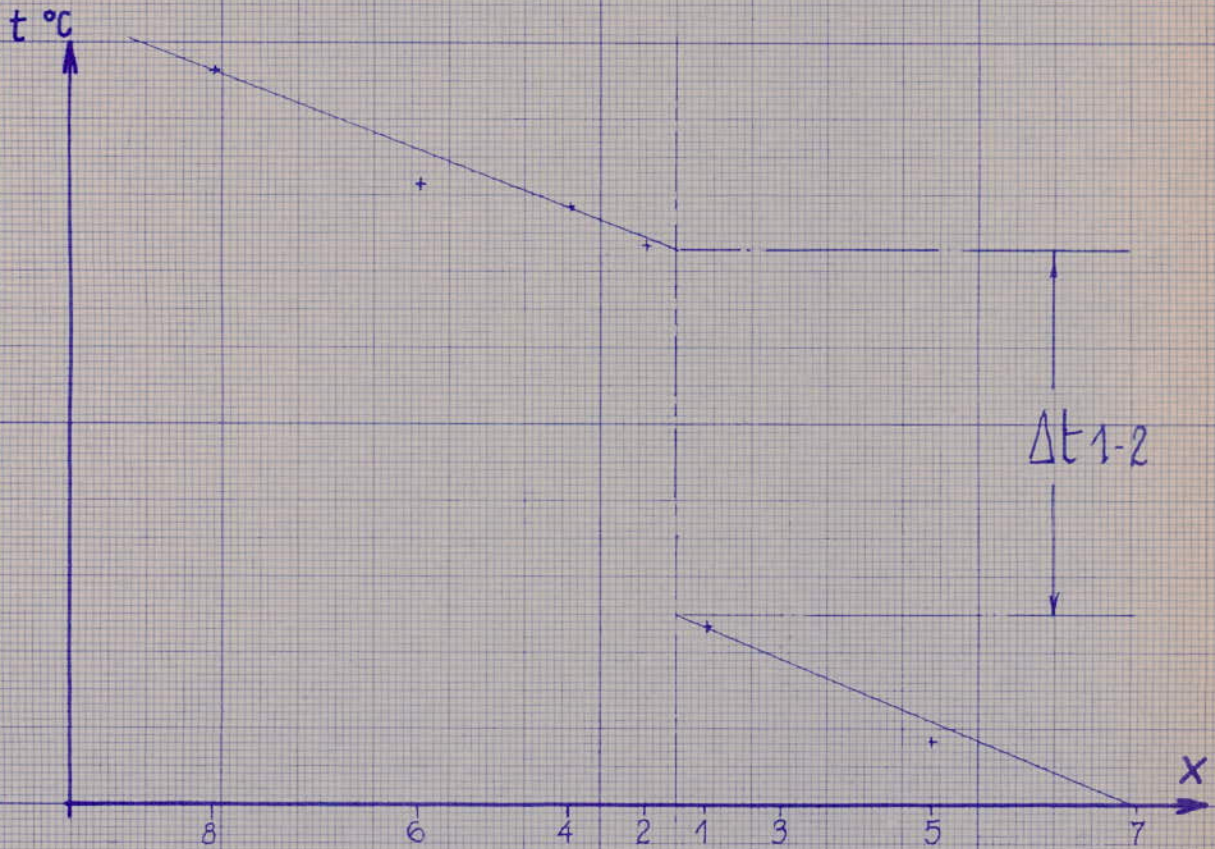
$$\Delta T_{1-7} = 11,25^{\circ} \text{ C}$$

$$\text{a) } q = 7,7763 \cdot 10^3 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,086 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ} \text{C} / \text{Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,203 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ} \text{C} / \text{Kcal}$$

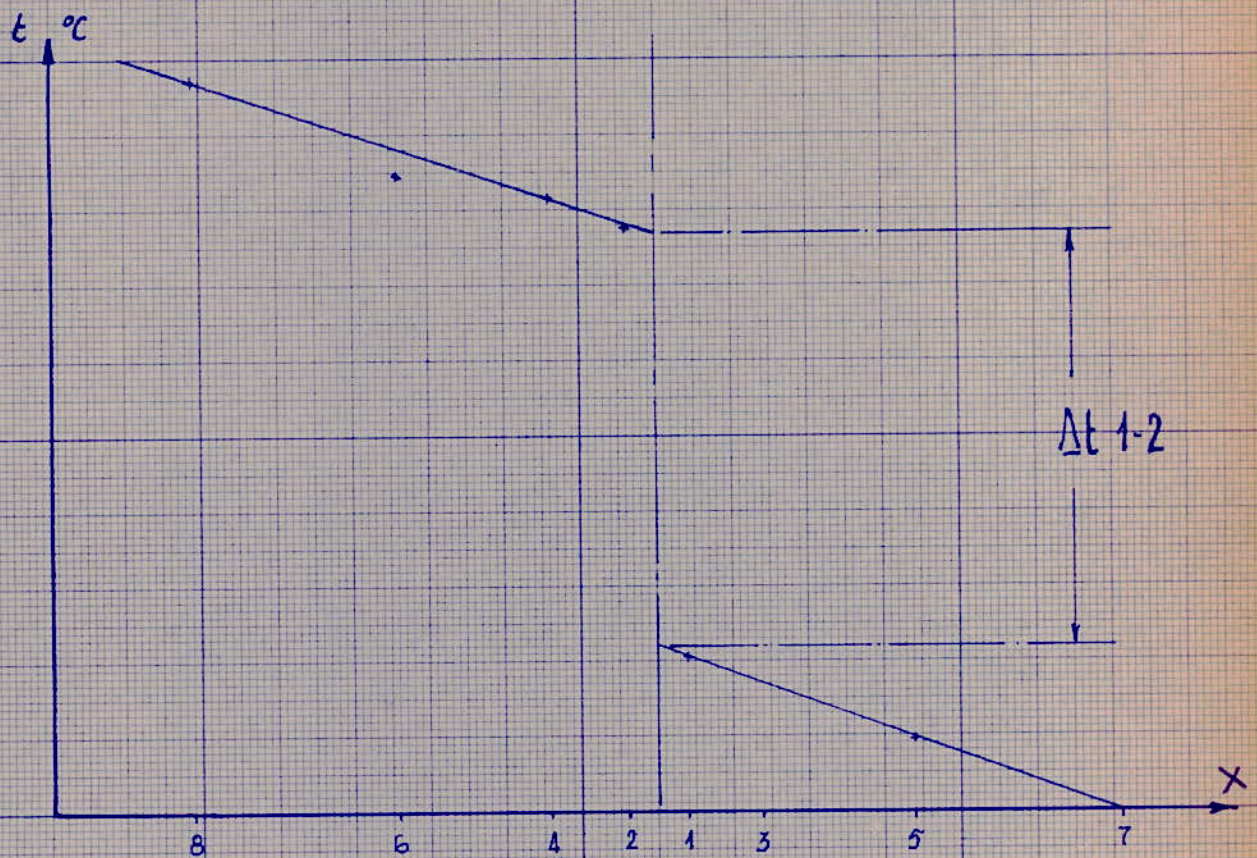
Repère Thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivots	1,87	2,91	}	3,01	1,57	3,07	1,39	3,39
Température °C	46,50	71,50		}	74,00	39,00	75,50	38,75



Graphe: C 28

Cuivre $e = 375 \mu$

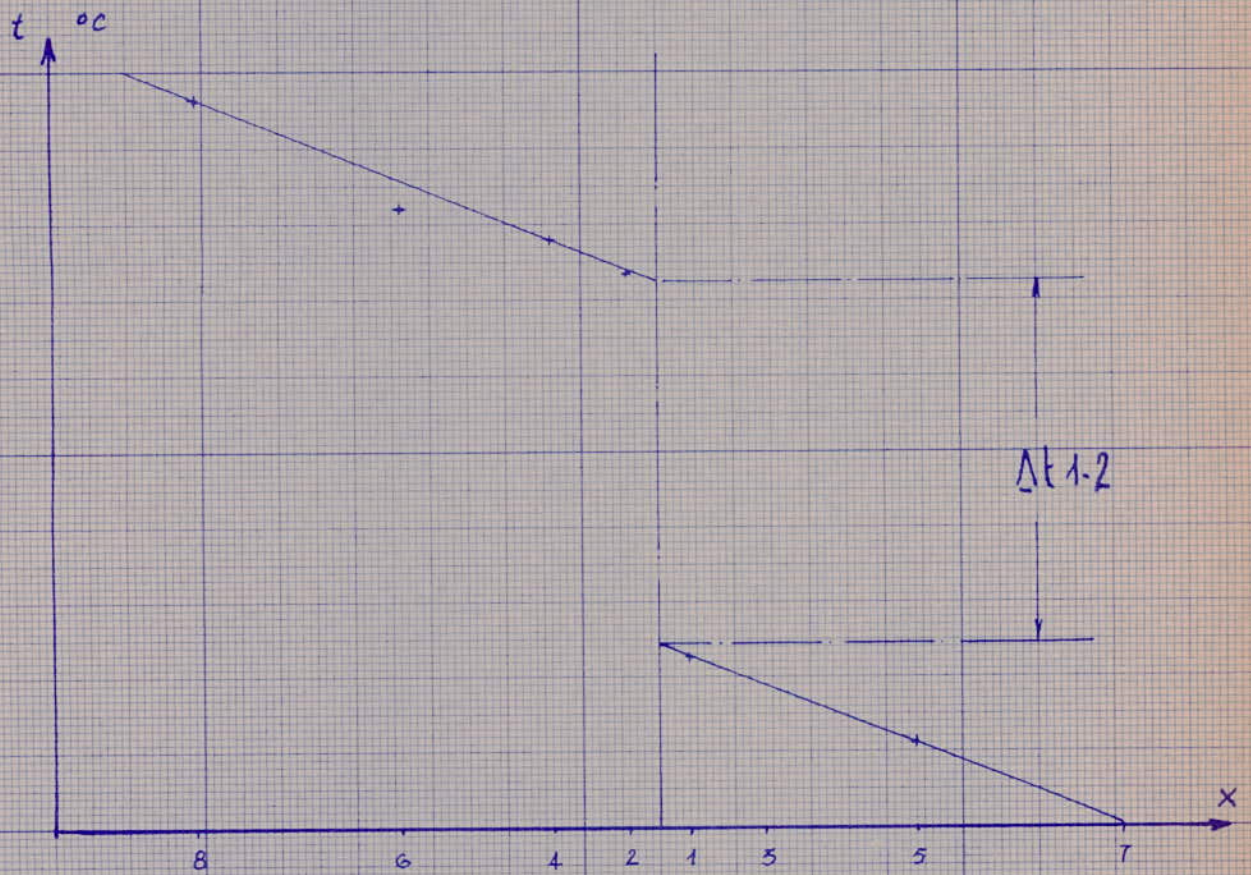
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,81	2,99	⋮	3,08	1,59	3,12	1,39	3,40
Température en °C	45,00	73,50	⋮	75,50	39,50	76,50	34,75	83,25



Graph: C 29

Cuivre $e = 400 \mu$

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,84	2,90	}	2,99	1,61	3,07	1,38	3,38
Température en °C	45,75	71,25		73,50	40,00	71,50	34,50	82,75



Graphe : C 30

Cuivre $e = 410 \mu$

3.2.37 Epaisseur e = 440/μ Graphe C31

$$\Delta T_{1-2} = 19,75 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 13 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 8,9859 \cdot 10^3 \text{ Kcal / m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 2,197 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ } ^\circ \text{C / Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 1,315 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ } ^\circ \text{C / Kcal}$$

3.2.38 Epaisseur e = 460/μ Graphe C32

$$\Delta T_{1-2} = 26,25 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,50 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 7,2578 \cdot 10^3 \text{ Kcal / m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 3,616 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ } ^\circ \text{C / Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 2,734 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ } ^\circ \text{C / Kcal}$$

3.2.39 Epaisseur e = 480/μ Graphe C33

$$\Delta T_{1-2} = 24 \text{ } ^\circ \text{C}$$

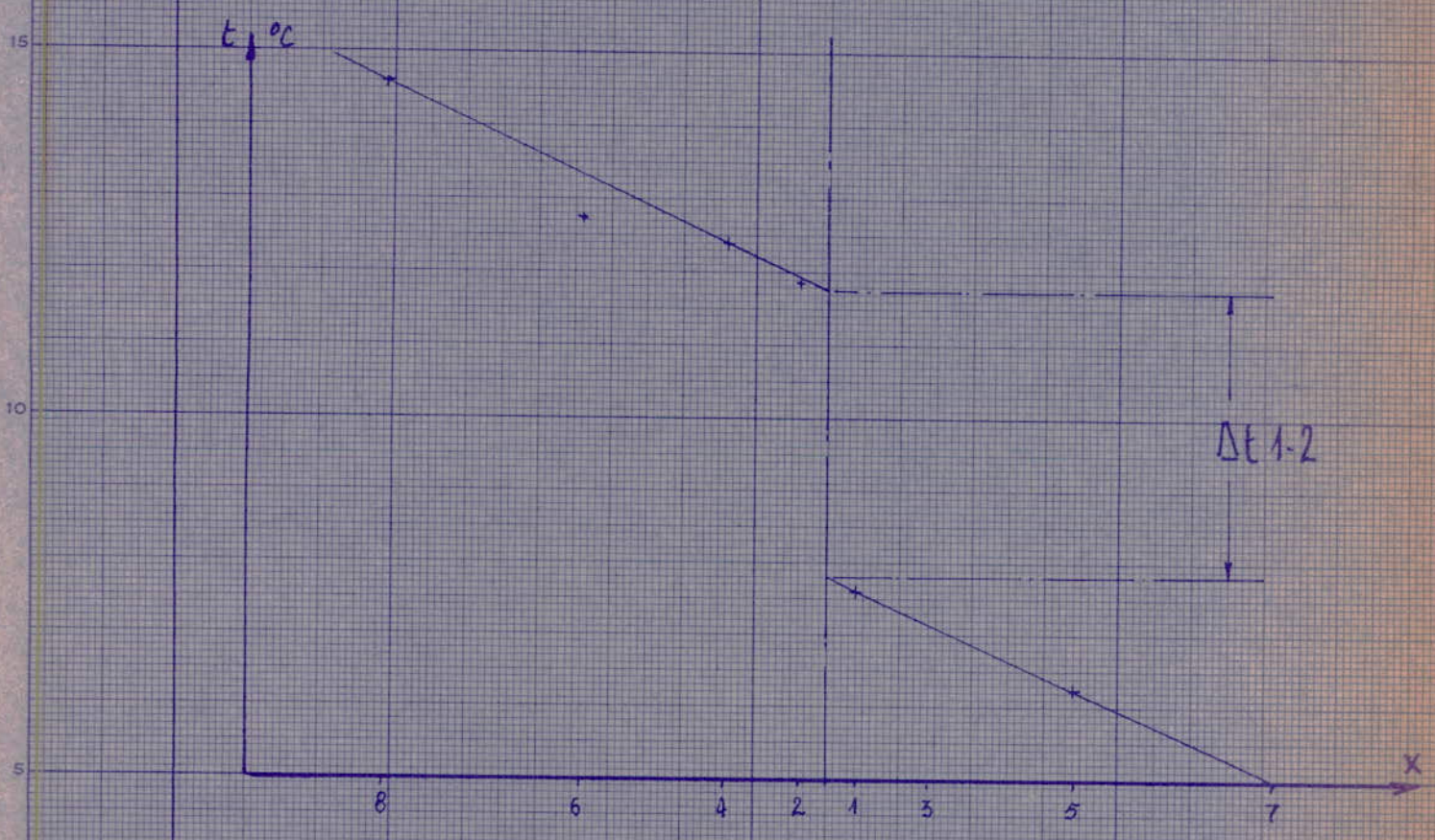
$$\Delta T_{1-7} = 11,50 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$a) \quad q = 7,9491 \cdot 10^3 \text{ Kcal / m}^2 \cdot \text{h}$$

$$b) \quad R_t = 3,019 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ } ^\circ \text{C / Kcal}$$

$$c) \quad K_{j1} + K_{j2} = 2,136 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ } ^\circ \text{C / Kcal}$$

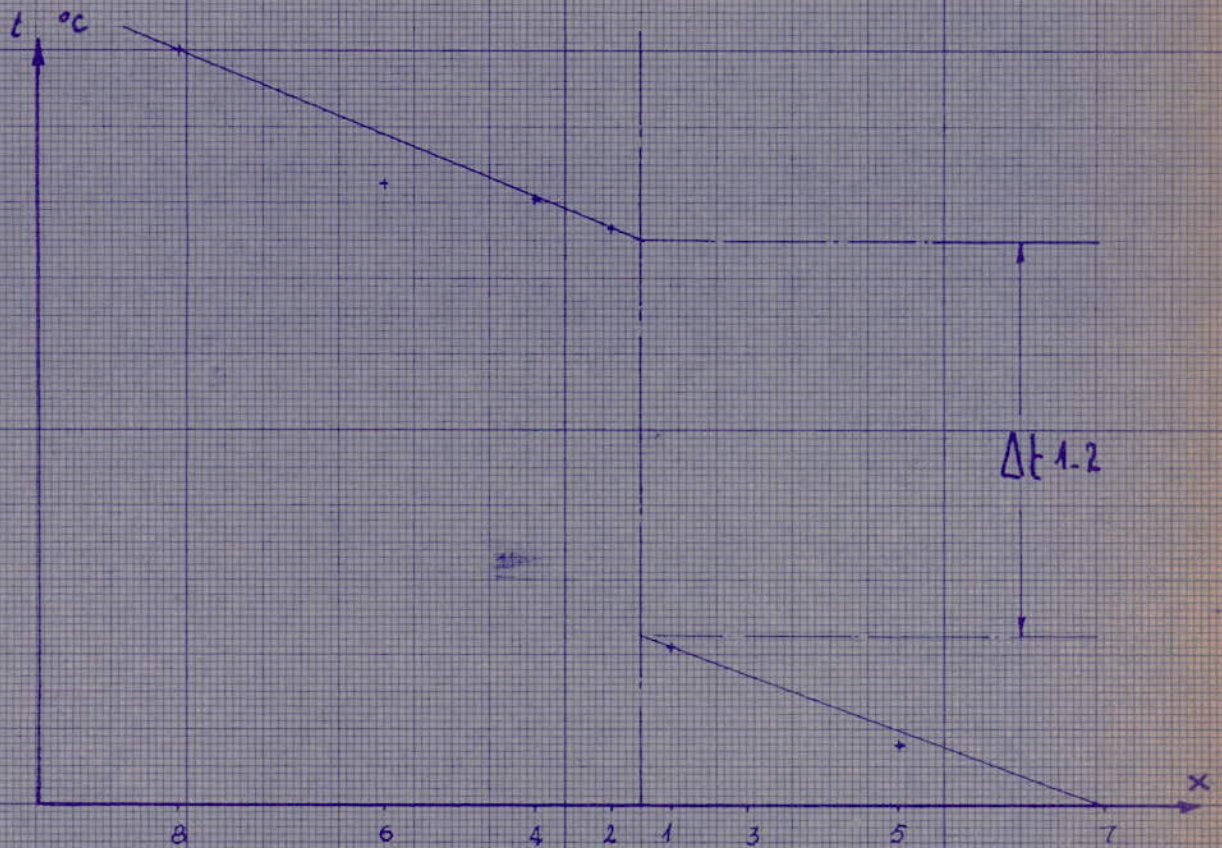
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,95	2,82	}	2,94	1,67	3,01	1,41	3,40
Température en °C	48,25	69,50		72,25	41,50	74,00	35,25	83,25



Graphe: C 31

Cuivre $e = 440 \mu$

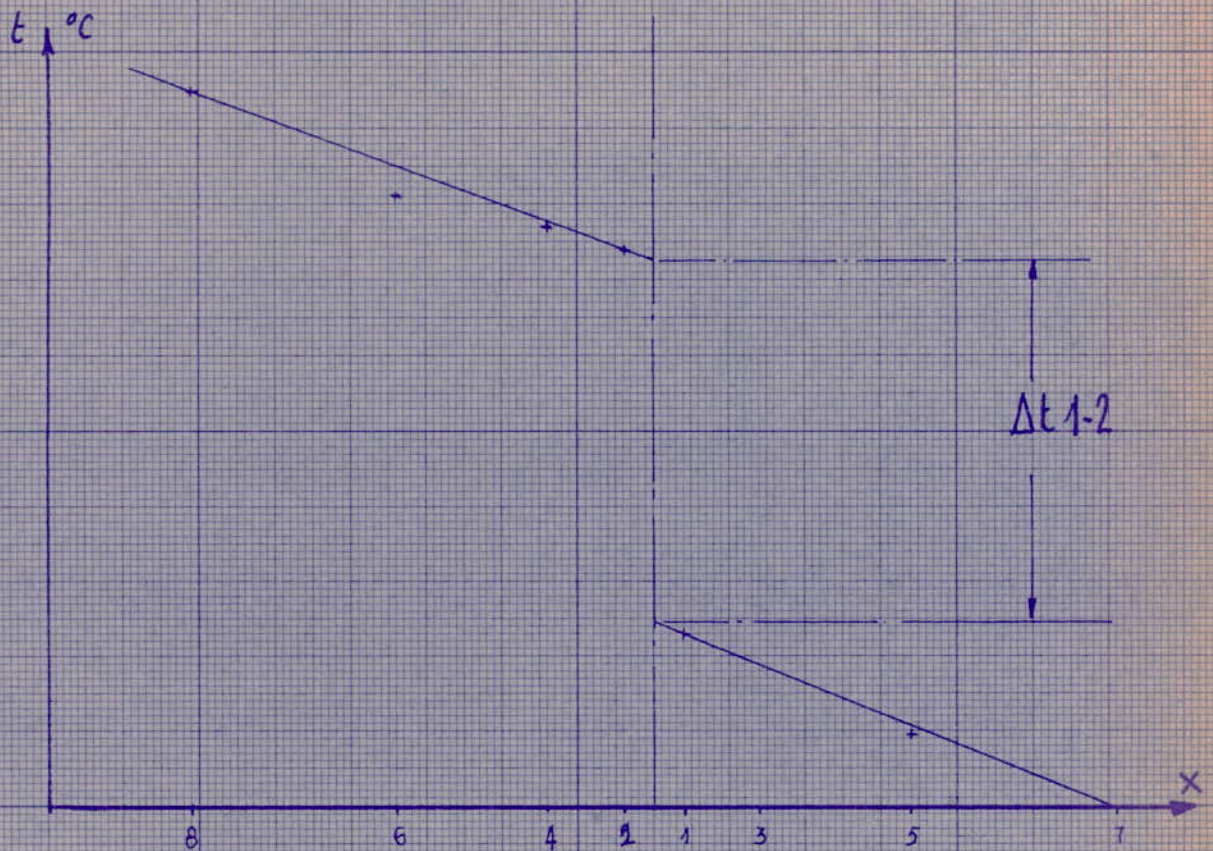
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,81	2,96	}	3,04	1,55	3,08	1,38	3,05
Température en °C	45,00	72,75		74,75	38,50	75,75	34,50	84,50



Graphe: C 32

Cuivre $e = 460 \mu$

Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,89	2,95	}	3,01	1,62	3,10	1,42	3,39
Température en °C	47,00	72,50		74,00	40,25	76,00	35,50	83,00



Graphe: C 33

Cuivre $\alpha = 480 \mu$

3.3.1 Epaisseur e = 50 μ graphe A1

$$\Delta T_{1-2} = 15^{\circ} \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12^{\circ} \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,2947 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 1,808 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^{\circ} \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 0,925 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^{\circ} \text{C/Kcal}$$

3.3.2 Epaisseur e = 65 μ graphe A2

$$\Delta T_{1-2} = 13,25^{\circ} \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 13^{\circ} \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,9859 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 1,474 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^{\circ} \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 0,591 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^{\circ} \text{C/Kcal}$$

3.3.3 Epaisseur e = 150 μ graphe A2a

$$\Delta T_{1-2} = 15,75^{\circ} \text{C}$$

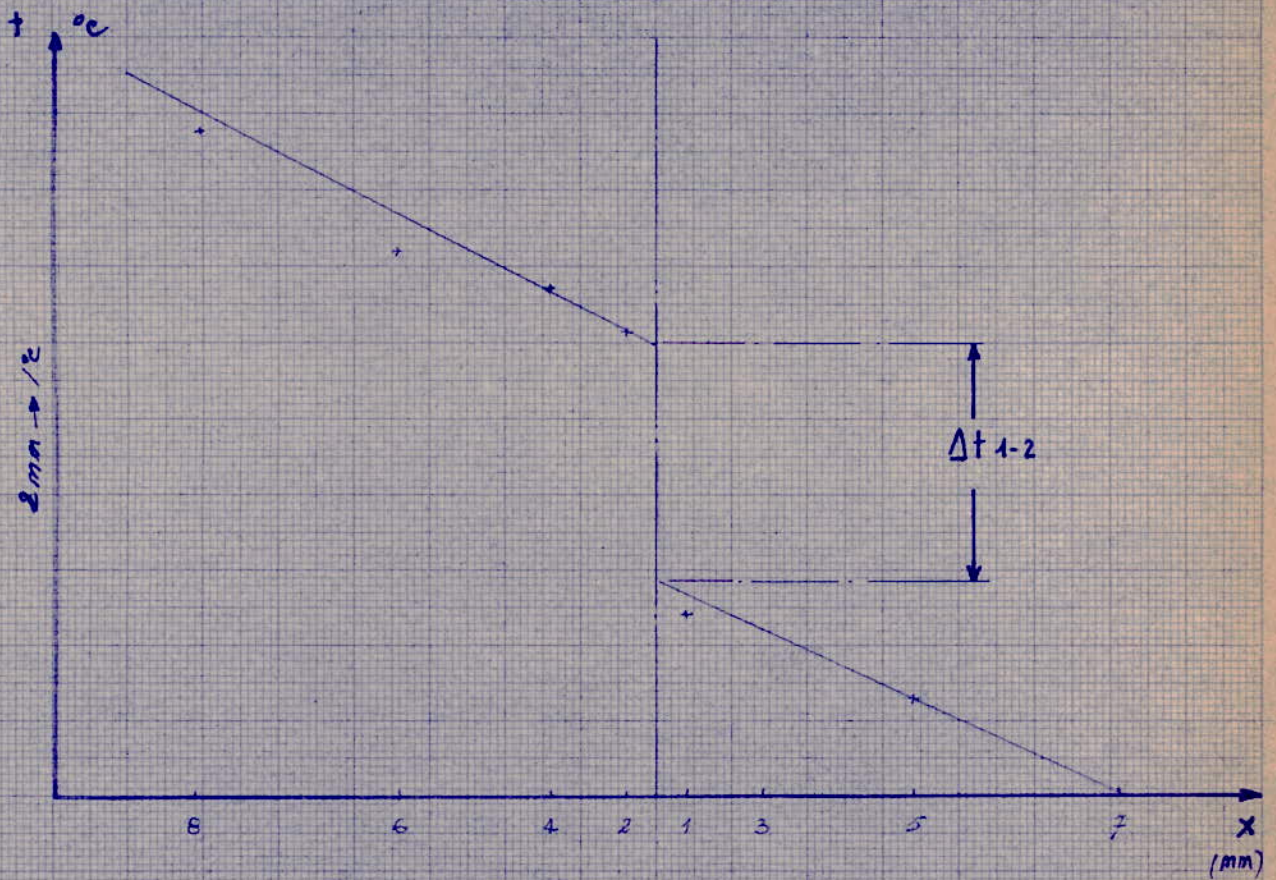
$$\Delta T_{1-7} = 11^{\circ} \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,6035 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,071 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^{\circ} \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,188 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^{\circ} \text{C/Kcal}$$

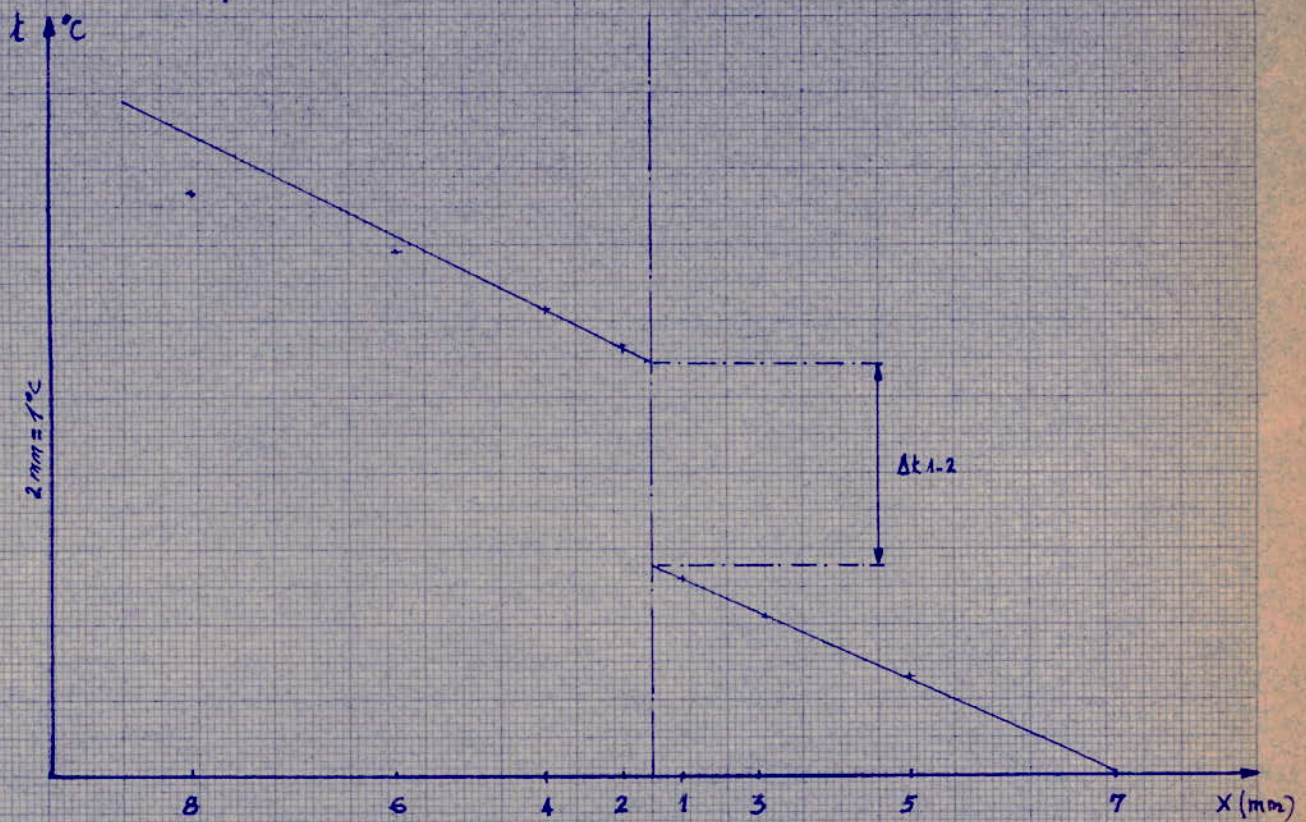
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,58	2,34	1,53	2,45	1,34	6,51	1,08	2,88
Temperature °C	39,00	57,75	38,00	60,10	33,50	63,00	27,00	70,75



Graph: A1

Chute correspondant à 1 feuille d'Al
d'épaisseur de 50 μ

Repères thermocouples	1	2	3	4	5	6	7	8
F.E.M en MV	1,66	2,29	1,57	2,39	1,39	2,55	1,13	2,71
Températures en °C	41,25	56,50	39,00	59,00	34,75	62,80	28,25	66,75



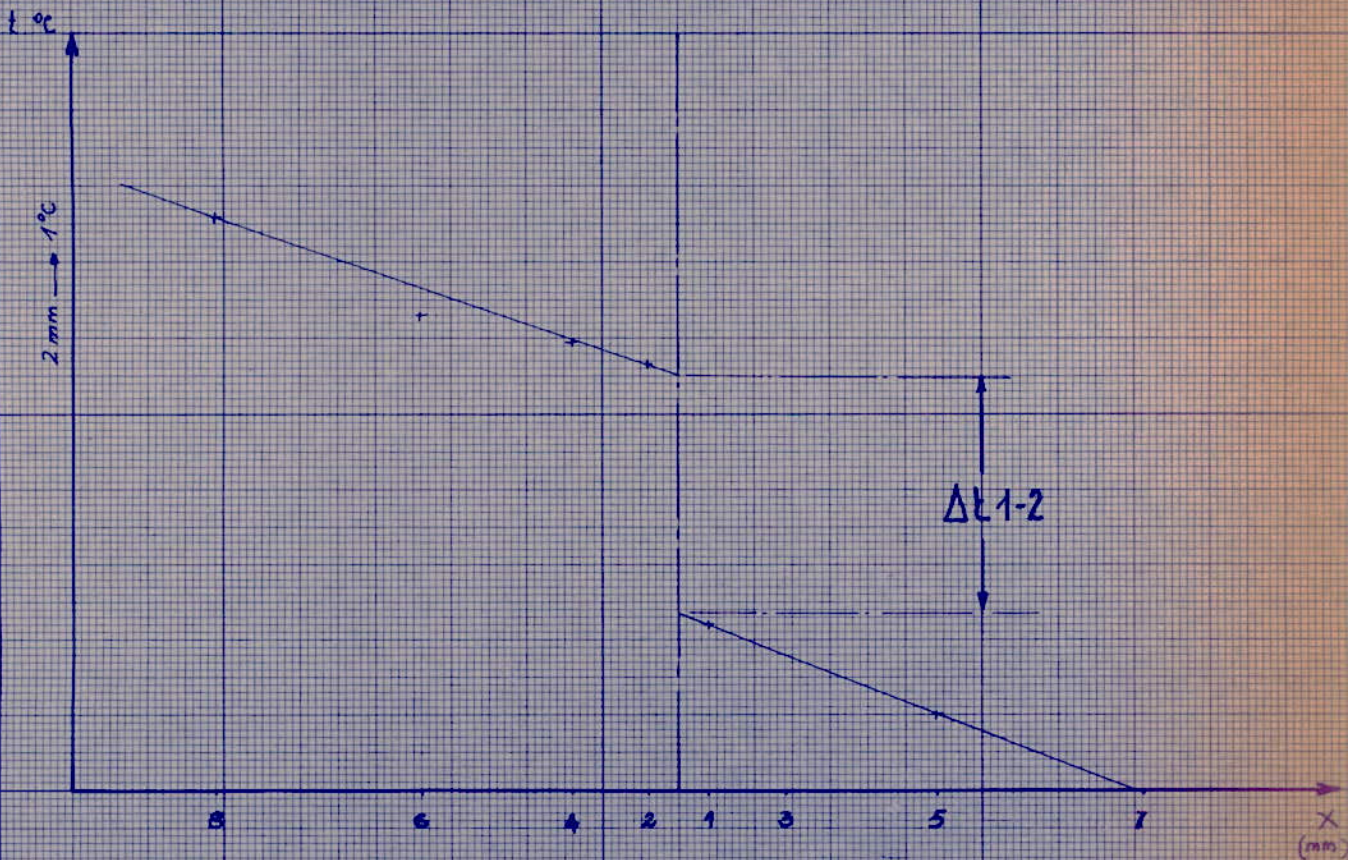
Graphie : A2

chute correspondant à 1 feuille de clinquant (Al) $e = 65 \mu$
placée entre 2 feuilles de papier à cigarette.

Régime stationnaire établi au bout de 2h00mn

- Régime stat -

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,84	2,56	1,72	2,60	1,60	2,69	1,39	2,96
Température en °C	45,75	65,00	43,75	64,50	39,75	66,25	34,75	72,75



Graphe: A2a

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 150 \mu$

3.3.4 Epaisseur e = 170 μ graphe A10

$$\Delta T_{1-2} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12,50^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,6403 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,314 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,432 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kcal}$$

3.3.5 Epaisseur e = 190 μ graphe A2b

$$\Delta T_{1-2} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,0850 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,117 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,234 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

3.3.6 Epaisseur e = 205 μ graphe ~~A16~~ A11

$$\Delta T_{1-2} = 23,25^{\circ}\text{C}$$

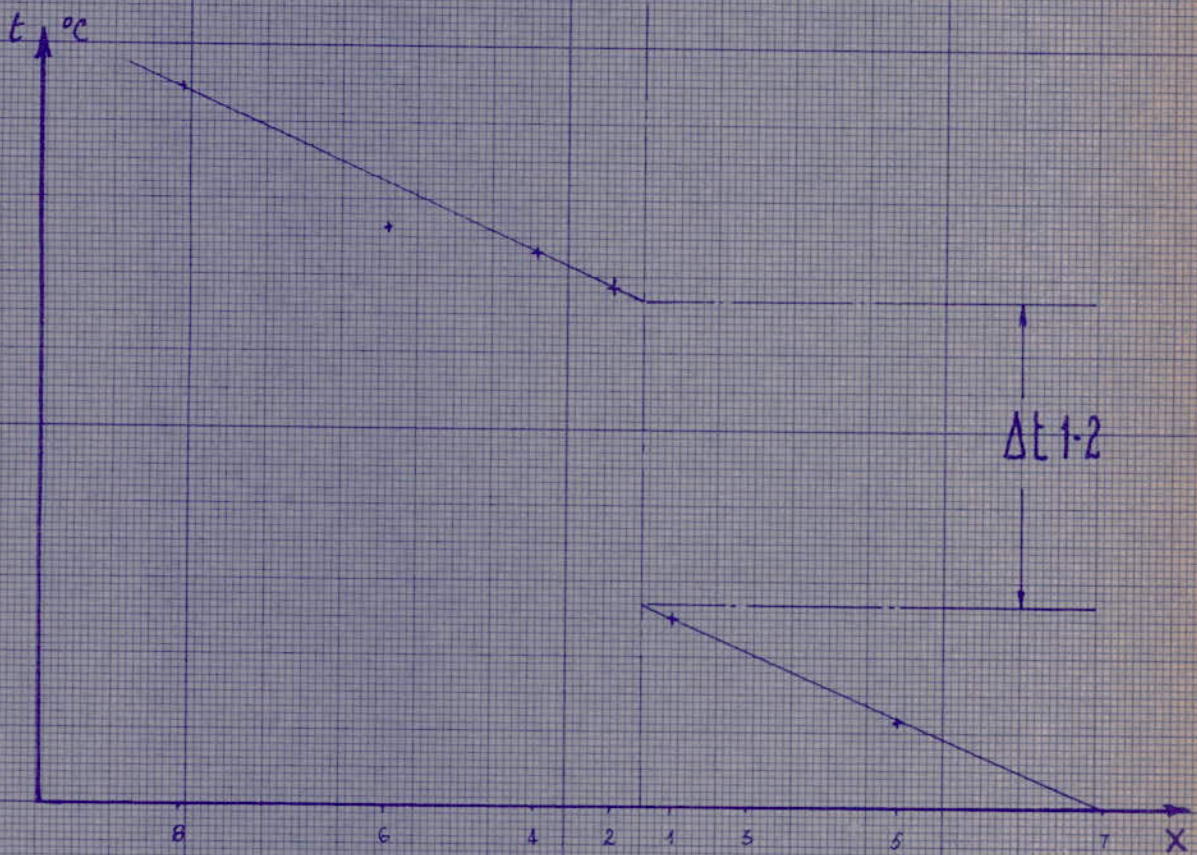
$$\Delta T_{1-7} = 12^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,2947 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,802 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,920 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

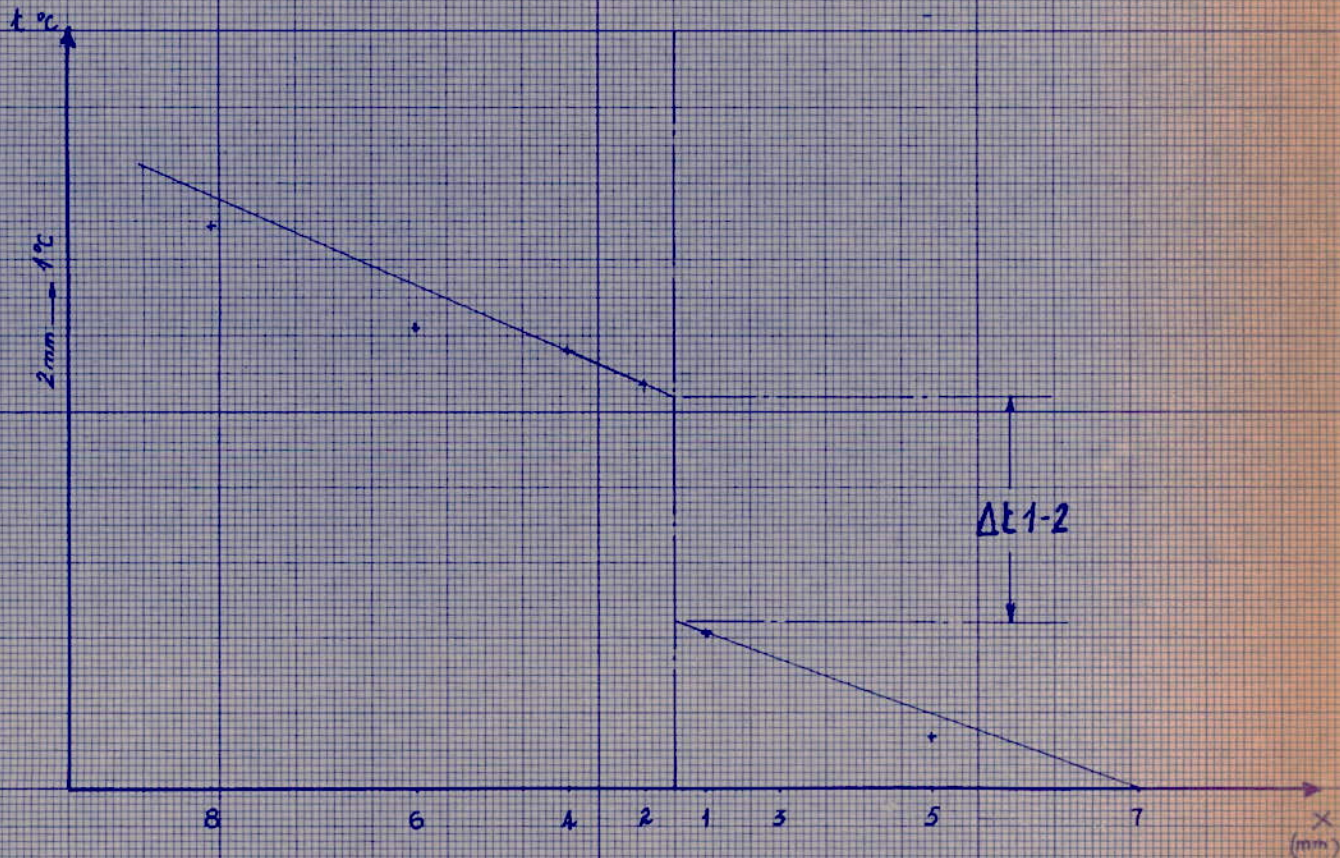
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,93	2,83	}	2,92	1,65	2,99	1,41	3,37
Température en °C	47,75	69,50	}	71,75	41,00	73,50	35,25	82,50



Graphie A10

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 170 \mu$

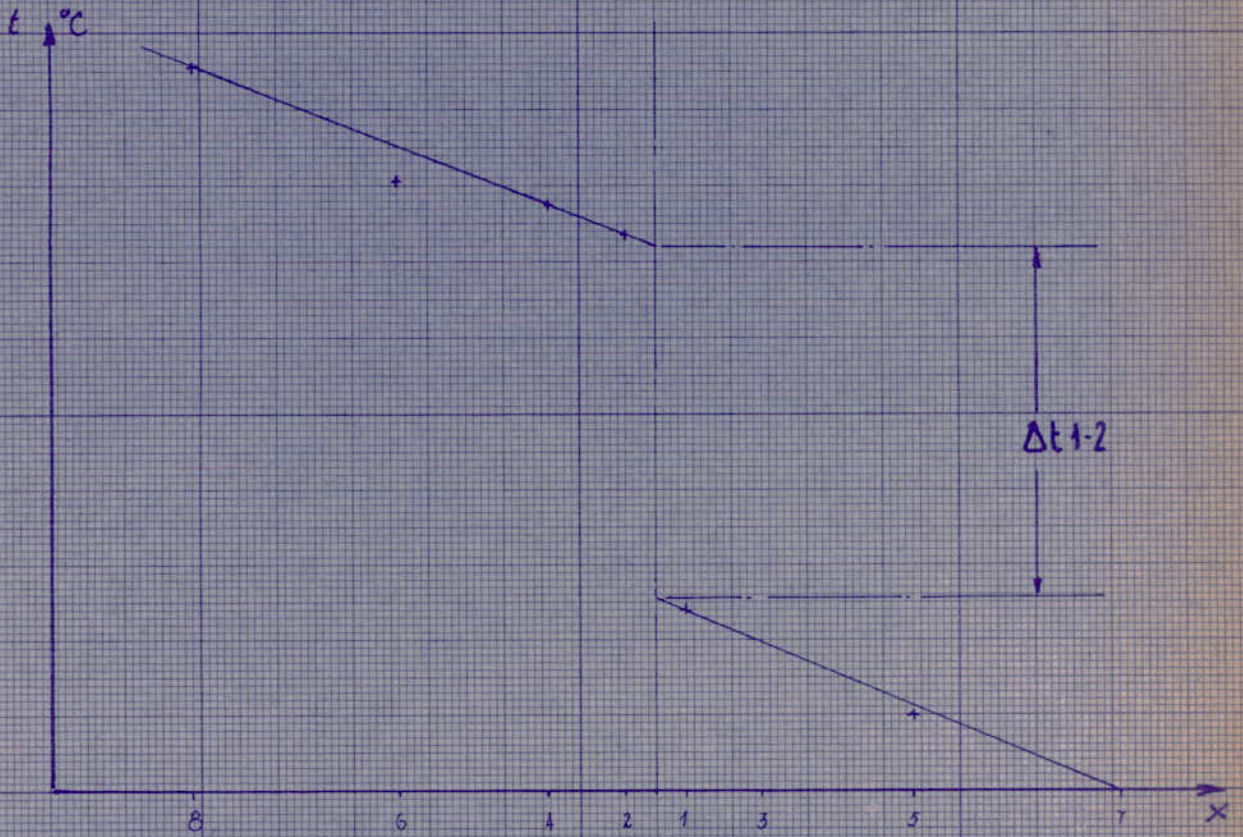
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,02	2,70	1,95	2,79	1,74	2,85	1,60	3,14
Température en °C	50,00	66,50	48,25	68,75	43,25	70,00	39,75	77,00



Graphe: A2 b

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 190 \mu$

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,91	2,93	}	3,01	1,62	3,07	1,41	3,39
Température en °C	47,25	72,00		74,00	10,25	75,50	35,25	83,00



Graphe: A 11

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 205 \mu$

3.3.7 Epaisseur e = 220 μ graphe A3

$$\Delta T_{1-2} = 22,25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,50^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,2578 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,065 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,182 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.8 Epaisseur e = 230 μ graphe A1312

$$\Delta T_{1-2} = 21^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,75^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,1219 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,585 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,702 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.9 Epaisseur e = 250 μ graphe A1413

$$\Delta T_{1-2} = 21,75^\circ \text{C}$$

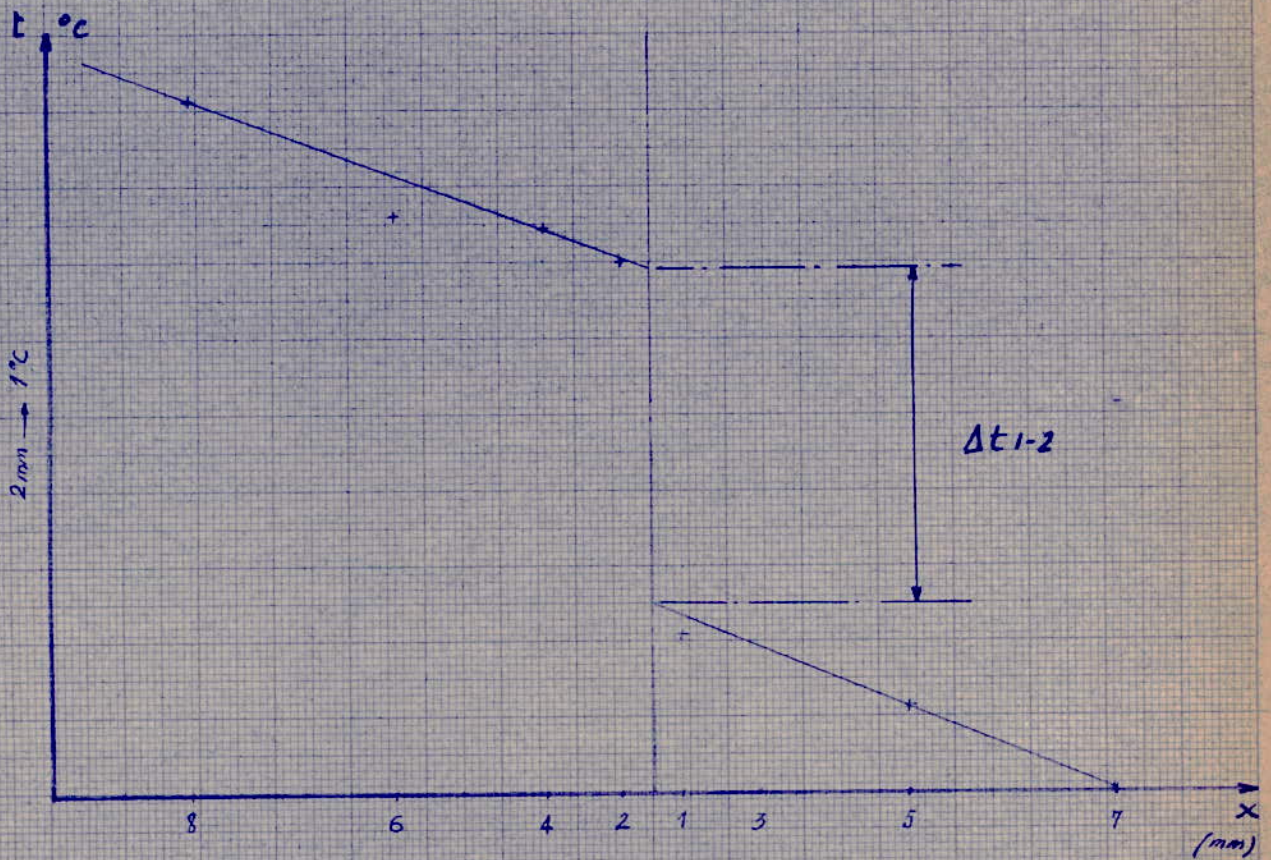
$$\Delta T_{1-7} = 11,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,7763 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,796 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,914 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

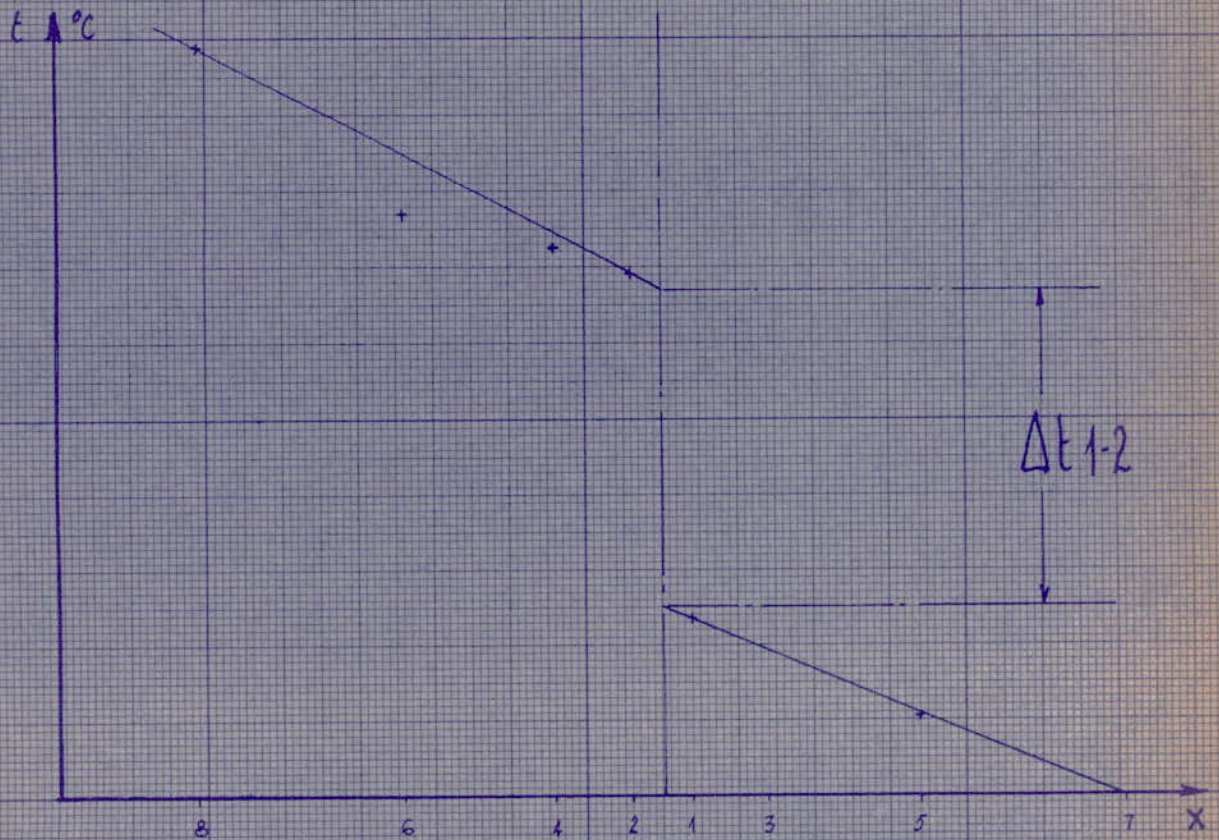
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,45	2,45	1,41	2,55	1,25	2,58	1,02	2,98
Température °C	36	60,5	35,25	62,75	31,25	63,50	65,50	70,75



Grapha : A3

Chute correspondant à 1 feuille d'al
d'épaisseur 220μ

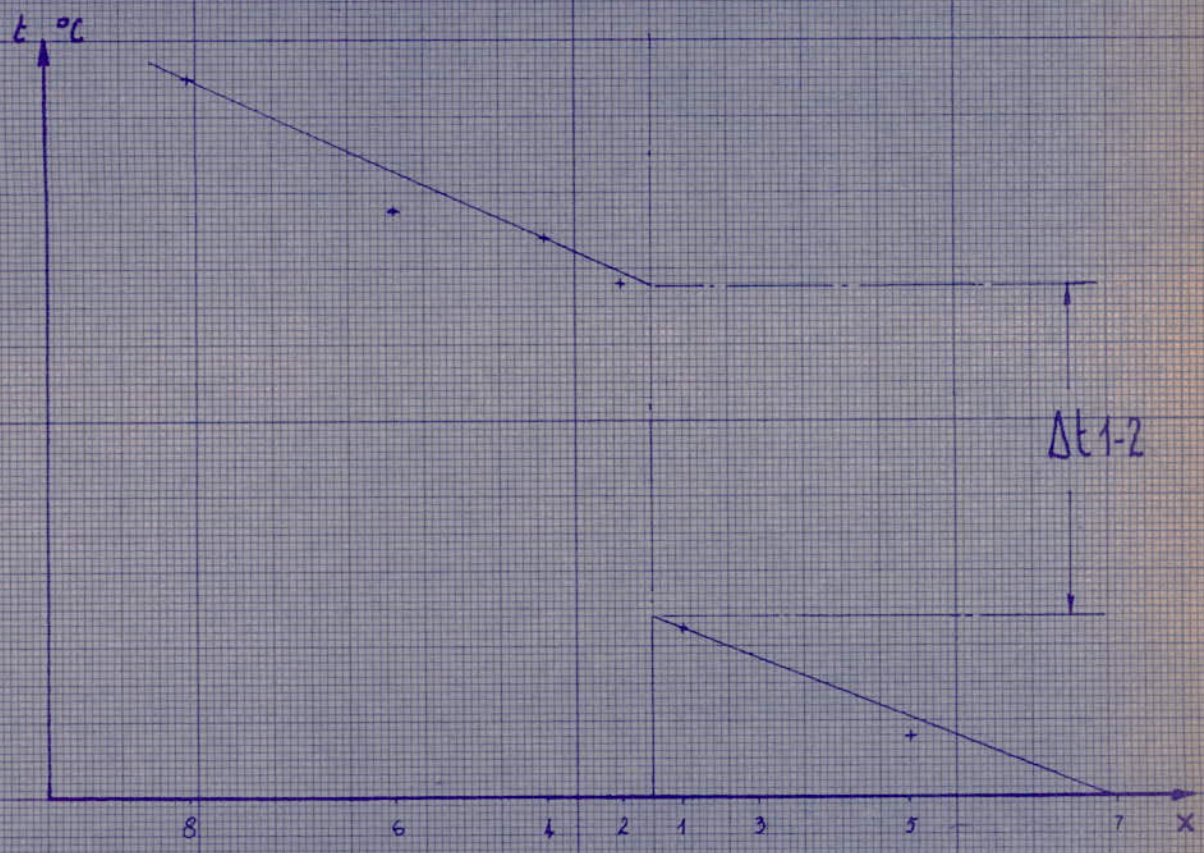
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,98	2,84	⚡	2,93	1,65	3,02	1,43	3,48
Température en °C	47,50	70,25	⚡	92,00	114,00	74,25	35,75	85,25



Graph: A 12

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 230 \mu$

Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,89	2,82	⋮	2,95	1,59	3,02	1,42	3,39
Température en °C	46,75	69,50	⋮	72,50	39,50	74,25	35,50	83,00



Graphe: A13

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium d'épaisseur 250μ

3.3.10 Epaisseur e = 270 μ graphe A3a

$$\Delta T_{1-2} = 16,25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,4675 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$\text{b) } R_t = 1,919 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,036 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.11 Epaisseur e = 285 μ graphe A13 A-14

$$\Delta T_{1-2} = 22,25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12,50^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,6403 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,575 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,692 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.12 Epaisseur e = 292 μ graphe A12 A. 15

$$\Delta T_{1-2} = 19,50^\circ \text{C}$$

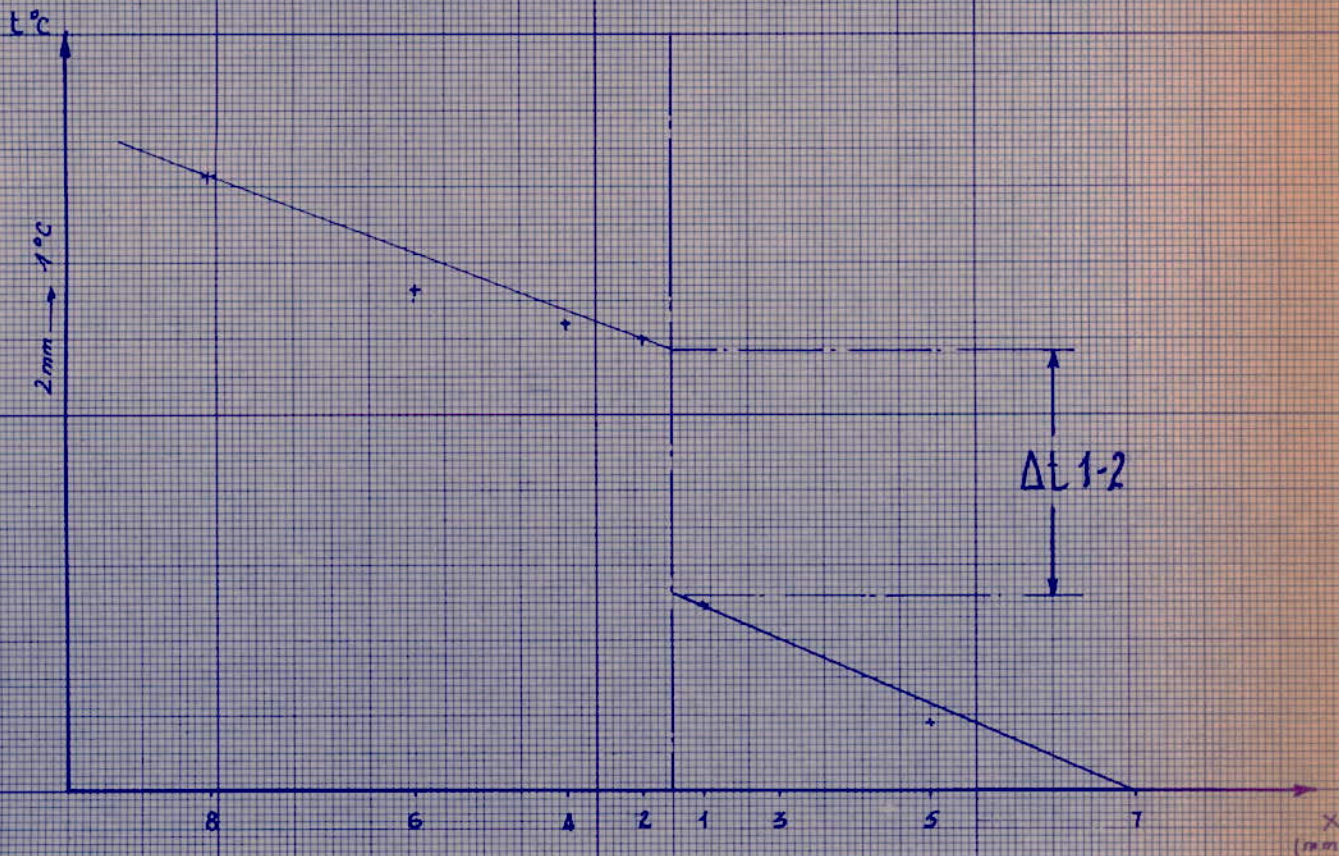
$$\Delta T_{1-7} = 13^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,9859 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,170 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,287 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

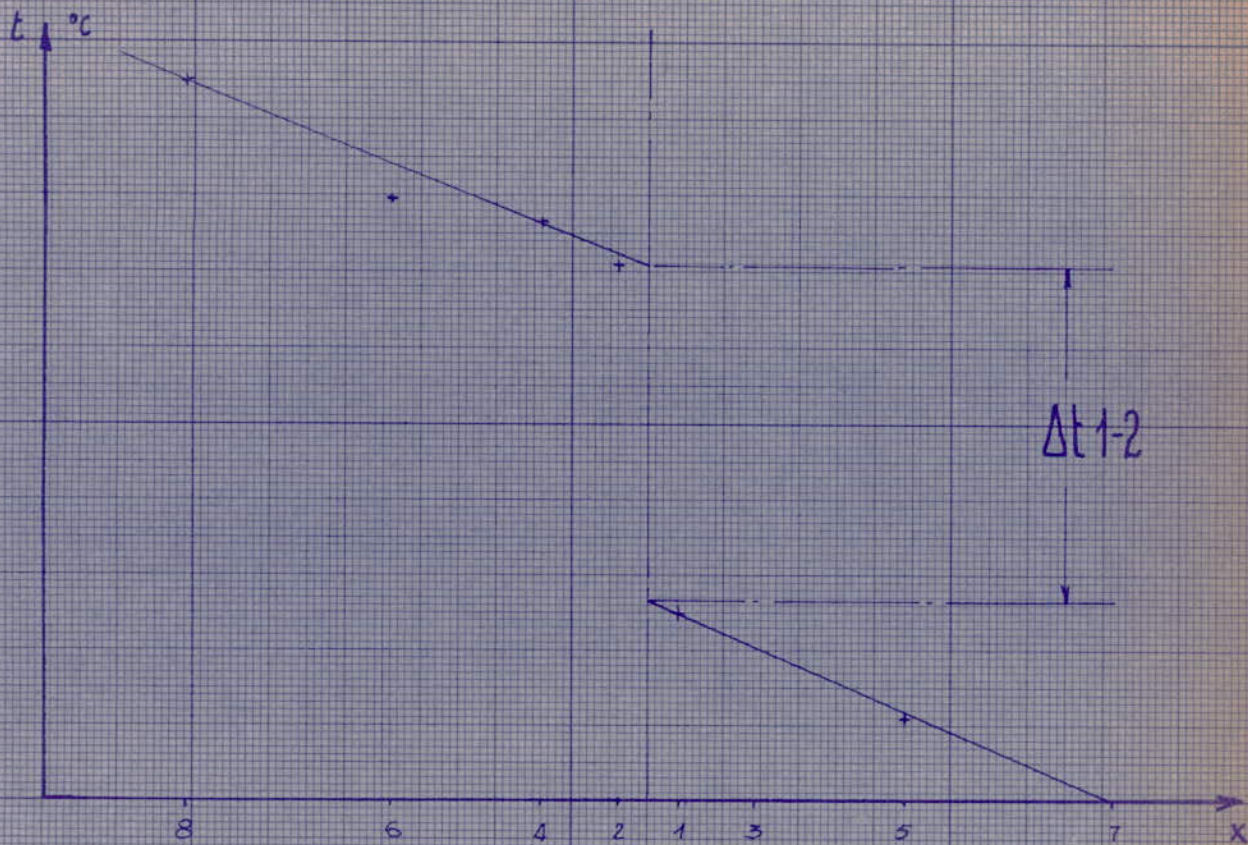
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,92	2,65	1,82	2,69	1,60	2,78	1,41	2,10
Température en °C	47,50	65,25	45,25	66,25	39,75	68,50	35,25	76,00



Graph: A3a

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 270 \mu$

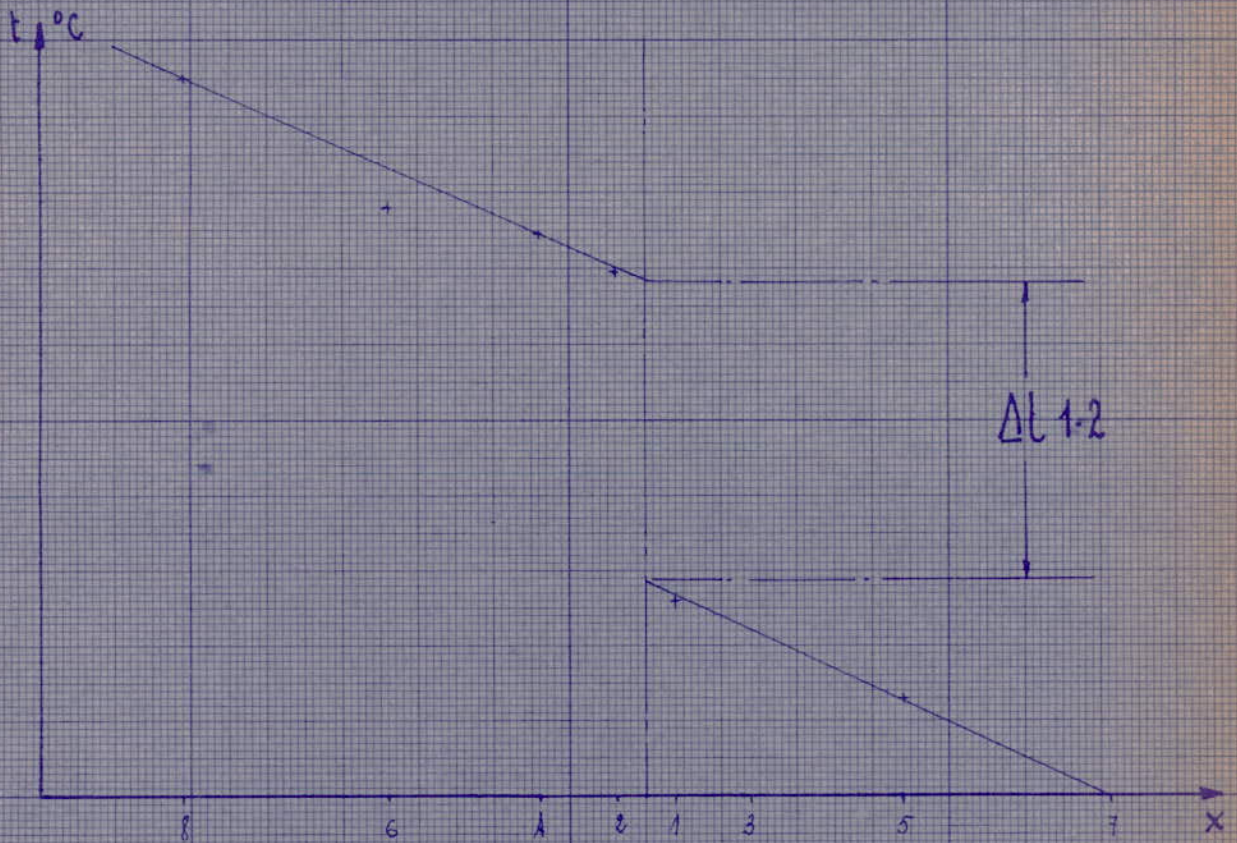
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,92	2,87	}	2,98	1,63	3,04	1,20	3,37
Température en °C	47,50	70,50	}	73,25	40,50	74,75	35,00	82,50



Graph: A14

chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 285 \mu$

Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,95	2,95	⋮	2,95	1,68	3,02	1,41	3,38
Température en °C	48,25	70,00	⋮	72,50	11,75	74,25	35,25	82,75



Graphe : A 15

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 292 \mu$

3.3.13 Epaisseur e = 310 μ graphe A11 A16

$$\Delta T_{1-2} = 17^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 15^\circ \text{C}$$

a) $|q| = 10,3684 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 1,639 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 0,756 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

3.3.14 Epaisseur e = 325 μ graphe A19 A17

$$\Delta T_{1-2} = 27^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10^\circ \text{C}$$

a) $|q| = 6,9122 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 3,906 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 3,023 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/kcal}$

3.3.15 Epaisseur e = 350 μ graphe A4

$$\Delta T_{1-2} = 20,50^\circ \text{C}$$

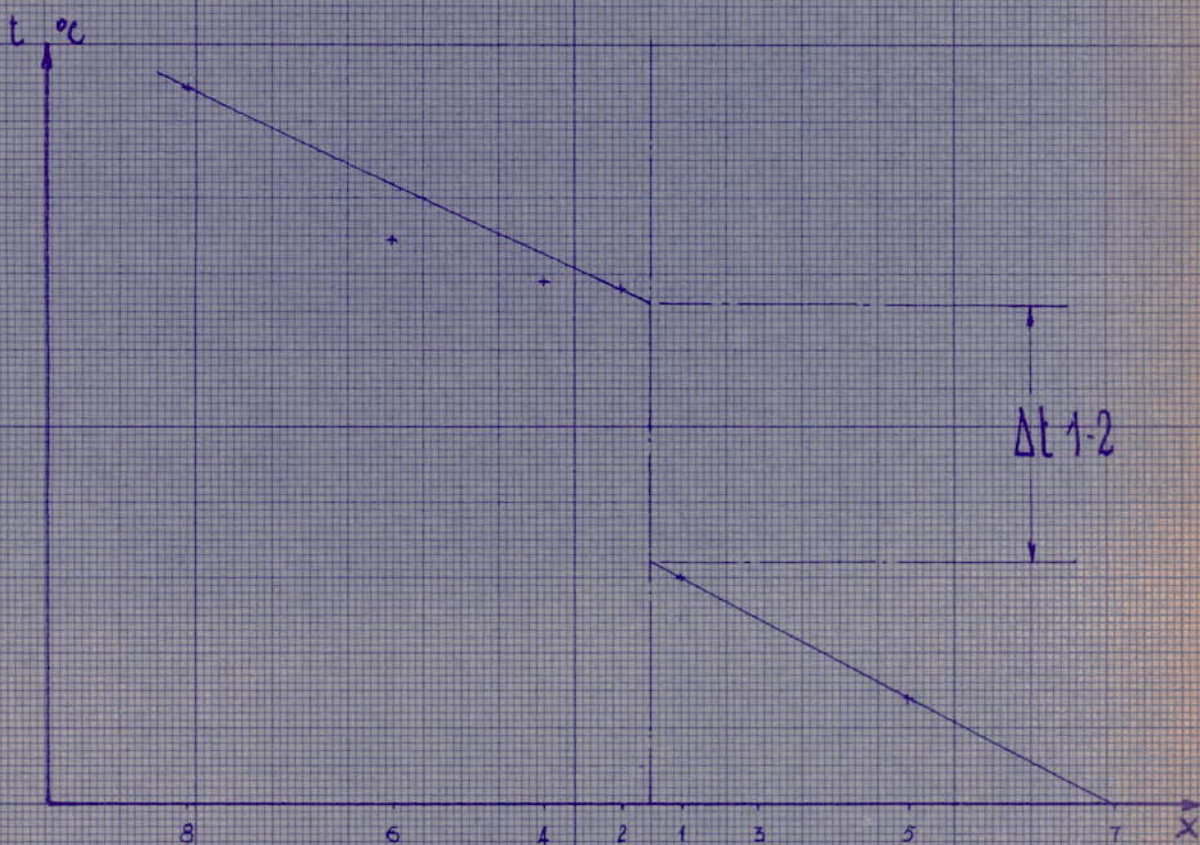
$$\Delta T_{1-7} = 11^\circ \text{C}$$

a) $|q| = 7,6035 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 2,696 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/KCal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,813 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

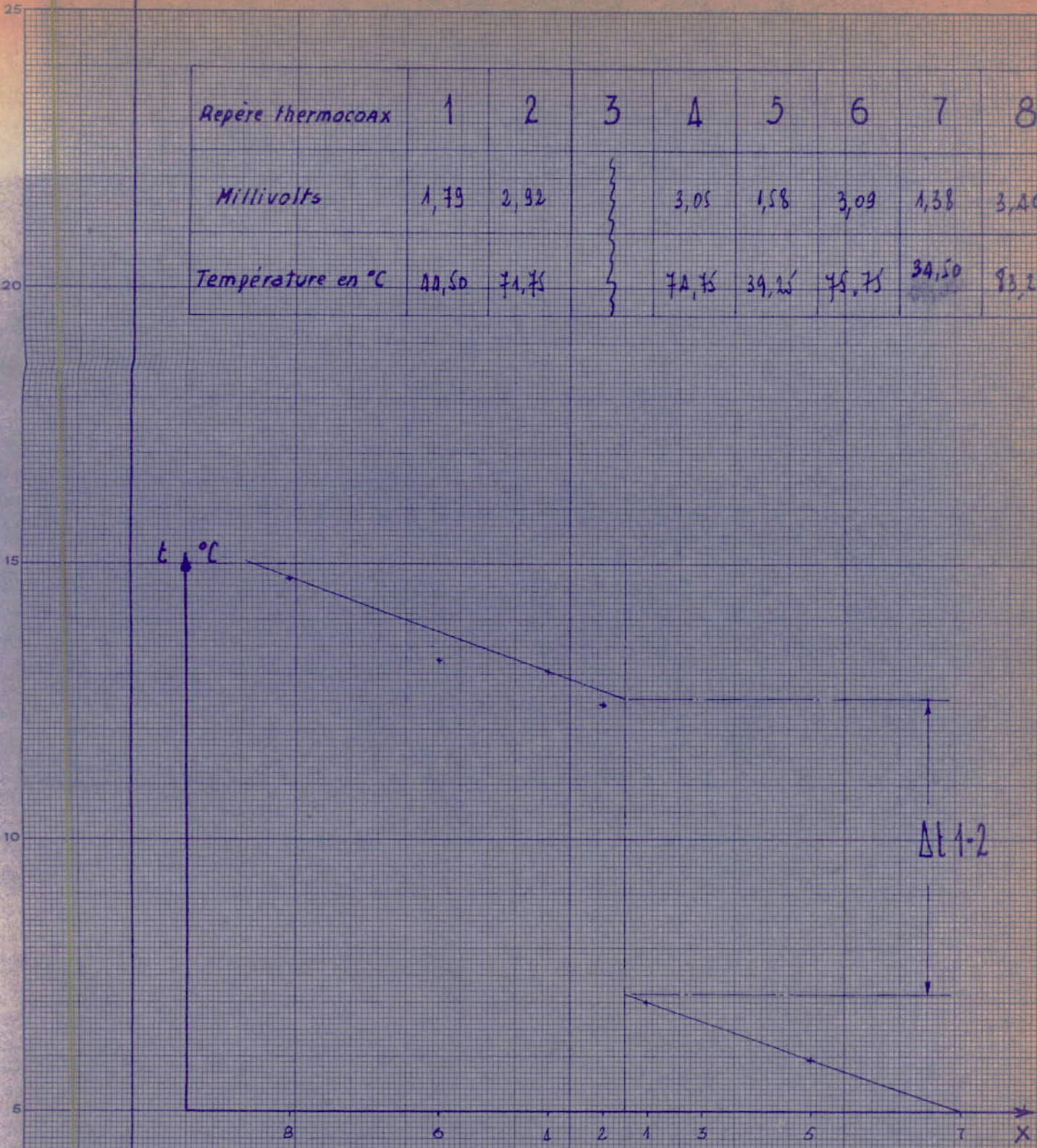
Repère thermocaux	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,04	2,83	}	2,89	1,71	3,00	1,42	3,38
Température en °C	50,50	69,50		}	71,00	42,50	73,75	35,50



Graphe: A 16

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 310 \mu$

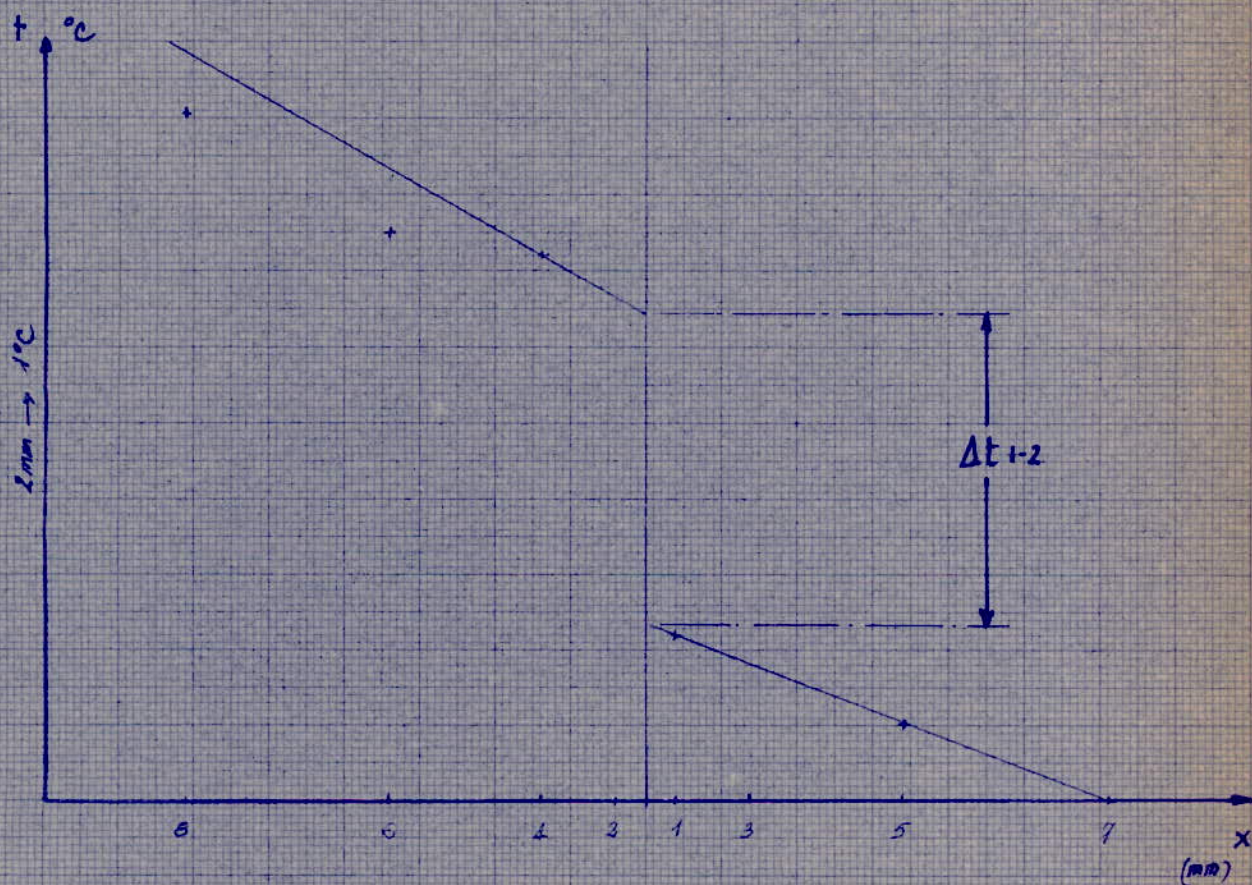
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,79	2,92	}	3,05	1,58	3,09	1,38	3,40
Température en °C	40,50	71,75		}	74,75	39,25	75,75	34,50



Graphe : A 17

chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 325 \mu$

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,48	2,40	1,40	2,52	1,25	2,58	1,06	2,90
Température °C	87,00	59,25	35,00	62,00	31,25	63,50	26,00	71,25



Graph: A4

Chute correspondant à 1 feuille d'Al
 d'épaisseur 350μ

3.3.16 Epaisseur e = 370 μ graphe A18

$$\Delta T_{1-2} = 26,25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,6035 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,452 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,569 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.17 Epaisseur e = 400 μ graphe A5

$$\Delta T_{1-2} = 23^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 9^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 6,2210 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,697 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,814 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.18 Epaisseur e = 418 μ graphe A6

$$\Delta T_{1-2} = 22,75^\circ \text{C}$$

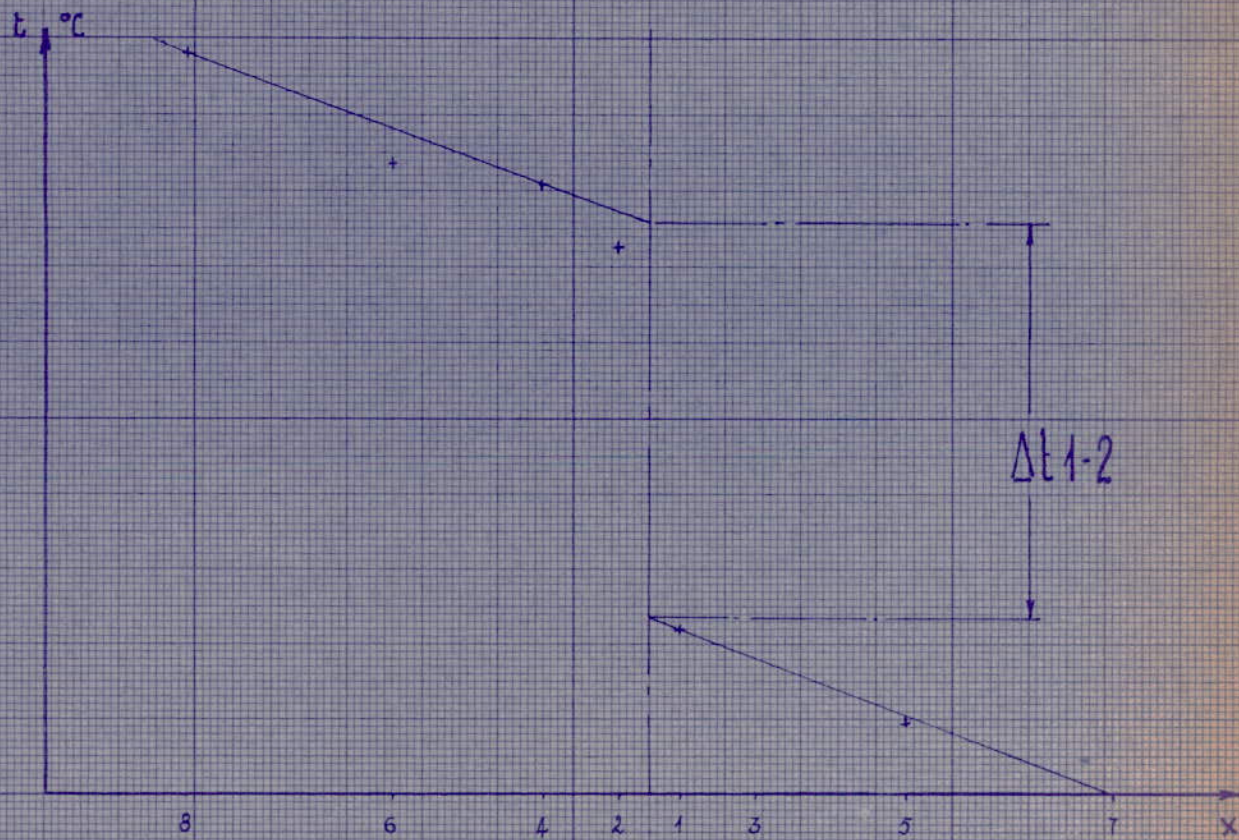
$$\Delta T_{1-7} = 10^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 6,9122 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,291 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,408 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

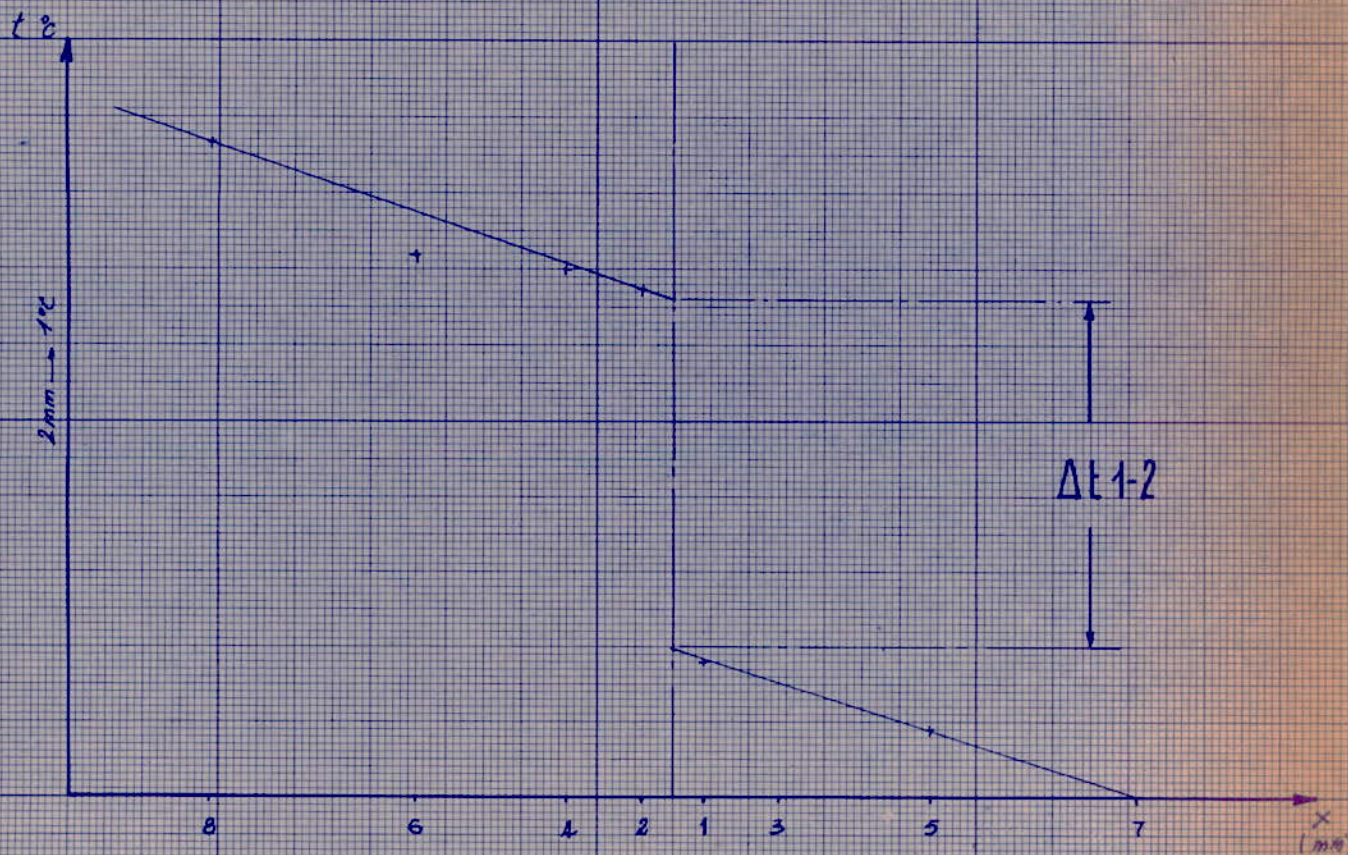
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,83	2,88	}	3,06	1,58	3,11	1,38	3,41
Température en °C	45,50	70,75		75,00	39,25	76,25	34,50	83,50



Graphe A 18

chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 370 \mu$

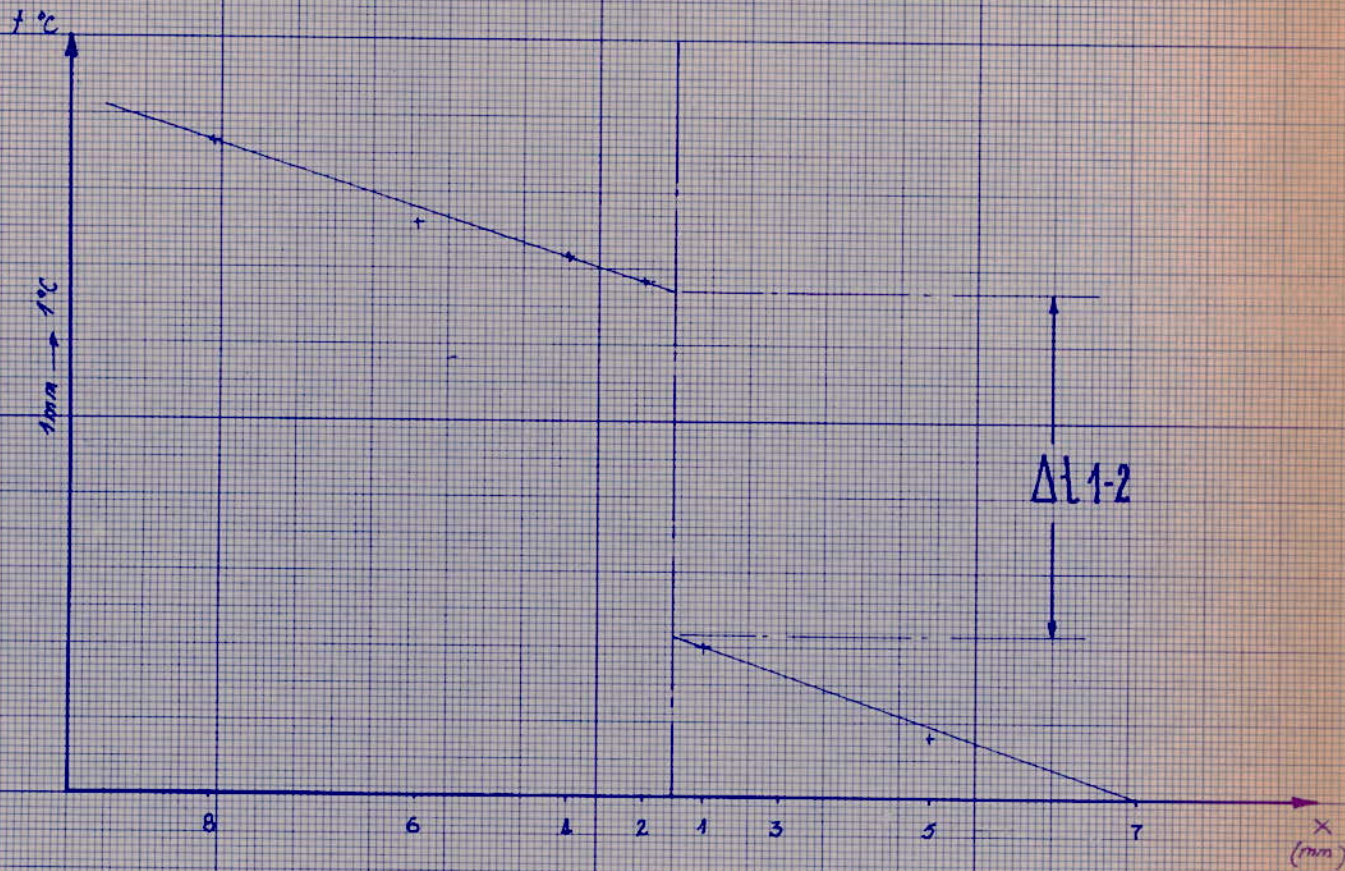
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,73	2,75	1,67	2,80	1,55	2,85	1,36	3,15
Température en °C	43,00	67,75	44,50	69,00	38,50	70,00	31,00	77,25



Graph: A5

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 400 \mu$

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,76	2,76	1,69	2,82	1,52	2,88	1,35	3,14
Température en °C	43,75	68,00	42,00	69,50	37,75	71,75	83,75	77,00



Graphe: A6

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 418 \mu$

3.3.19 Epaisseur e = 440 μ graphe A19

3.24

$$\Delta T_{1-2} = 29^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 9,2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 6,3938 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 4,535 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 3,652 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

3.3.20 Epaisseur 465 μ graphe A7

$$\Delta T_{1-2} = 26,2^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 7,7^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 5,3570 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 4,900 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 4,017 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

3.3.21 Epaisseur e = 480 μ graphe A20

$$\Delta T_{1-2} = 28,50^{\circ}\text{C}$$

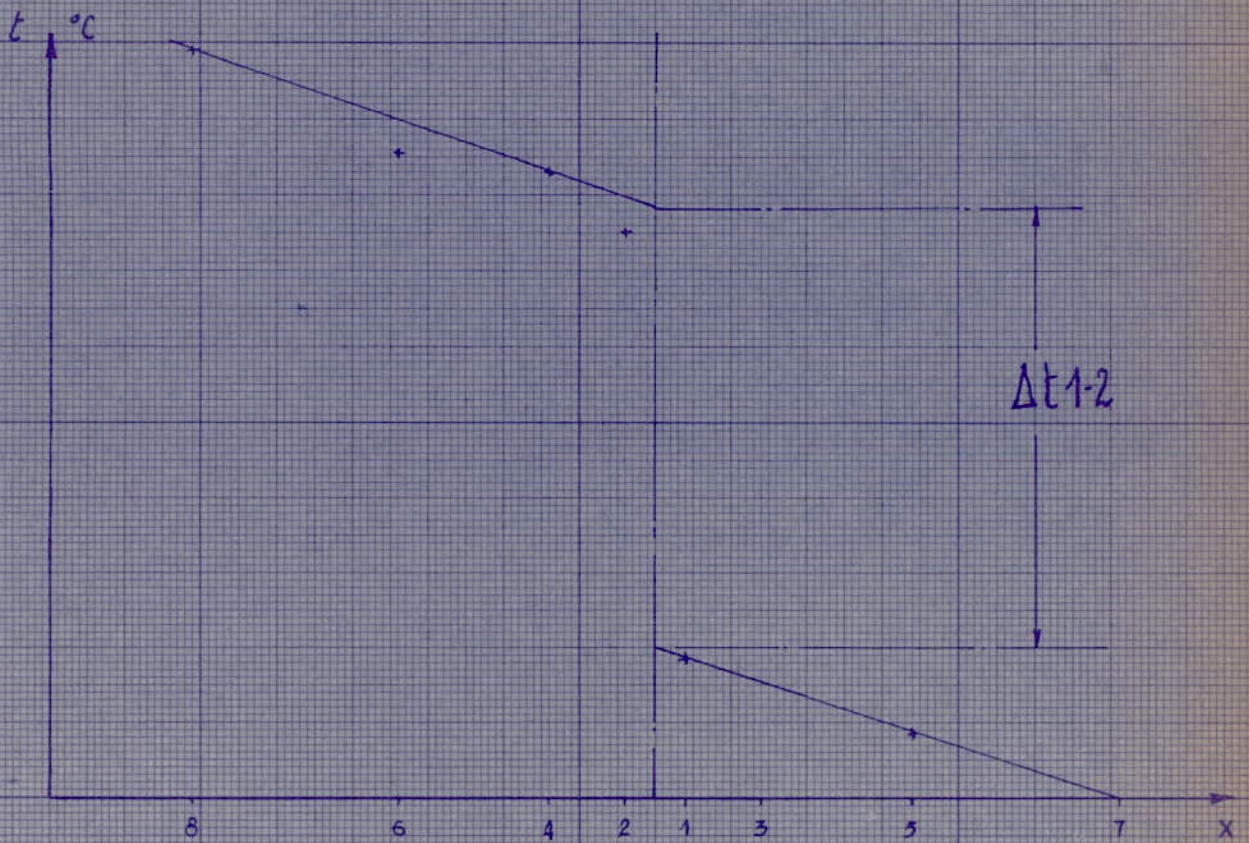
$$\Delta T_{1-7} = 10,50^{\circ}\text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,2578 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,926 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 3,043 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$$

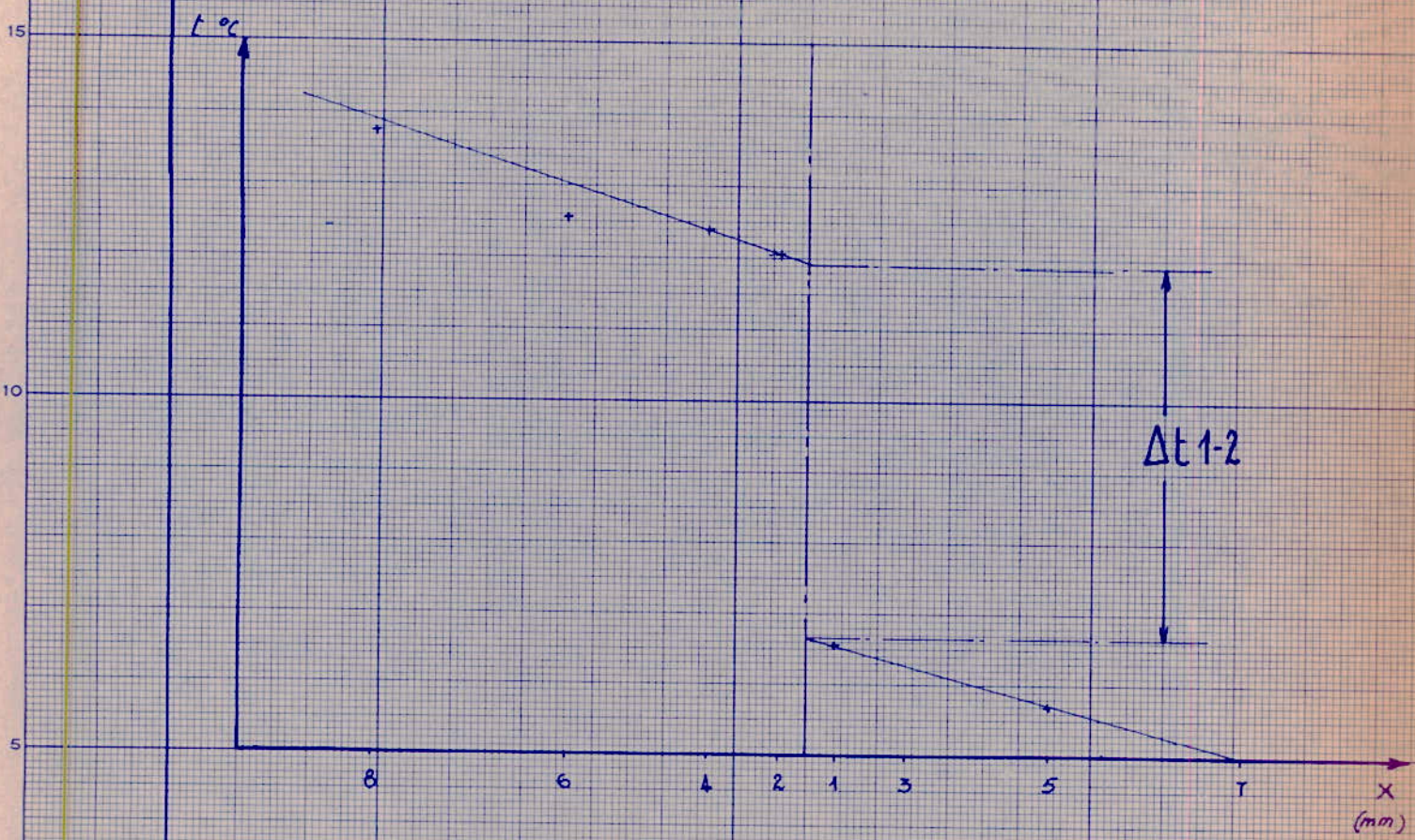
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,75	2,92	⋮	3,09	1,55	3,12	1,37	3,42
Température en °C	43,50	71,75	⋮	75,75	38,50	76,50	34,25	83,75



Graphe: A 19

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
 épaisseur $e = 440 \mu$

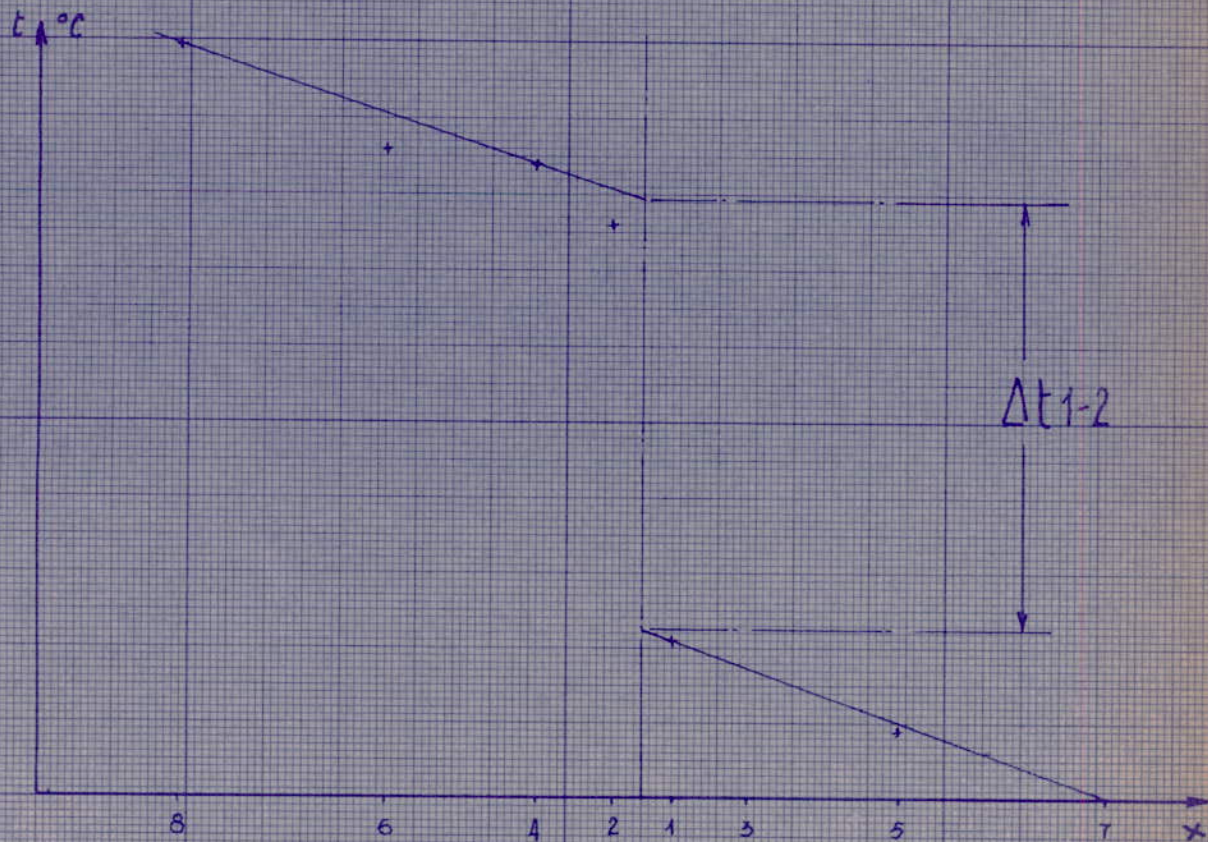
Repère thermocaux	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,10	2,51	1,31	2,61	1,23	2,61	1,09	2,89
Température en °C	35,00	62,50	33,50	64,25	30,75	65,00	27,25	71,00



Graphe : A7

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 465 \mu$

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,78	2,92	⋮	3,09	1,54	3,13	1,35	3,41
Température en °C	44,85	71,75	⋮	75,75	38,25	76,75	33,75	83,50



Graphe : A20

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 480 \mu$

3.3.22 Epaisseur e = 500 μ graphe A21

$$\Delta T_{1-2} = 25,50^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,7763 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,279 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,396 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.23 Epaisseur e = 530 μ graphe A8

$$\Delta T_{1-2} = 22,5^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,50^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,2578 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,100 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,217 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.3.24 Epaisseur e = 550 μ graphe A20 ee

$$\Delta T_{1-2} = 30,25^\circ \text{C}$$

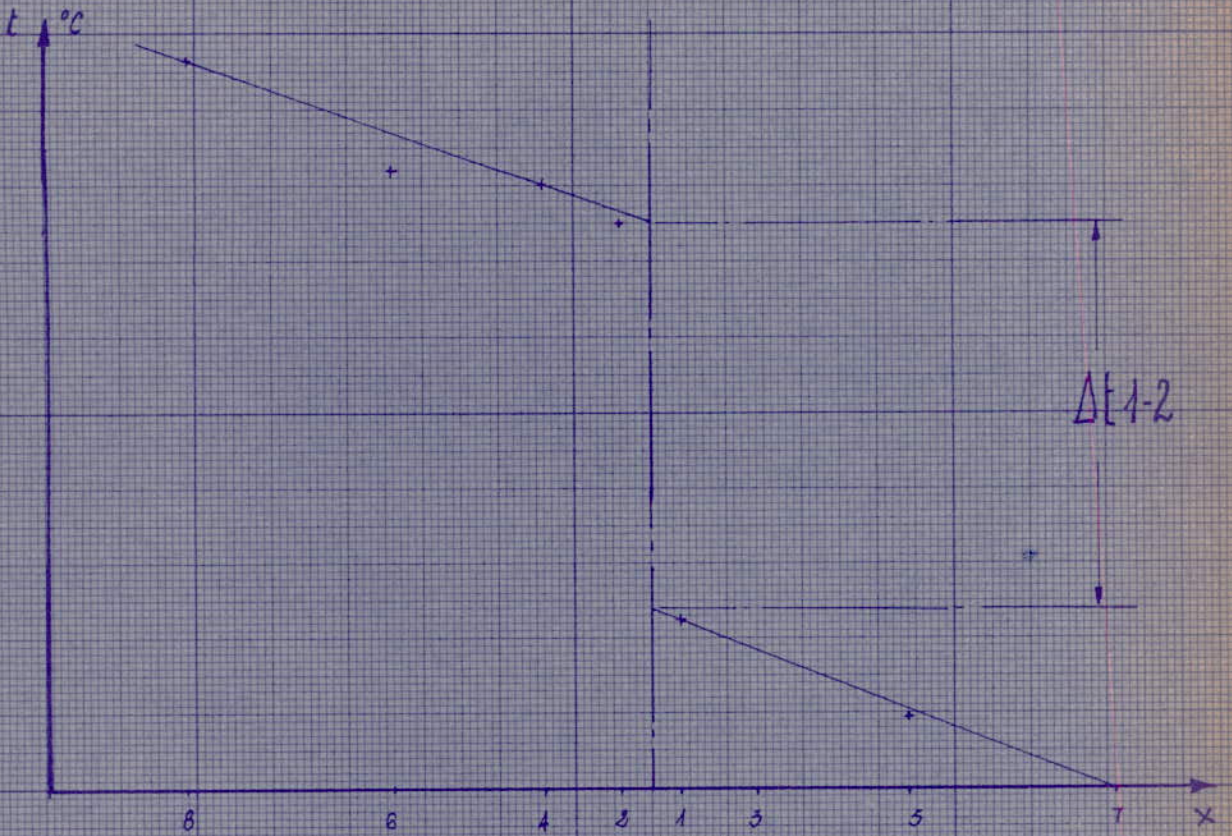
$$\Delta T_{1-7} = 6,75^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 4,6657 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 6,483 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 5,600 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

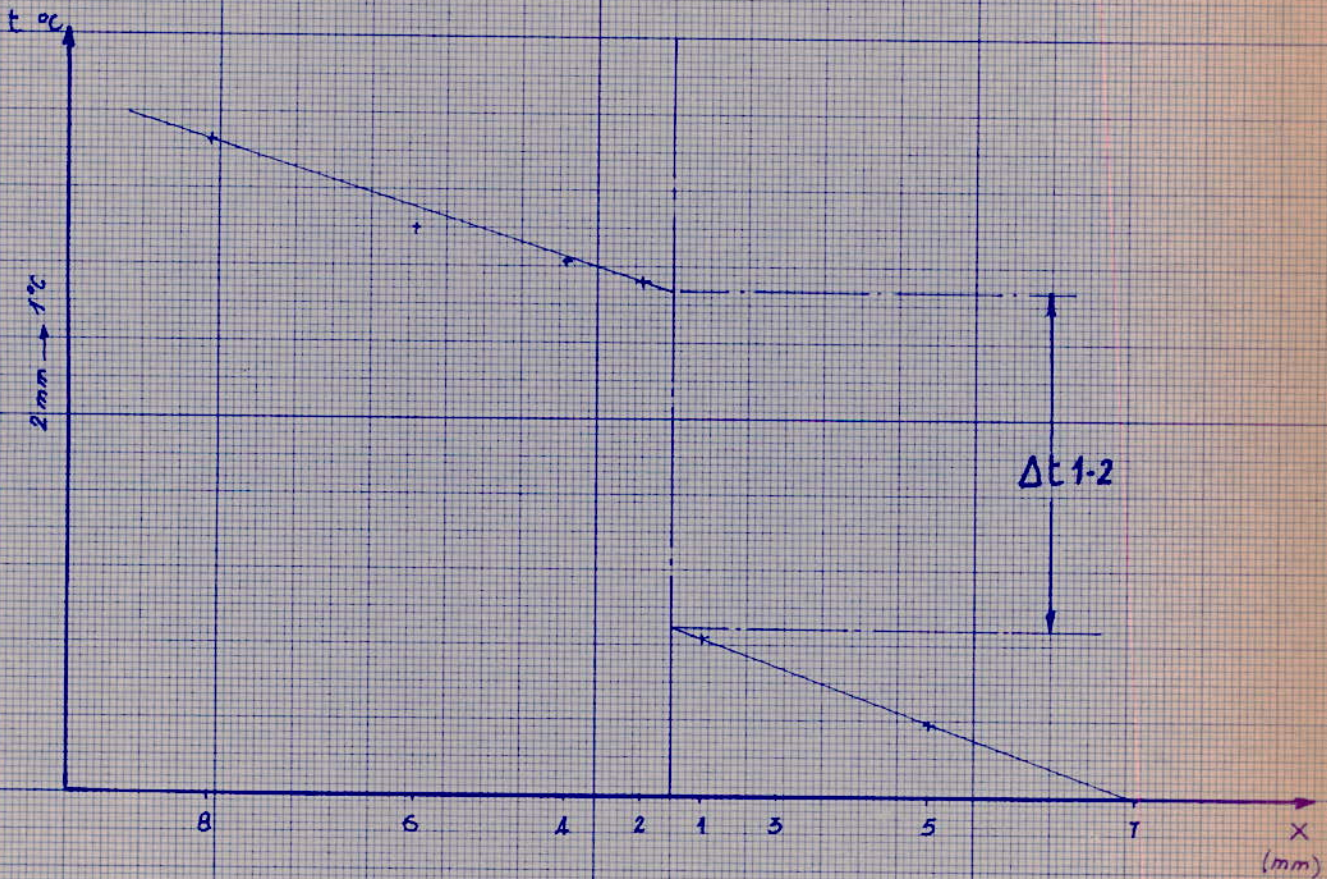
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,86	2,95	⋮	3,05	1,60	3,10	1,40	3,40
Température en °C	46,25	72,50	⋮	75,00	39,75	76,00	35,00	83,25



Graph: A21

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 500 \mu$

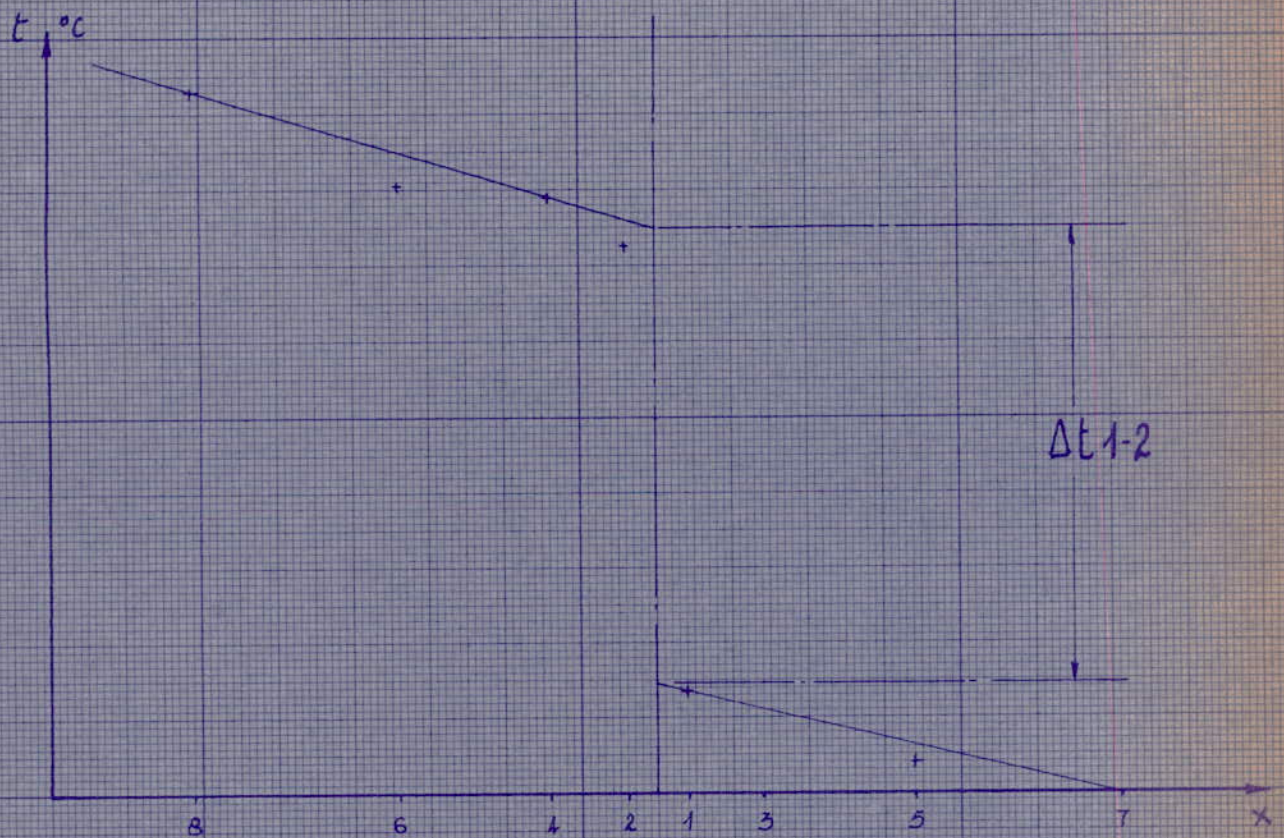
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,78	2,76	1,70	2,80	1,56	2,90	1,36	3,14
Température en °C	44,26	67,76	42,26	69,00	39,50	71,26	33,76	77,00



Graphe: A8

Chute correspondant à une feuille d'aluminium
d'épaisseur $e = 530 \mu$

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,76	2,98	}	3,12	1,55	3,15	1,49	3,11
Température en °C	43,75	73,25		76,50	38,50	77,25	37,00	83,50



Graphe: A22

Chute correspondant à une feuille d'Aluminium
d'épaisseur $e = 550 \mu$

3.3.25

Epaisseur e = 580 / μ graphe A9

3.26

$$\Delta T_{1-2} = 24,50^\circ \text{C}$$

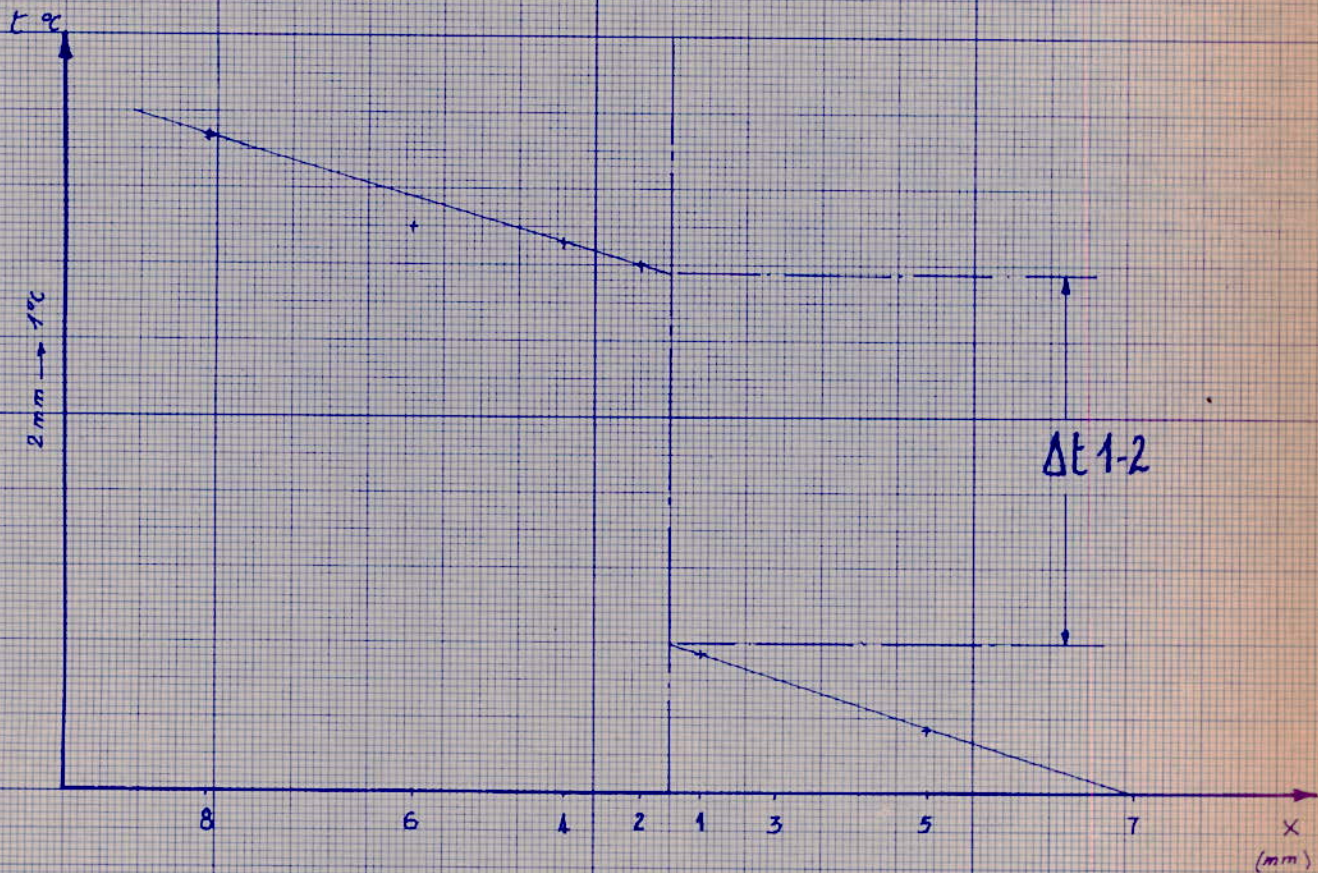
$$\Delta T_{1-7} = 9,25^\circ \text{C}$$

$$a) |q| = 6,3938 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$b) R_t = 3,831 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$c) K_{j1} + K_{j2} = 2,949 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,12	2,47	1,31	2,54	1,21	2,59	1,04	1,83
Température en °C	35,25	61,00	33,50	62,50	30,26	63,50	26,00	69,50



Graph: A9

Chute correspondant à une feuille d'aluminium
d'épaisseur $e = 580 \mu$

EXPERIENCES
SUR LE
BISMUTH

3.4.1 Epaisseur e = 125 μ graphe B O_a

$$\Delta T_{1-2} = 25,75^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 8,75^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 6,048210^3 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 4,257 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 3,374 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$

3.4.2 Epaisseur e = 258 μ graphe B Ob

$$\Delta T_{1-2} = 33,50^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 6,75^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 4,6657 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$

b) $R_t = 7,179 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$

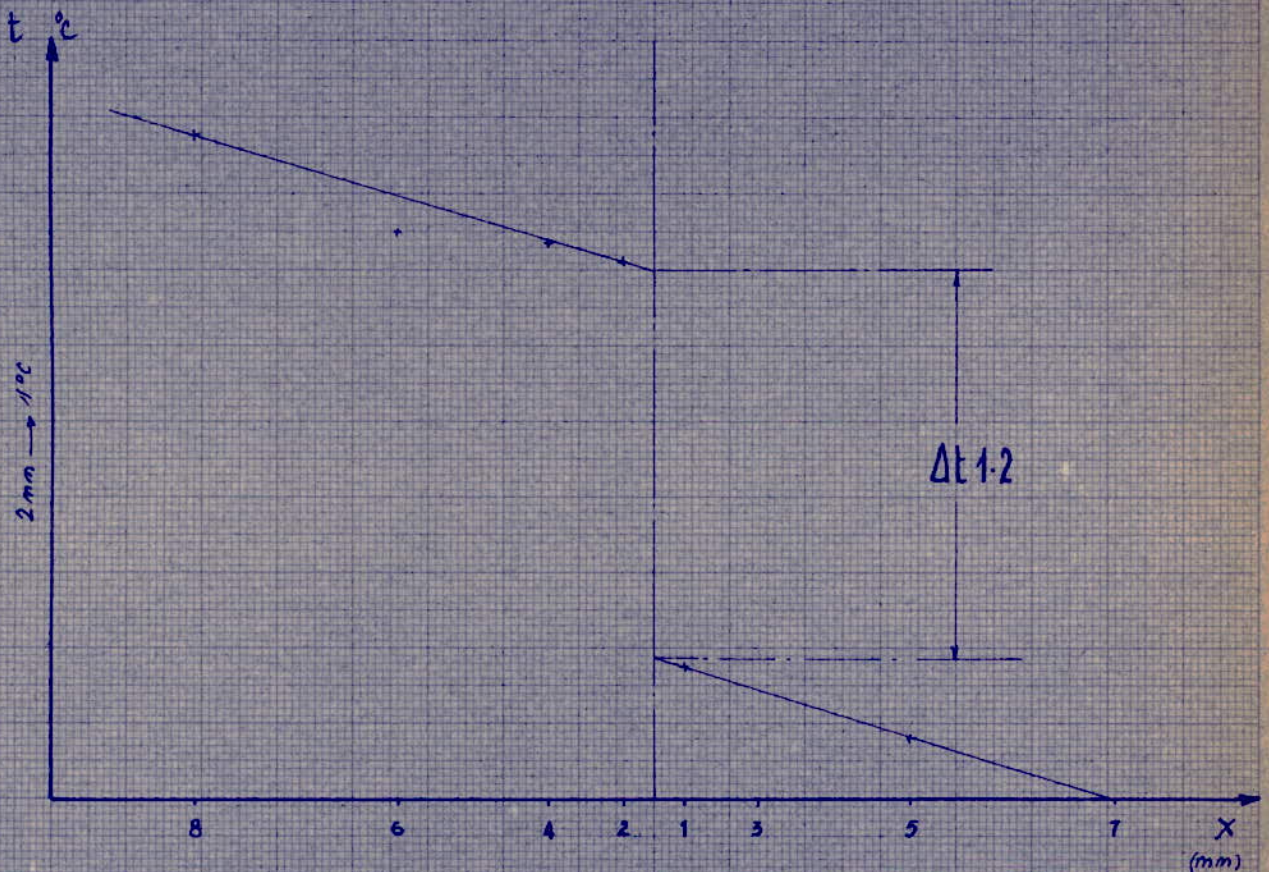
c) $K_{j1} + K_{j2} = 6,297 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C/Kcal}$

3.4.3 Epaisseur e = 280 μ graphe BOc

$$\Delta T_{1-2} = 25,50^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 8,75^{\circ}\text{C}$$

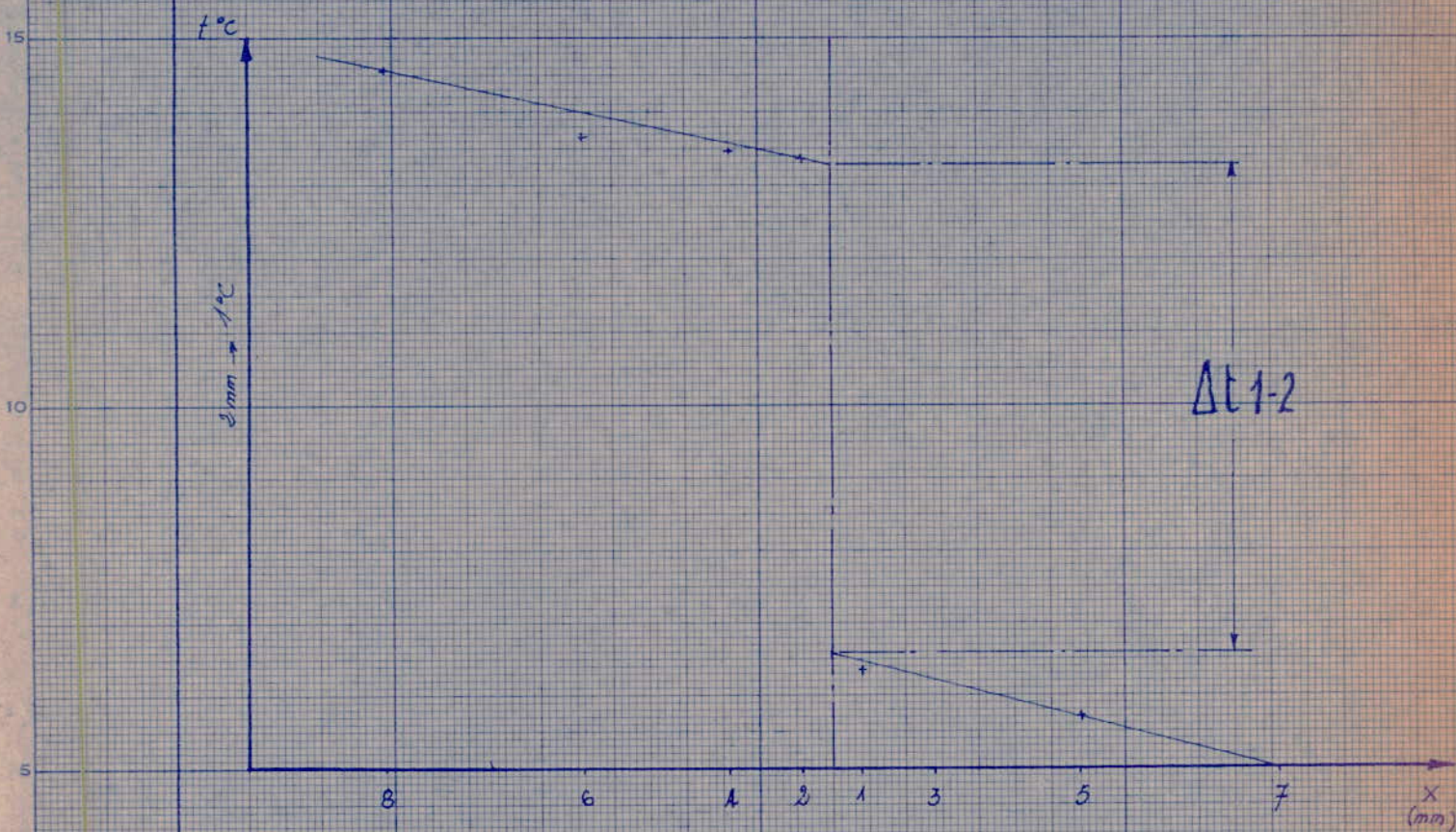
Repère thermoconn	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,72	2,82	1,66	2,88	1,53	2,91	1,36	3,17
Température en °C	42,75	69,50	41,25	70,75	38,00	71,50	38,00	77,75



Graphe : BO a

Chute correspondant à une plaque de Bismuth
d'épaisseur $e = 125 \mu$

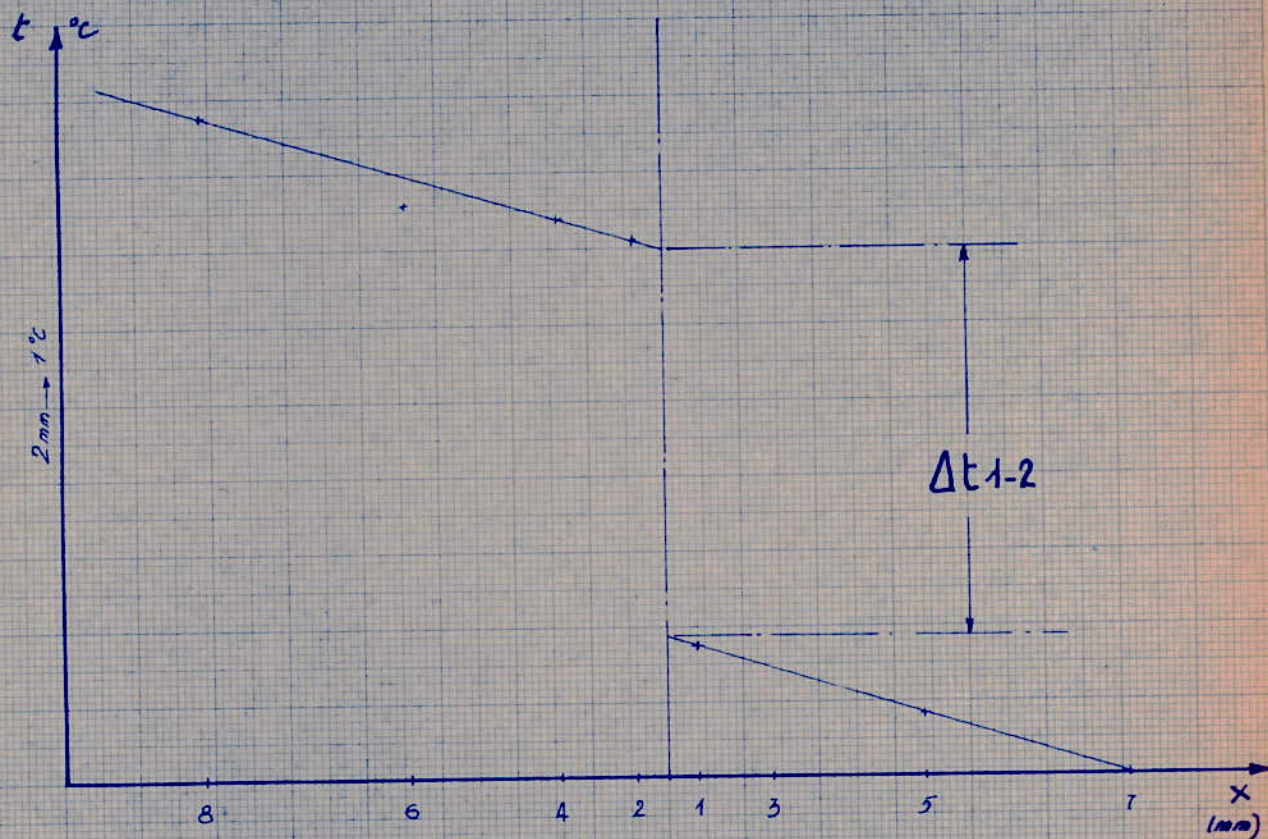
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,28	2,72	1,25	2,74	1,15	2,75	1,01	2,98
Température en °C	32,00	67,00	31,25	67,50	28,75	67,75	25,25	73,00



Grapshe : BO6

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 258 \mu$

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,40	2,50	1,34	2,57	1,22	2,61	1,05	2,85
Température °C	35,00	61,75	33,50	63,25	30,50	64,25	26,25	70,00



Graphe: B0c

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'une épaisseur de 280μ

$$a) |q| = 6,0482 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

3.28

$$b) R_t = 4,216 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$c) K_{j1} + K_{j2} = 3,333 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.4 Epaisseur e = 285 μ graphe B1

$$\Delta T_{1-2} = 18,75^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12,25^\circ \text{C}$$

$$a) |q| = 8,4675 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$b) R_t = 2,214 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$c) K_{j1} + K_{j2} = 1,331 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.5 Epaisseur e = 295 μ graphe B2

$$\Delta T_{1-2} = 16^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12,50^\circ \text{C}$$

$$a) |q| = 8,6403 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$b) R_t = 1,851 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$c) K_{j1} + K_{j2} = 0,969 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.6 Epaisseur e = 315 μ graphe B3

$$\Delta T_{1-2} = 16^\circ \text{C}$$

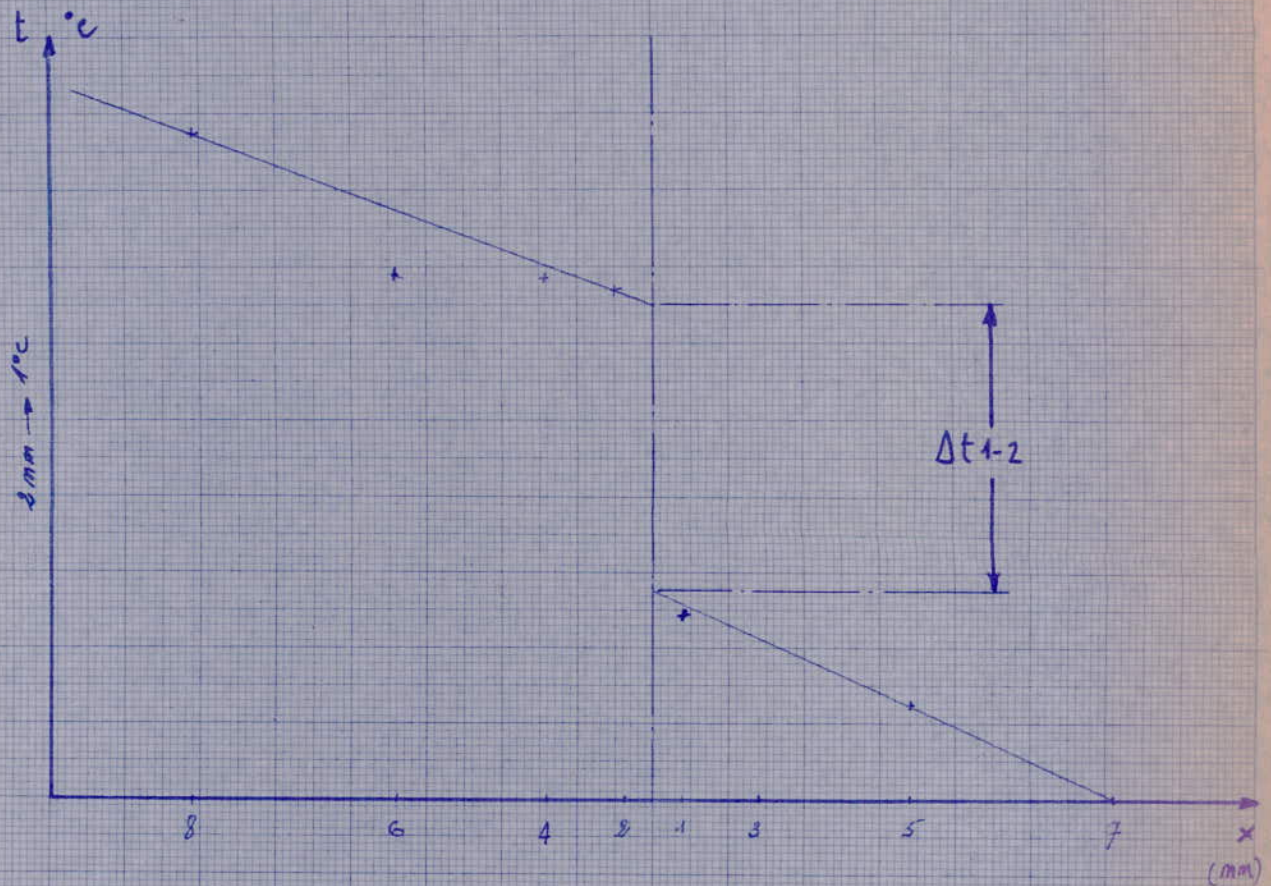
$$\Delta T_{1-7} = 12,50^\circ \text{C}$$

$$a) |q| = 8,6403 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}$$

$$b) R_t = 1,851 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$c) K_{j1} + K_{j2} = 0,969 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

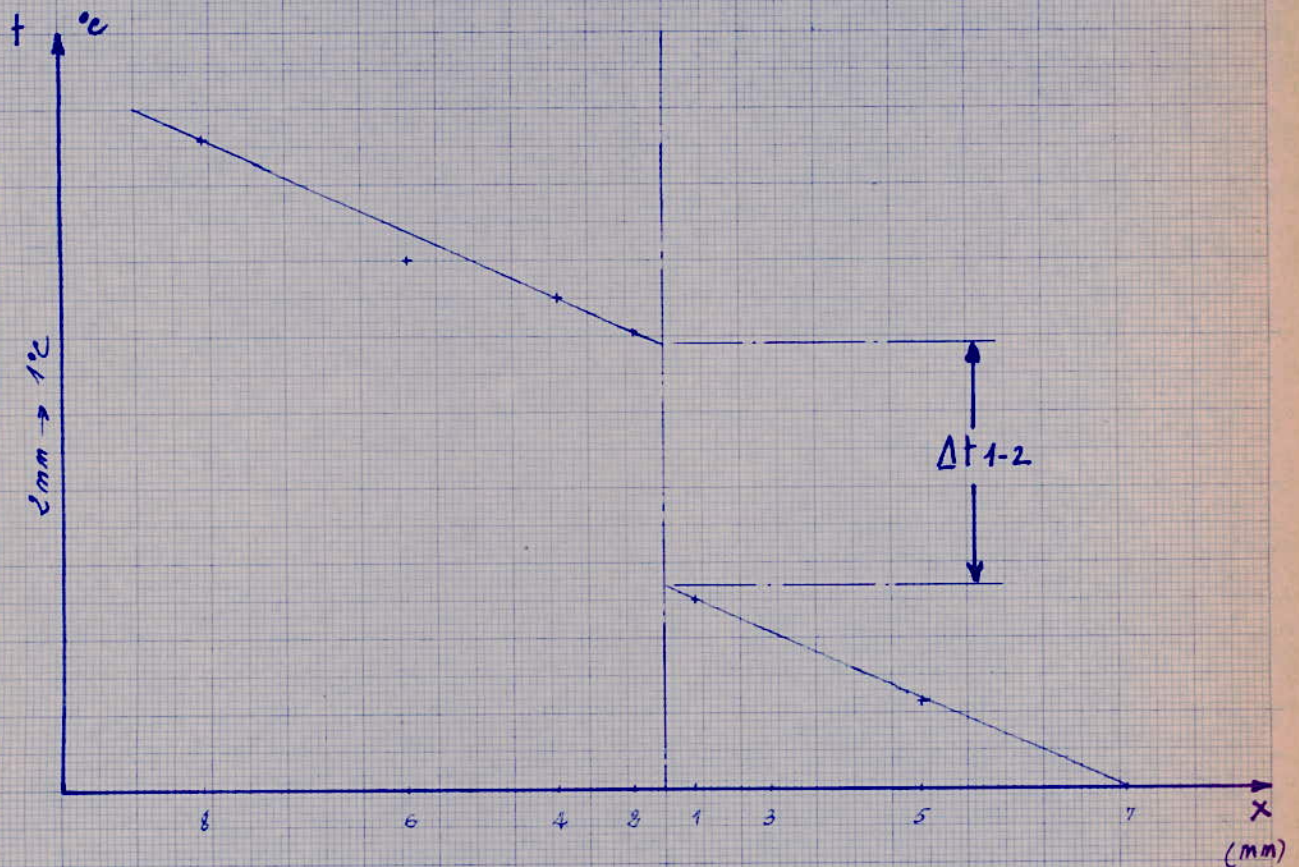
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,55	2,38	1,49	2,45	1,30	2,55	1,05	2,95
Temperature °C	38,50	59,75	37,00	60,50	32,50	62,75	26,25	70,00



Graphe : B1

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'une épaisseur de 285μ

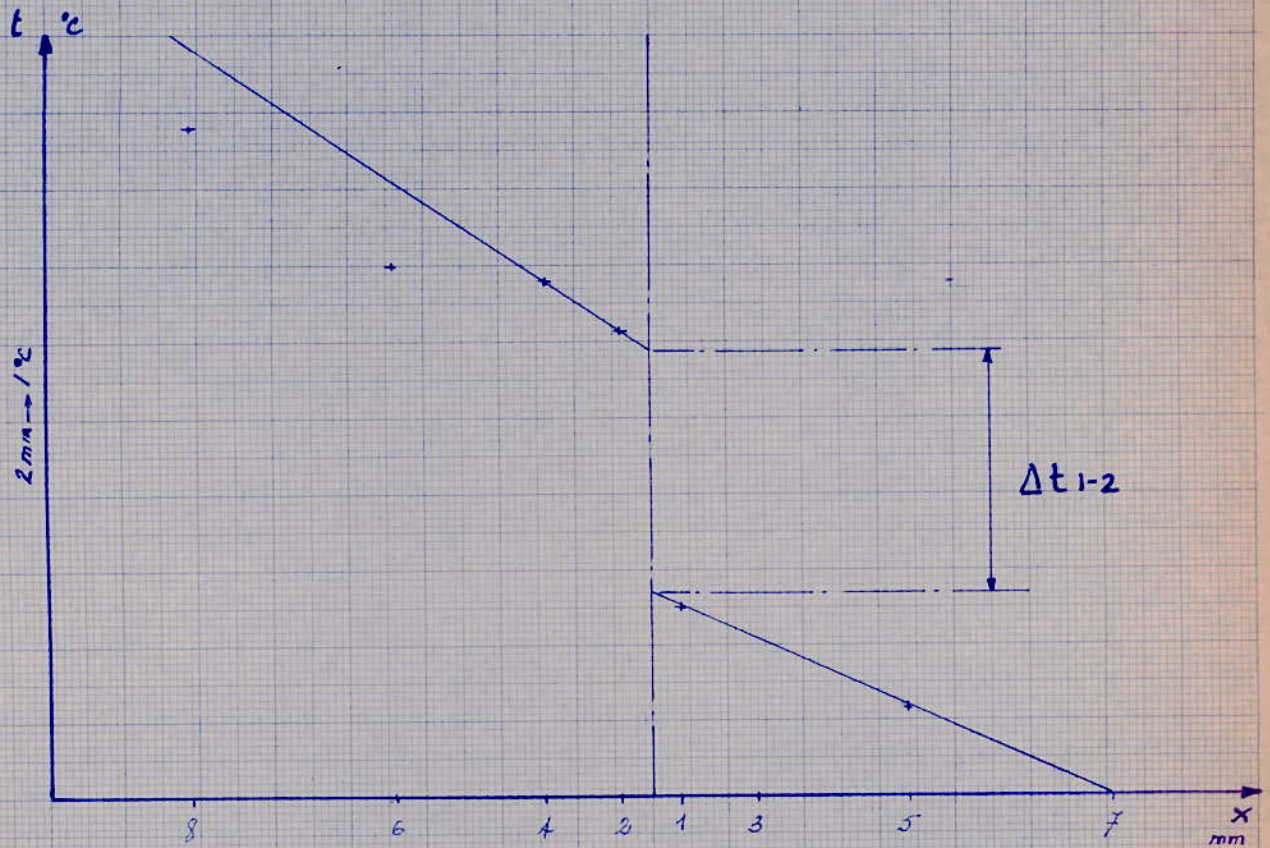
Repere thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,59	2,32	1,49	2,41	1,31	2,51	1,08	2,85
Temperature °C	39,50	57,25	37,00	59,50	32,75	62,00	27,00	70,00



Graphe : B 2

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur de 295μ

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,56	2,31	1,48	2,40	1,29	2,48	1,05	2,82
Température °C	38,75	57,00	36,75	60,25	32,25	61,25	26,25	70,30



Graphe : B 3

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur de 315μ

3.4.7 Epaisseur e = 330 μ graphe B4

3.29

$$\Delta T_{1-2} = 22^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 8,2947 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 2,652 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,769 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

3.4.8 Epaisseur e = 350 μ graphe B5

$$\Delta T_{1-2} = 24^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,55^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 7,9836 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 3,006 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 2,123 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

3.4.9 Epaisseur e = 368 μ graphe B5a

$$\Delta T_{1-2} = 18^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 8,2947 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 2,170 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,287 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

3.4.10 Epaisseur e = 390 μ graphe B6

$$\Delta T_{1-2} = 24^{\circ}\text{C}$$

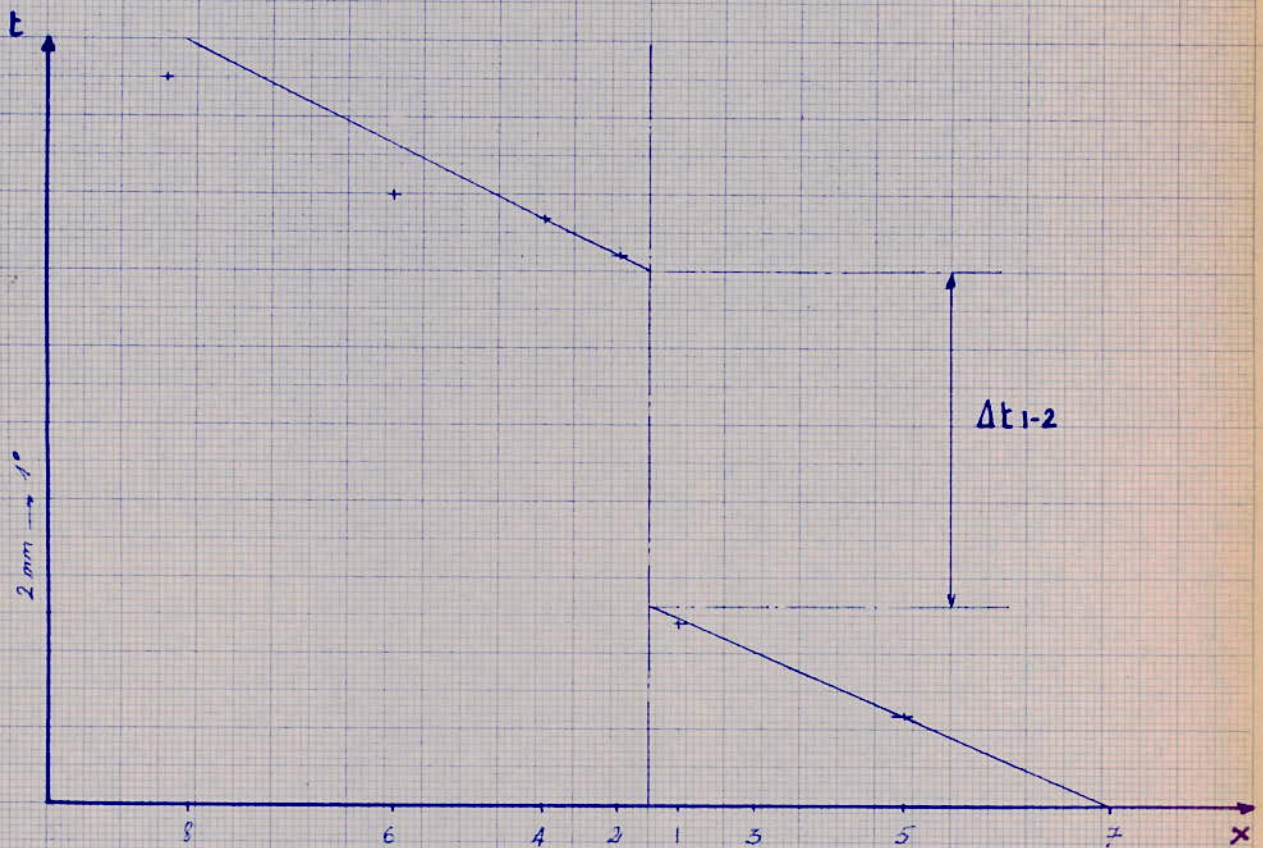
$$\Delta T_{1-7} = 7,75^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 5,3570 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 4,480 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 3,597 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

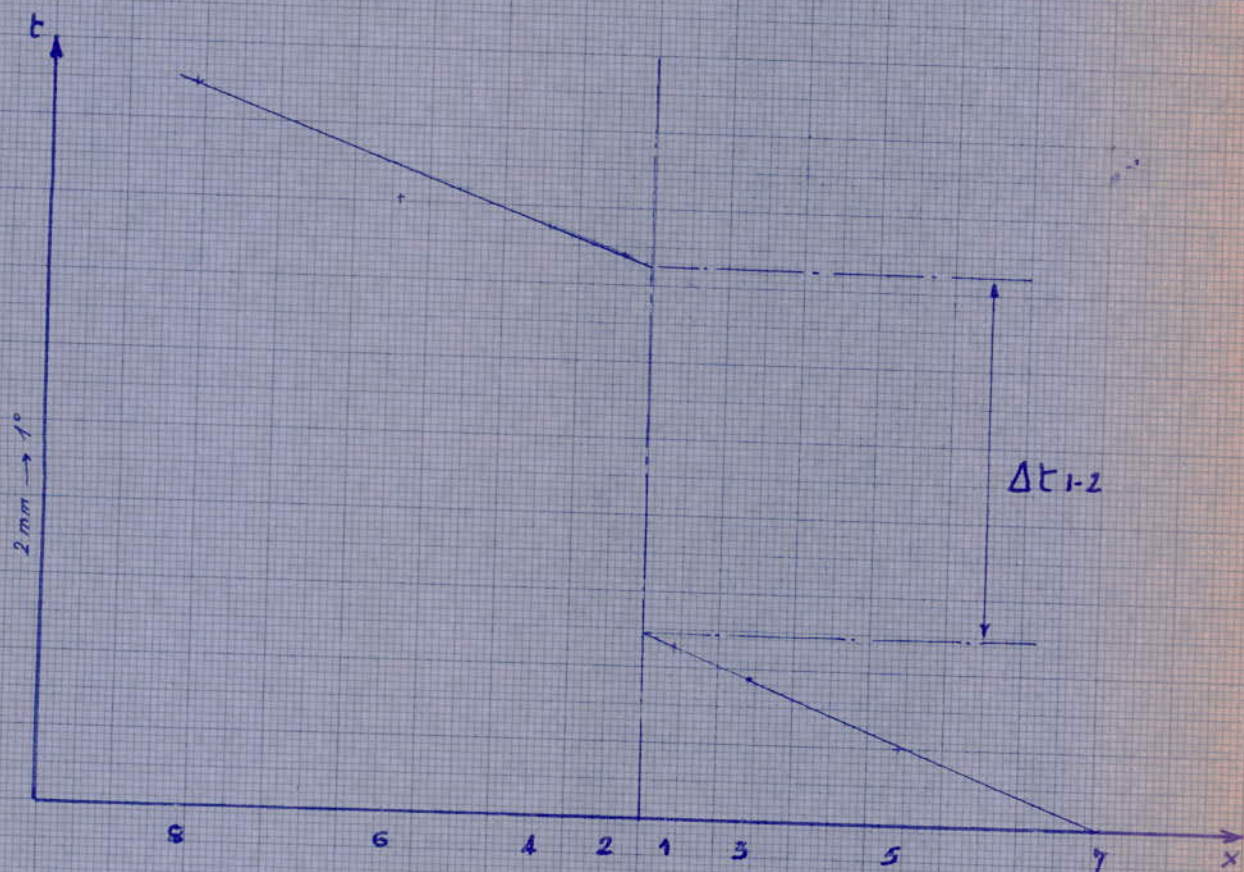
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,48	2,48	1,41	2,58	1,25	2,60	1,02	2,95
Température en °C	37,00	61,00	35,25	63,50	31,00	65,00	25,00	72,50



Graph : B4

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur de 330 μ

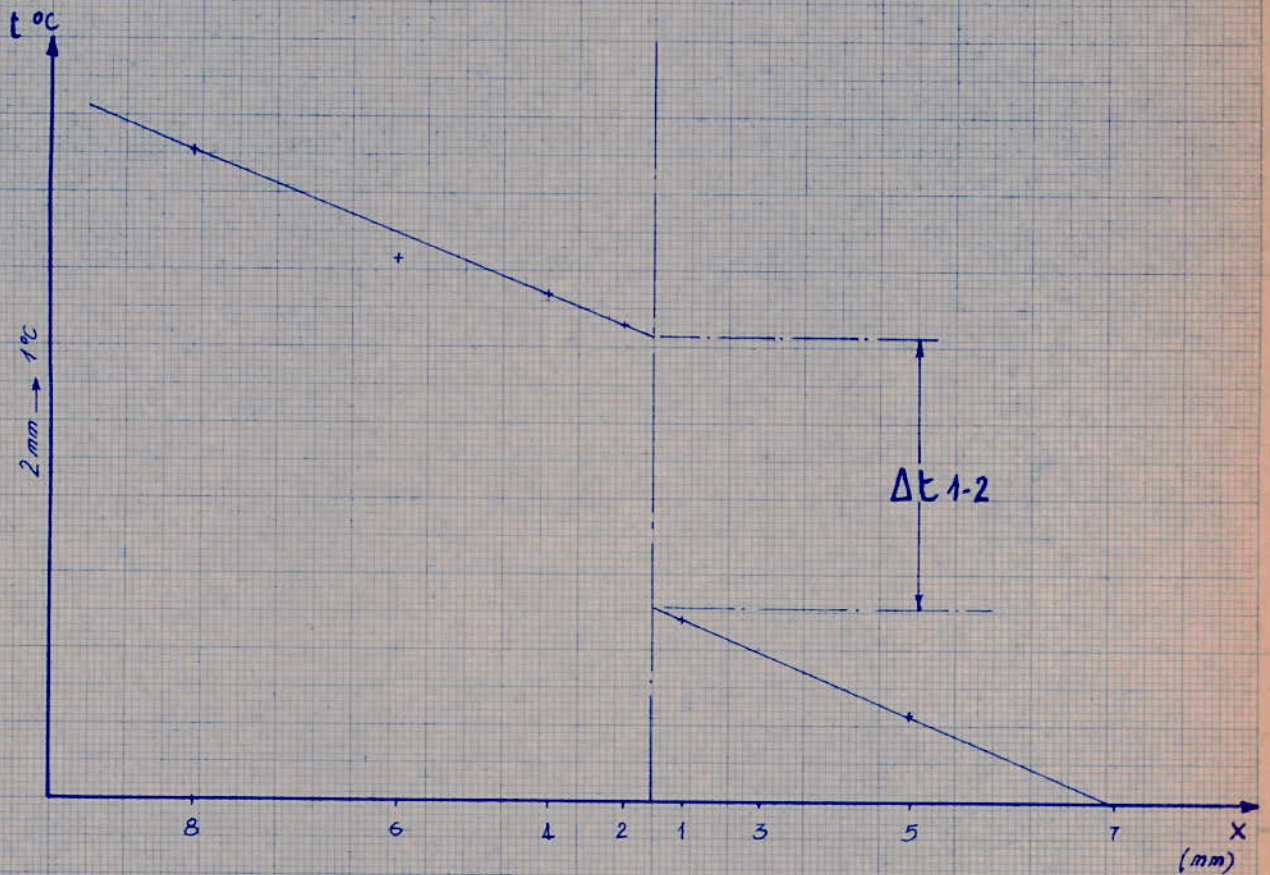
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,48	2,52	1,39	2,60	1,21	2,66	1,01	2,96
Température en °C	36,90	62,20	31,75	64,00	30,25	65,50	25,25	72,75



Graphe : B5

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'une épaisseur de 350μ

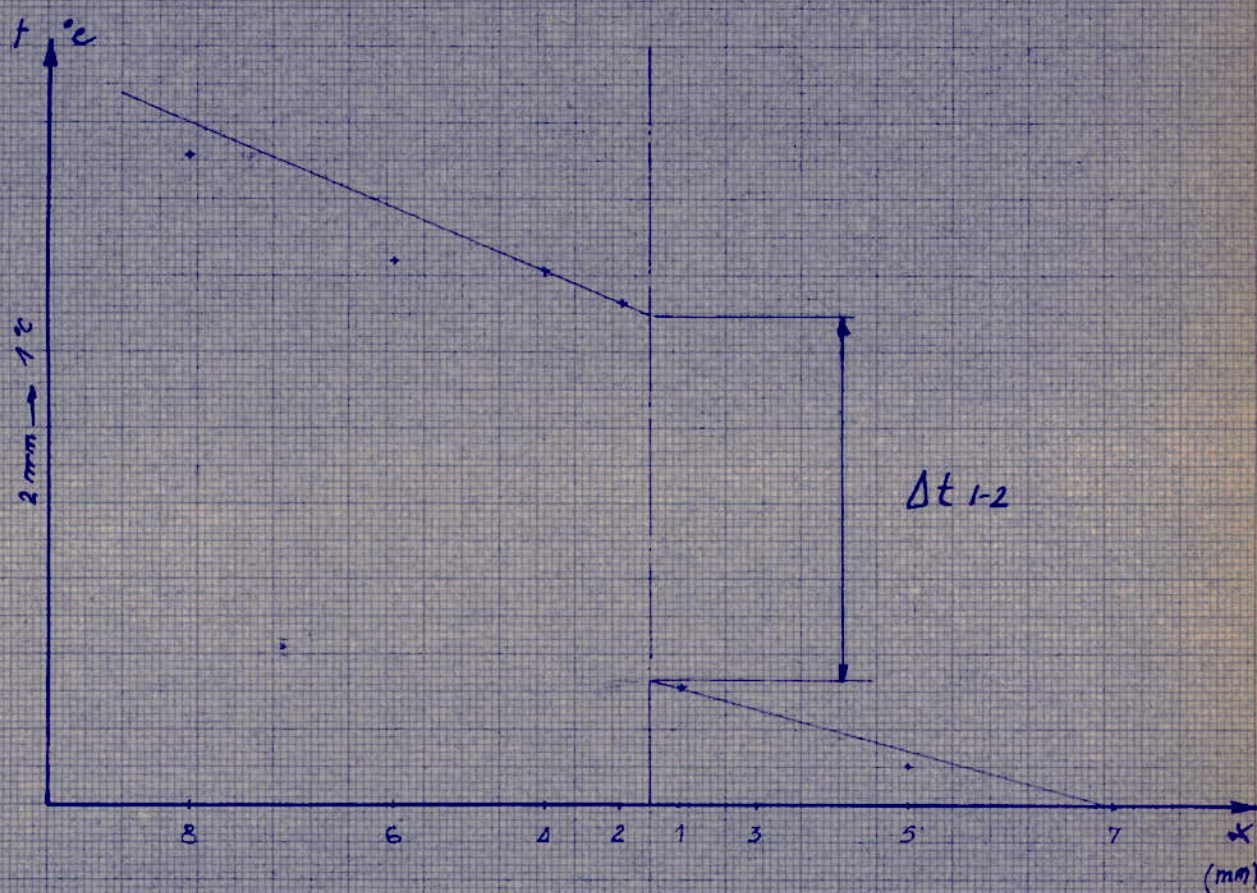
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,54	2,34	1,44	2,42	1,28	2,51	1,05	2,80
Température °C	38,25	57,75	36,00	59,75	32,00	62,00	26,25	69,00



Graph B 5a

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'une épaisseur de 368 μ

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
millivolts	1,41	2,46	1,36	2,55	1,20	2,58	1,10	2,86
Température en °C	35,25	60,75	34,00	62,75	30,00	63,50	27,50	70,25



Graph: B6

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur 390μ

3.4.11 Epaisseur e = 432 μ graphe B7

3.30

$$\Delta T_{1-2} = 22,75^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 8^\circ \text{C}$$

a) $|q| = 5,5298 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 4,114 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 3,231 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

3.4.12 Epaisseur e = 460 μ graphe B17

$$\Delta T_{1-2} = 26,25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,75^\circ \text{C}$$

a) $|q| = 7,4307 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 3,532 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 2,649 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

3.4.13 Epaisseur e = 500 μ graphe B16

$$\Delta T_{1-2} = 25^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,50^\circ \text{C}$$

a) $|q| = 7,2578 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 3,444 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 2,561 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

3.4.14 Epaisseur e = 550 μ graphe B 15

$$\Delta T_{1-2} = 28,75^\circ \text{C}$$

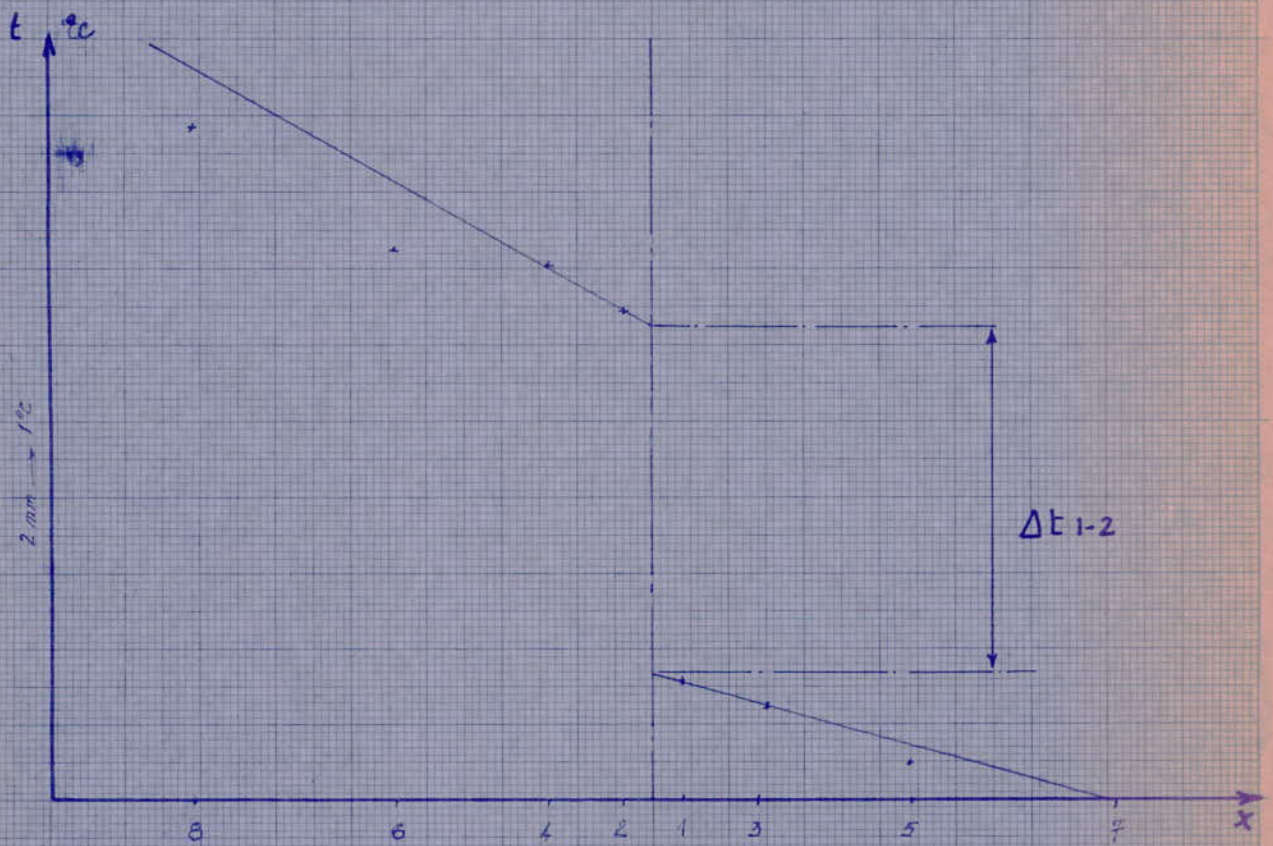
$$\Delta T_{1-7} = 9,50^\circ \text{C}$$

a) $|q| = 6,5666 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2 \text{h}$

b) $R_t = 4,378 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 3,495 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$

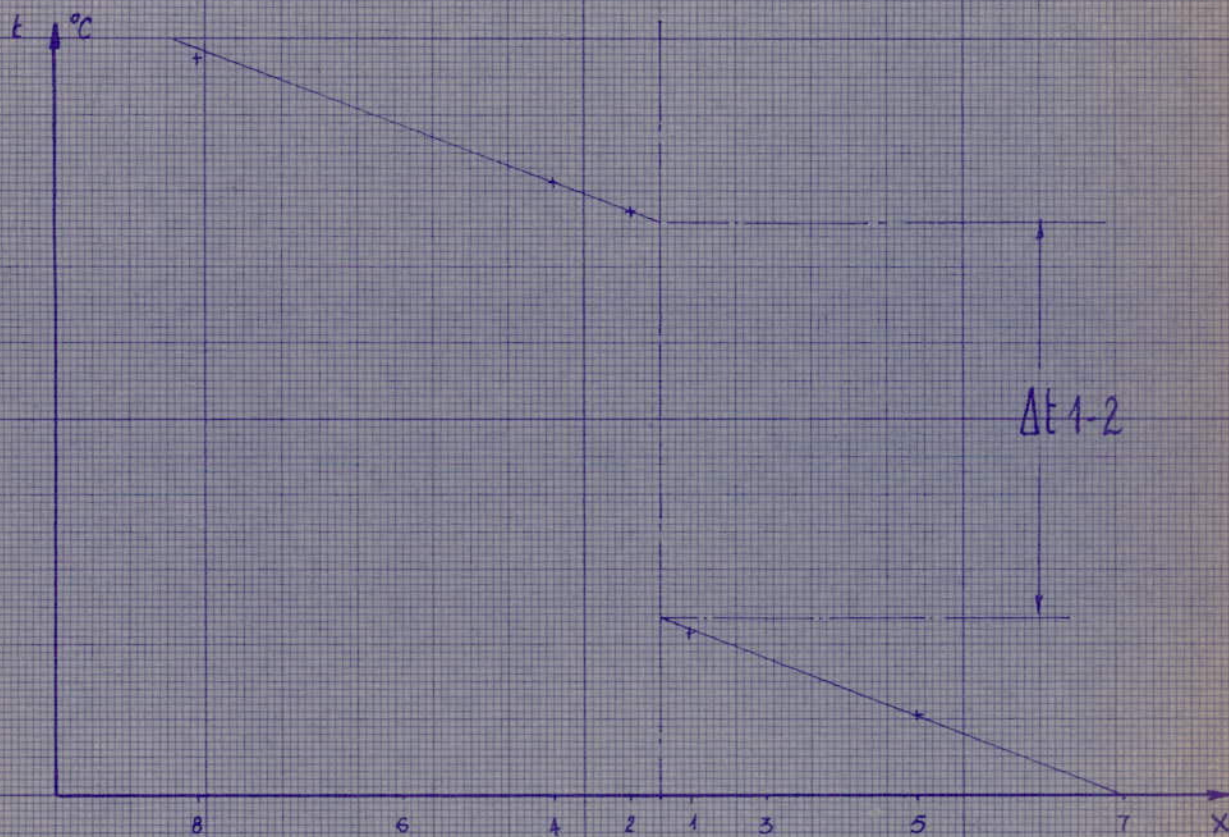
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,42	2,42	1,36	2,53	1,20	2,59	1,10	2,88
Température en °C	35,50	59,75	31,00	62,75	80,00	63,75	27,50	71,75



Graphe: B7

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'une épaisseur de 432μ

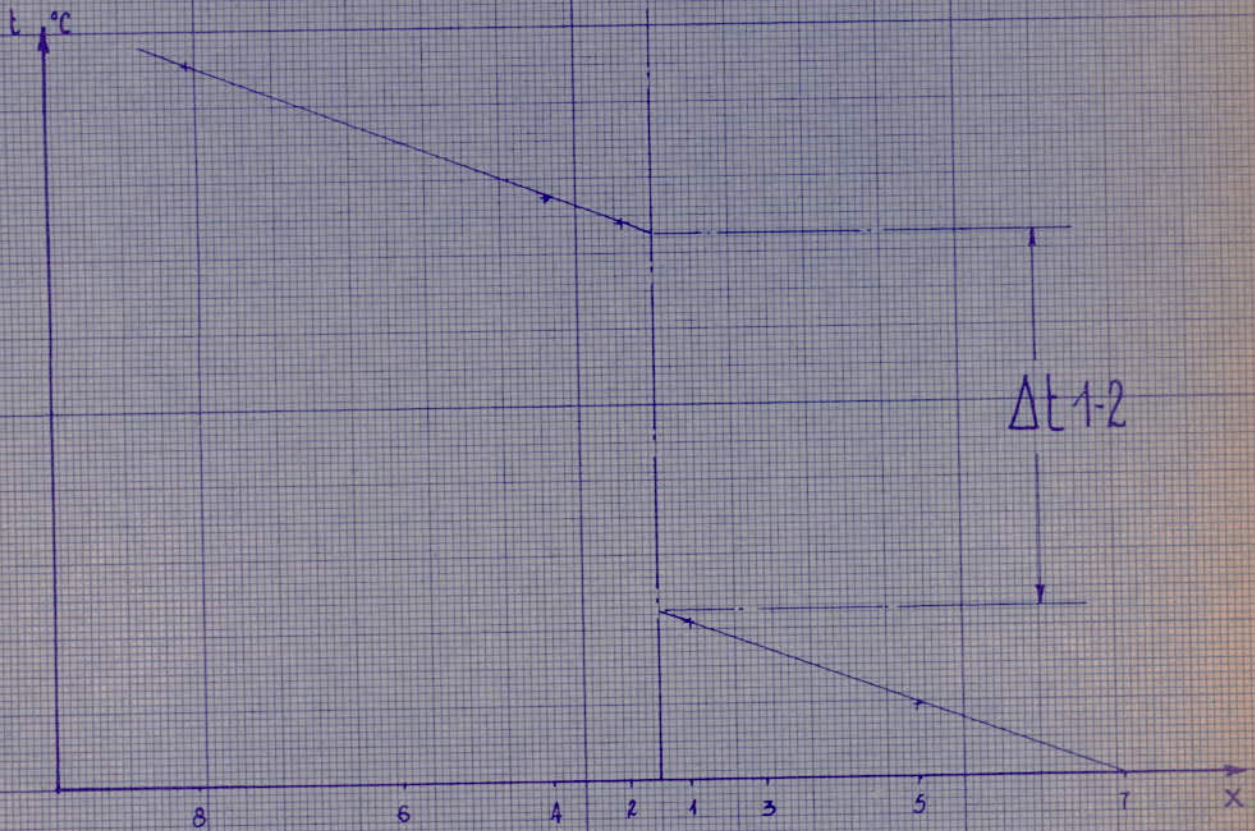
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,02	3,18	⚡	3,25	1,79	3,30	1,58	3,60
Température en °C	50,00	78,00	⚡	79,75	44,50	81,00	39,25	88,00



Graph: B 17

Chute correspondant à une feuille de Bismuth d'épaisseur $e = 460 \mu$

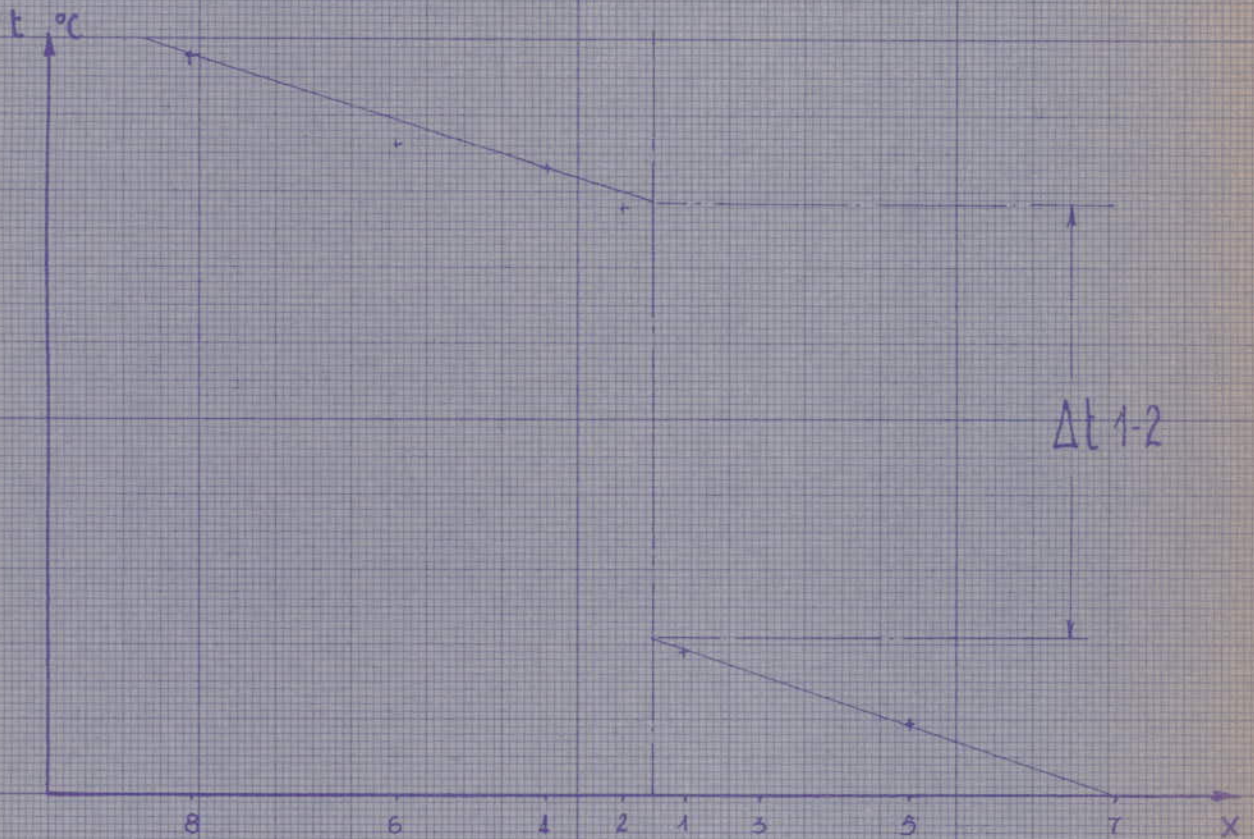
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,02	3,12	⋮	3,19	1,78	3,24	1,58	3,57
Température en °C	50,00	76,50	⋮	78,25	44,25	79,50	39,50	87,25



Graphe : B 16

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 500 \mu$

Repère thermoconx	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,88	3,10	⚡	3,20	1,68	3,28	1,49	3,51
Température en °C	46,50	76,00	⚡	78,50	41,76	80,50	37,00	86,00



Graphe: B15

Chute correspondant à une feuille de Biémuth
d'épaisseur $e = 550 \mu$

$$\Delta T_{1-2} = 26,50^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 3,50^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 2,4192 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 10,954 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 10,071 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.16 Epaisseur e = 650 μ graphe B7d

$$\Delta T_{1-2} = 24,50^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 4,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 2,9377 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 8,339 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 7,457 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.17 Epaisseur e = 700 μ graphe B7e

$$T_{1-2} = 30^\circ \text{C}$$

$$T_{1-7} = 5,50^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 3,8017 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 7,008 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{b) } R_t = 7,891 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.18 Epaisseur e = 820 μ graphe B8

$$\Delta T_{1-2} = 21,25^\circ \text{C}$$

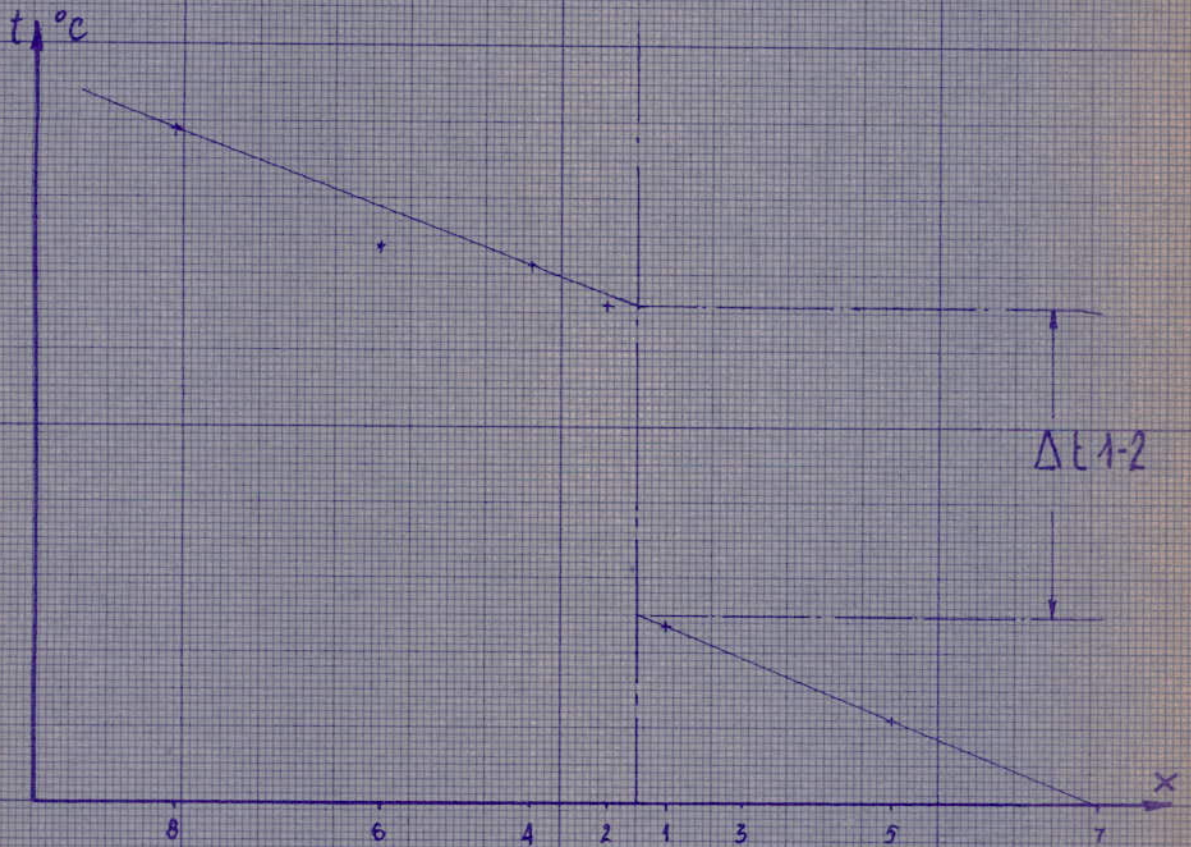
$$\Delta T_{1-7} = 11,50^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,9491 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,673 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,790 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{h}^\circ \text{C/Kcal}$$

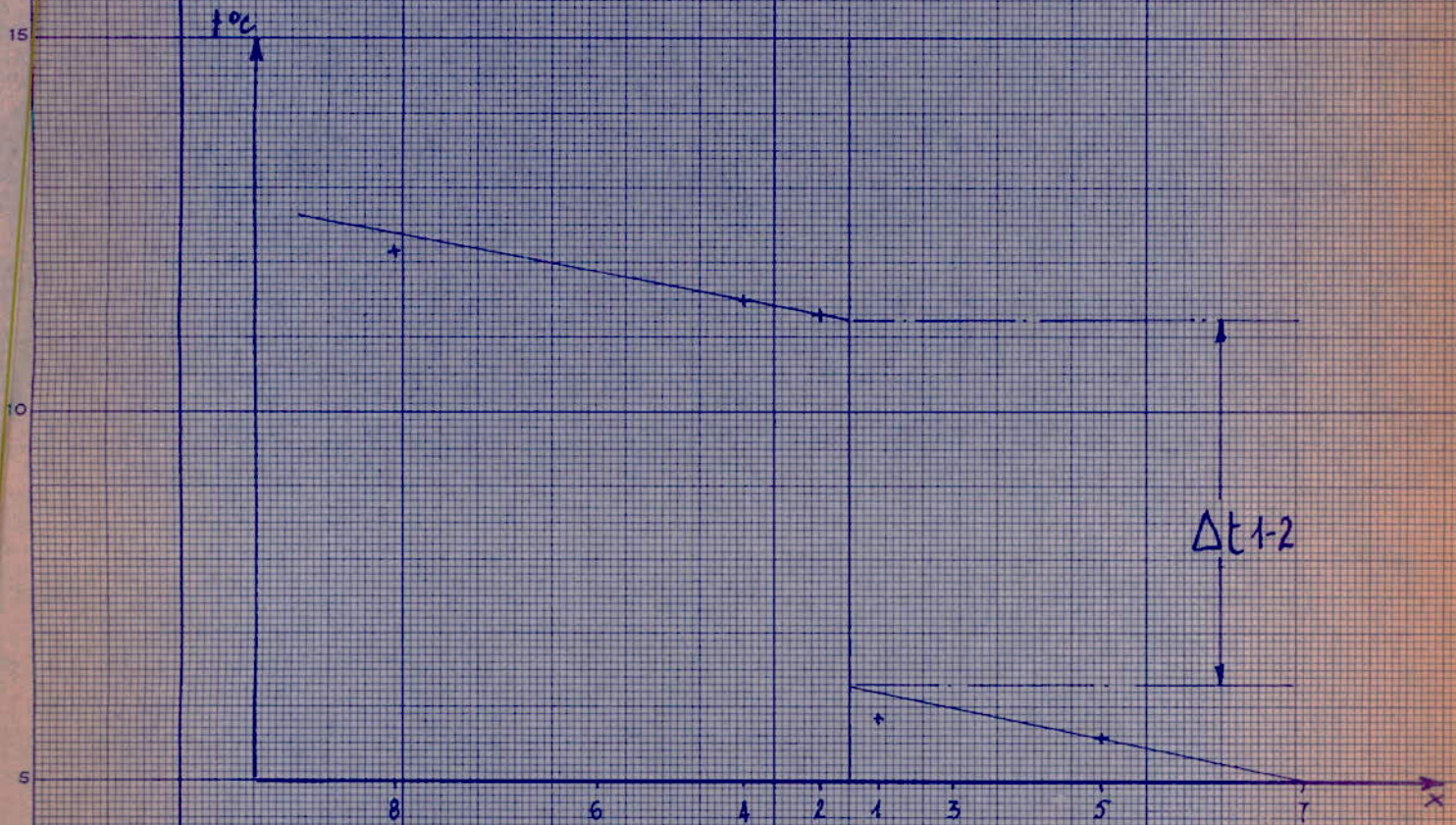
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	2,04	2,92	}	3,02	1,78	3,08	1,56	3,40
Température en °C	50,50	71,75		}	74,25	40,25	75,50	38,75



Graphe: B TC

Bismuth $e = 600 \mu$

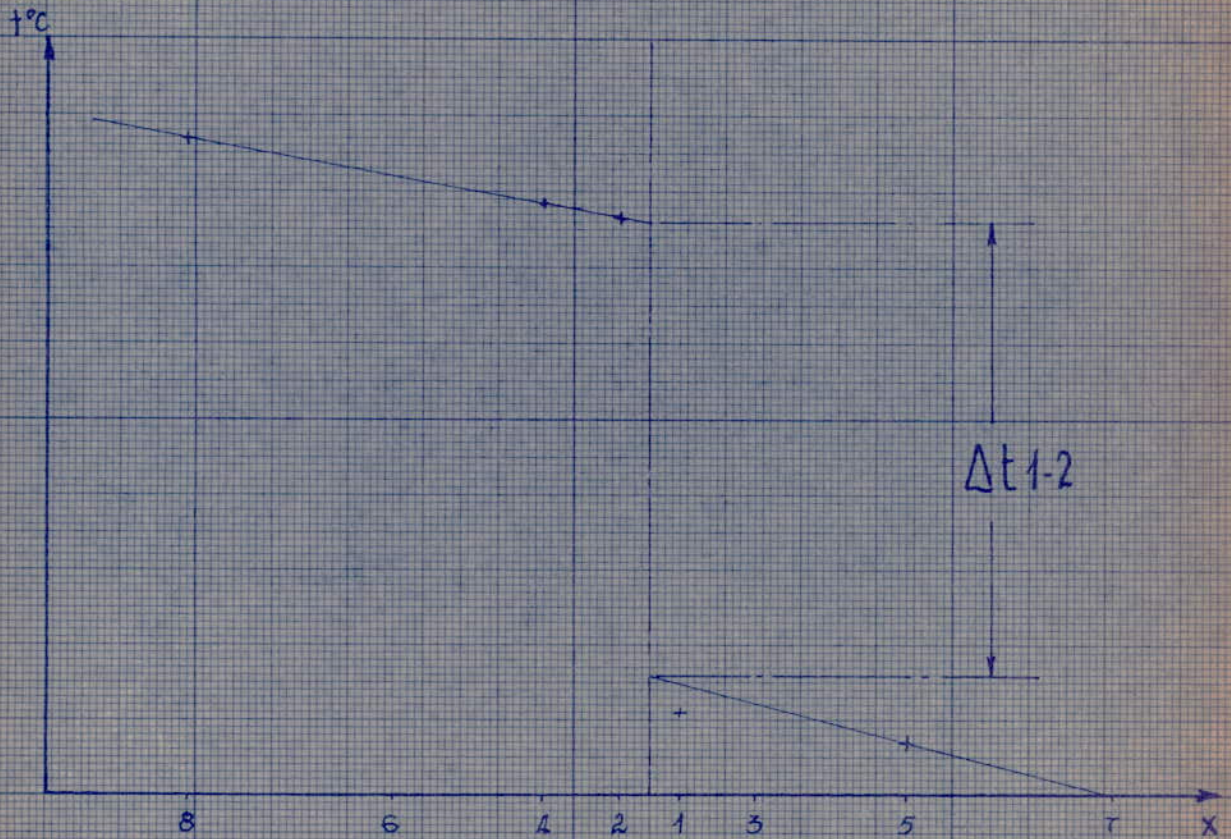
Repère thermoconx	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,45	2,58	}	2,62	1,42	}	1,28	2,75
Température en °C	36,25	63,50		64,50	35,00		32,00	67,75



Graph: BTd

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 650 \mu$

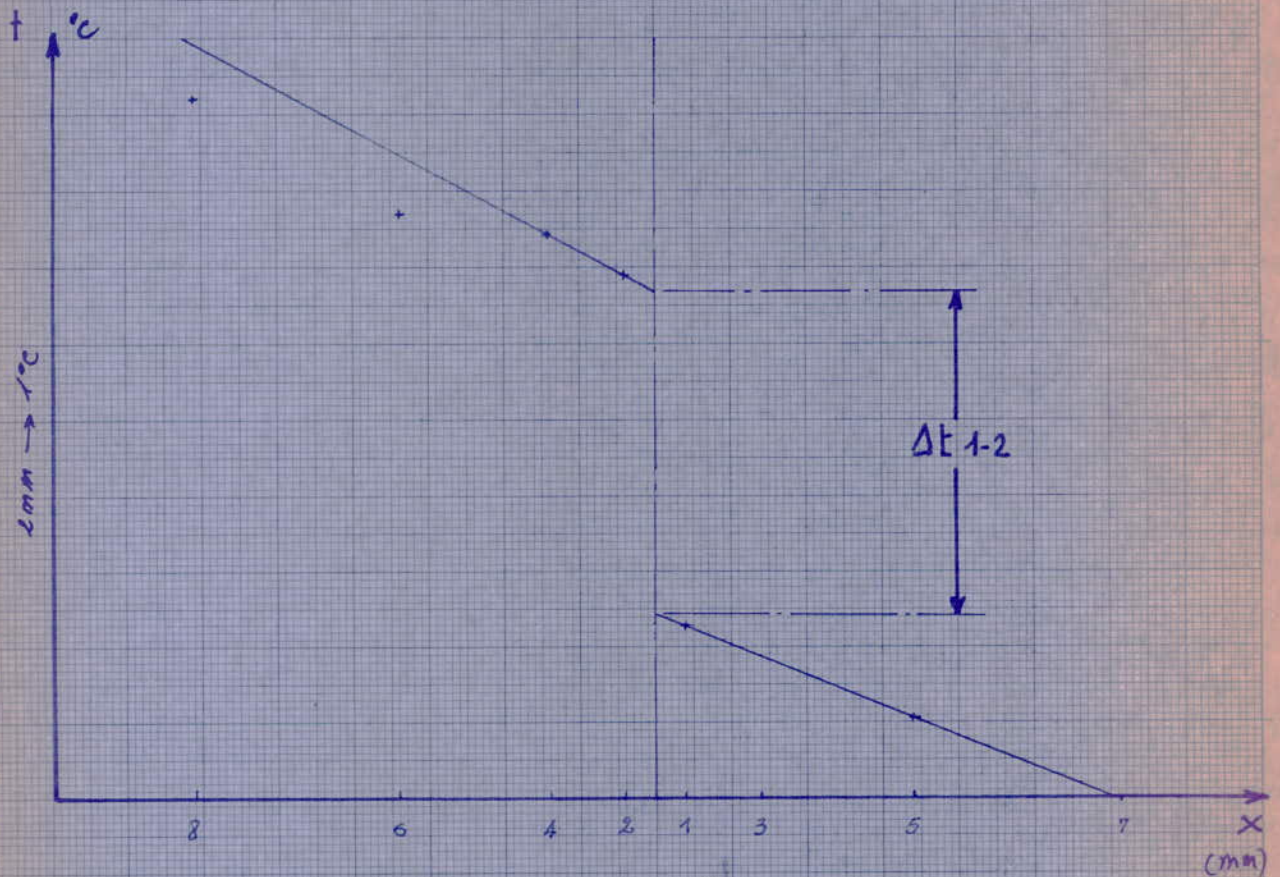
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,53	2,88	}	2,92	1,44	}	1,30	3,10
Température en °C	38,00	70,75		71,75	36,00		32,50	76,00



Graphe: B7e

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 700 \mu$

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,48	2,42	1,39	2,52	1,22	2,59	1,01	2,90
Température °C	36,75	59,75	34,75	62,35	30,50	63,75	25,25	71,25



Graphe : B 8

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur 820μ

3.4.19 Epaisseur e = 995 μ graphe B 8a

3.32

$$\Delta T_{1-2} = 12^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,7^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 8,1219 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2\text{h}$

b) $R_t = 1,477 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 0,594 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kcal}$

3.4.20 Epaisseur e = 1100 μ graphe B14

$$\Delta T_{1-2} = 23,2^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,2^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 7,7763 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2\text{h}$

b) $R_t = 2,989 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 2,107 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

3.4.21 Epaisseur e = 1200 μ graphe B13

$$\Delta T_{1-2} = 20,2^{\circ}\text{C}$$

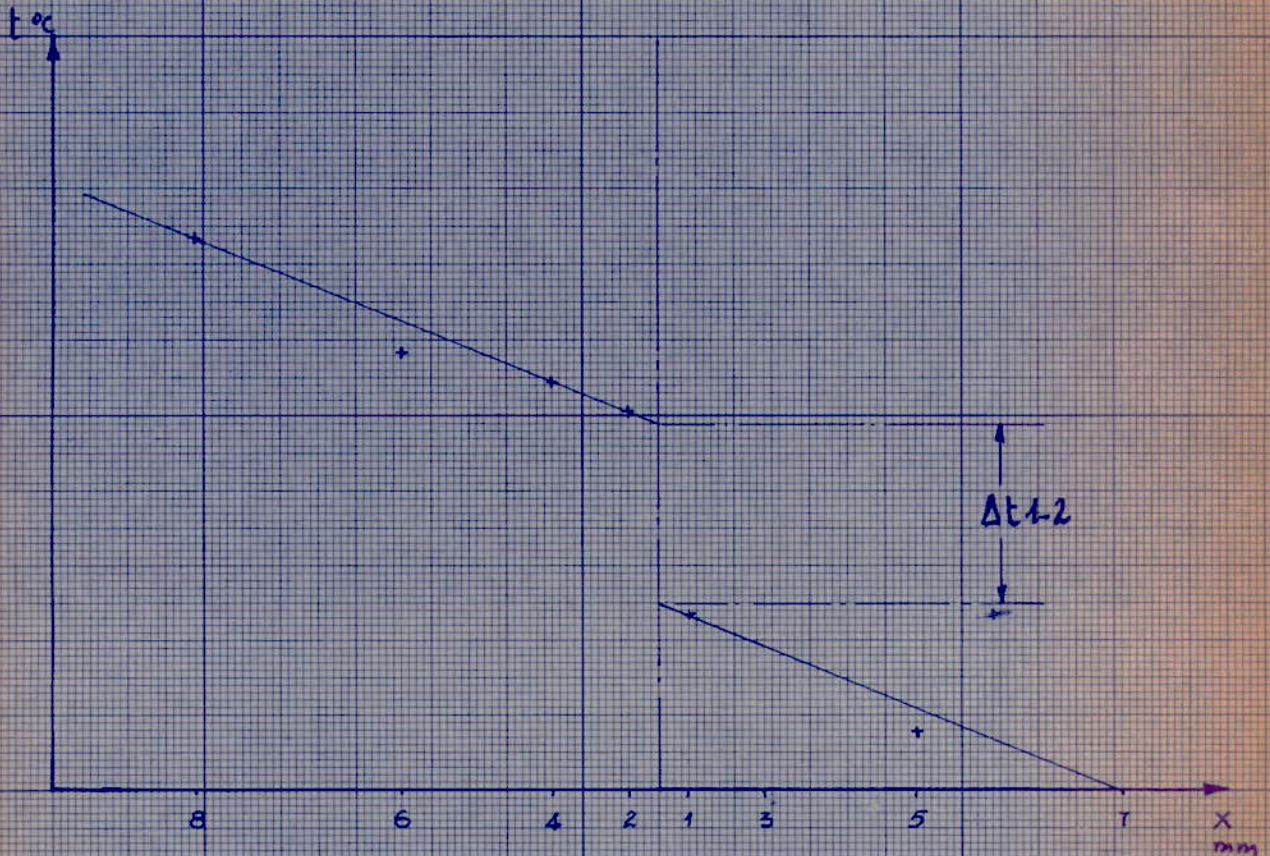
$$\Delta T_{1-7} = 13,2^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 9,1587 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2\text{h}$

b) $R_t = 2,210 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,328 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

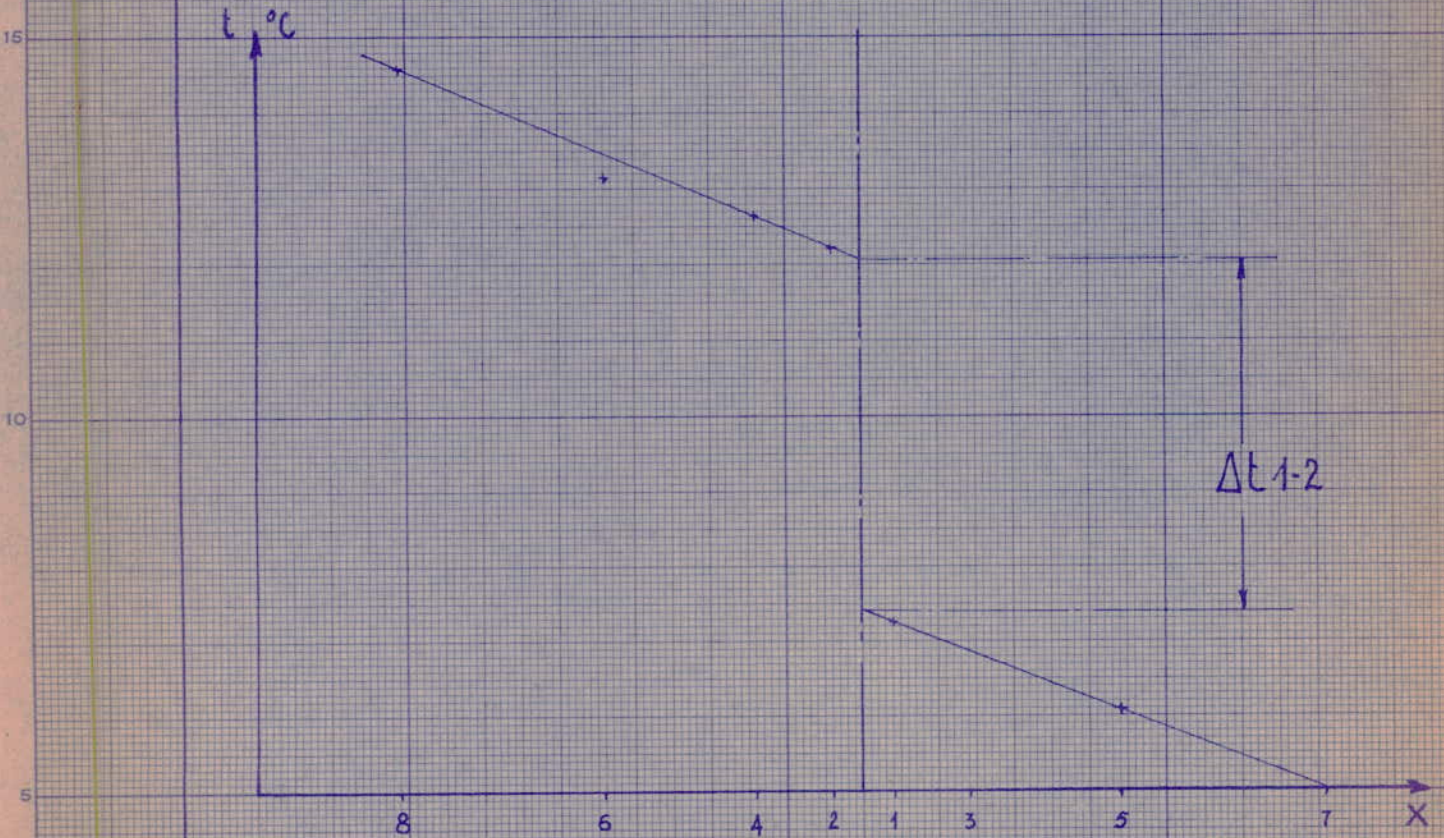
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,82	2,60	}	2,68	1,52	2,76	1,35	3,08
Température en °C	45,50	61,00	}	66,00	37,75	68,00	33,75	75,50



Graph: B8a

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 995 \mu$

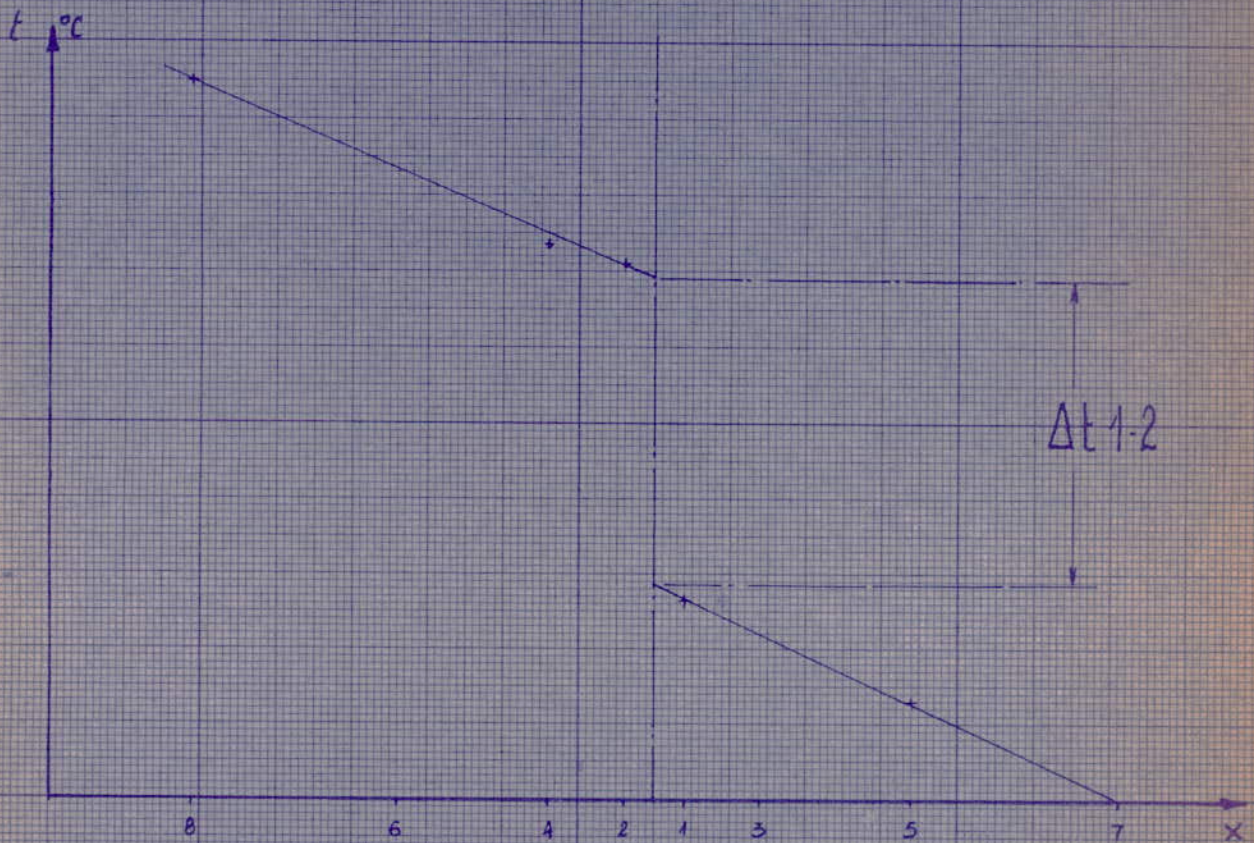
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,96	2,98	⋮	3,08	1,72	3,18	1,50	3,48
Température en °C	48,50	73,25	⋮	75,50	42,75	78,00	37,25	85,25



Graphe : B14

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 1100 \mu$

Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,98	2,90	⚡	2,95	1,70	3,04	1,43	3,40
Température en °C	49,00	71,25	⚡	72,50	42,25	74,25	35,75	88,25



Graphe: B 13

chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 1200 \mu$

3.4.22 Epaisseur e = 1285 μ graphe B 12

$$\Delta T_{1-2} = 24,50^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 11,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,7863 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,150 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,268 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.23 Epaisseur e = 1355 μ graphe B8b

$$\Delta T_{1-2} = 21,50^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 10,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 7,0850 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 3,034 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 2,151 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.24 Epaisseur e = 1370 μ graphe B9

$$\Delta T_{1-2} = 19,5^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 12^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 8,2947 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 2,350 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 1,468 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

3.4.25 Epaisseur e = 1450 μ graphe B10

$$\Delta T_{1-2} = 28,50^\circ \text{C}$$

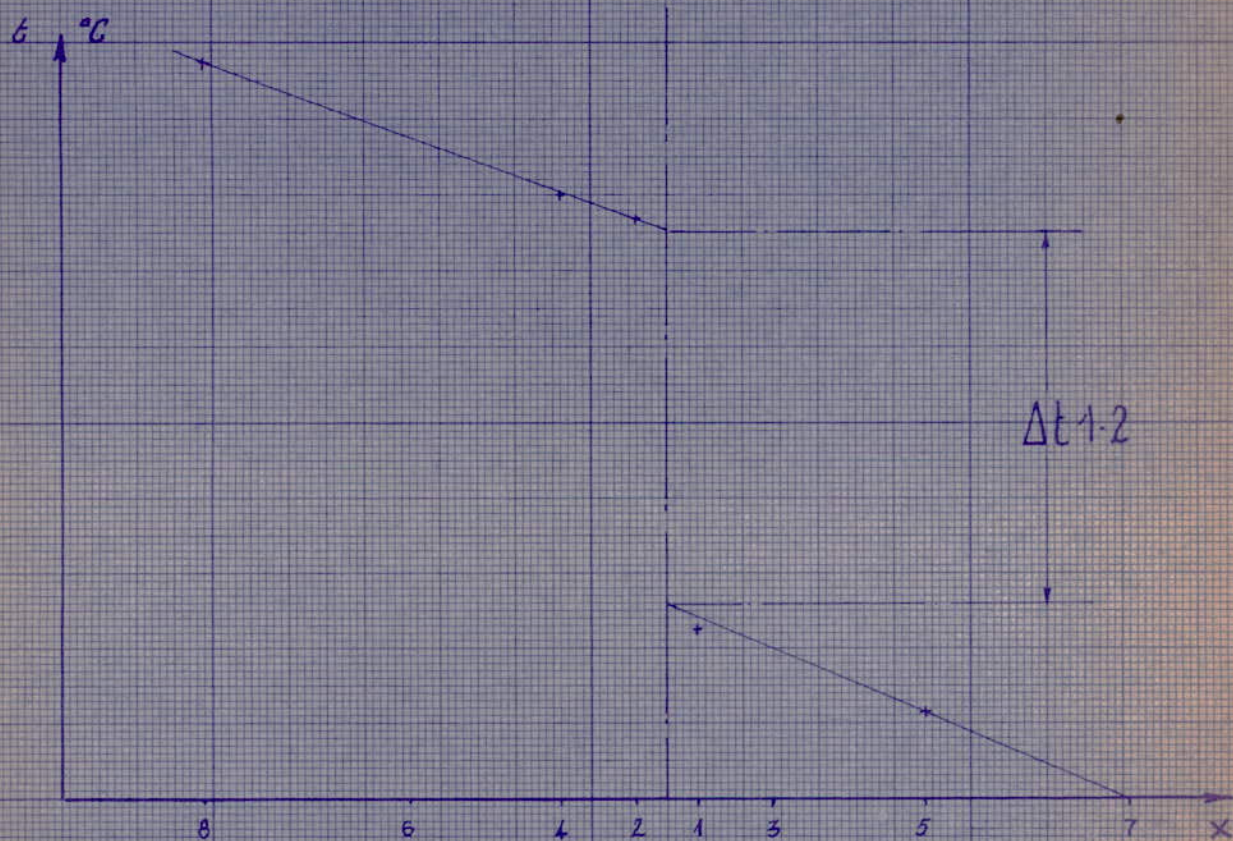
$$\Delta T_{1-7} = 9,25^\circ \text{C}$$

$$\text{a) } |q| = 6,3938 \cdot 10^3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{b) } R_t = 4,457 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

$$\text{c) } K_{j1} + K_{j2} = 3,574 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/Kcal}$$

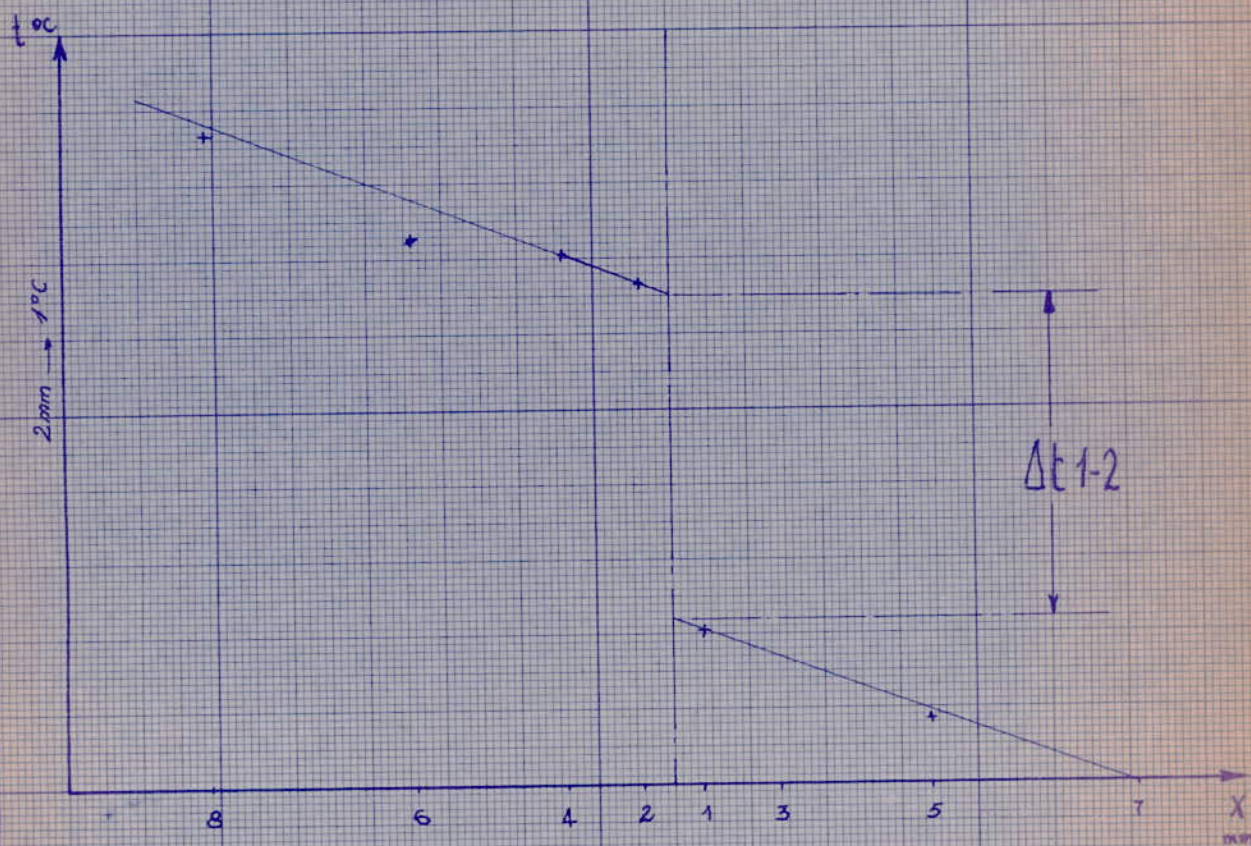
Repère thermo coax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,95	3,09	⋮	3,14	1,72	3,19	1,49	3,50
Température en °C	48,25	75,50	⋮	77,00	42,75	78,25	57,00	85,75



Graphe : B 12

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 1285 \mu$

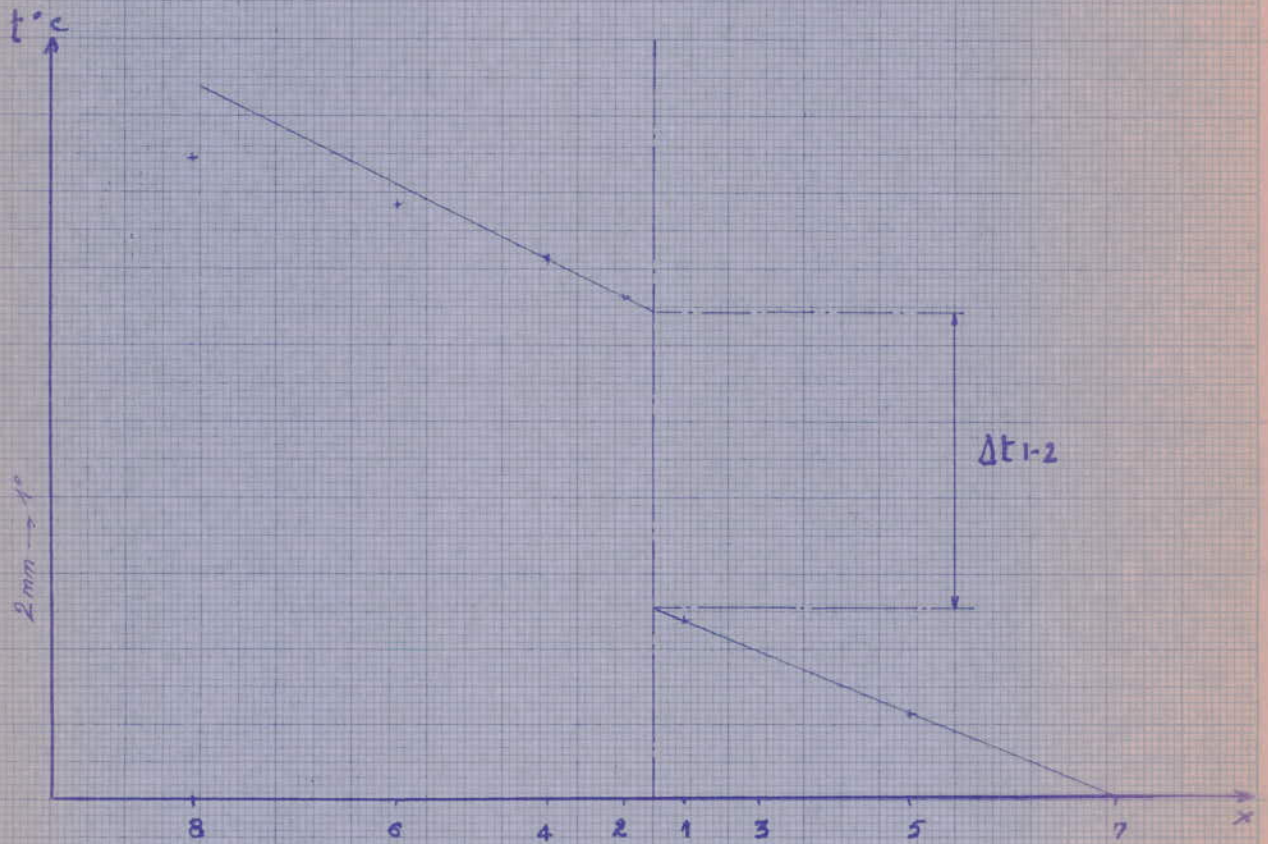
Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,75	2,70	}	2,78	1,51	2,83	1,33	3,12
Température en °C	43,50	66,50		68,50	37,50	63,50	33,25	76,50



Graph: B8b

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 1355 \mu$

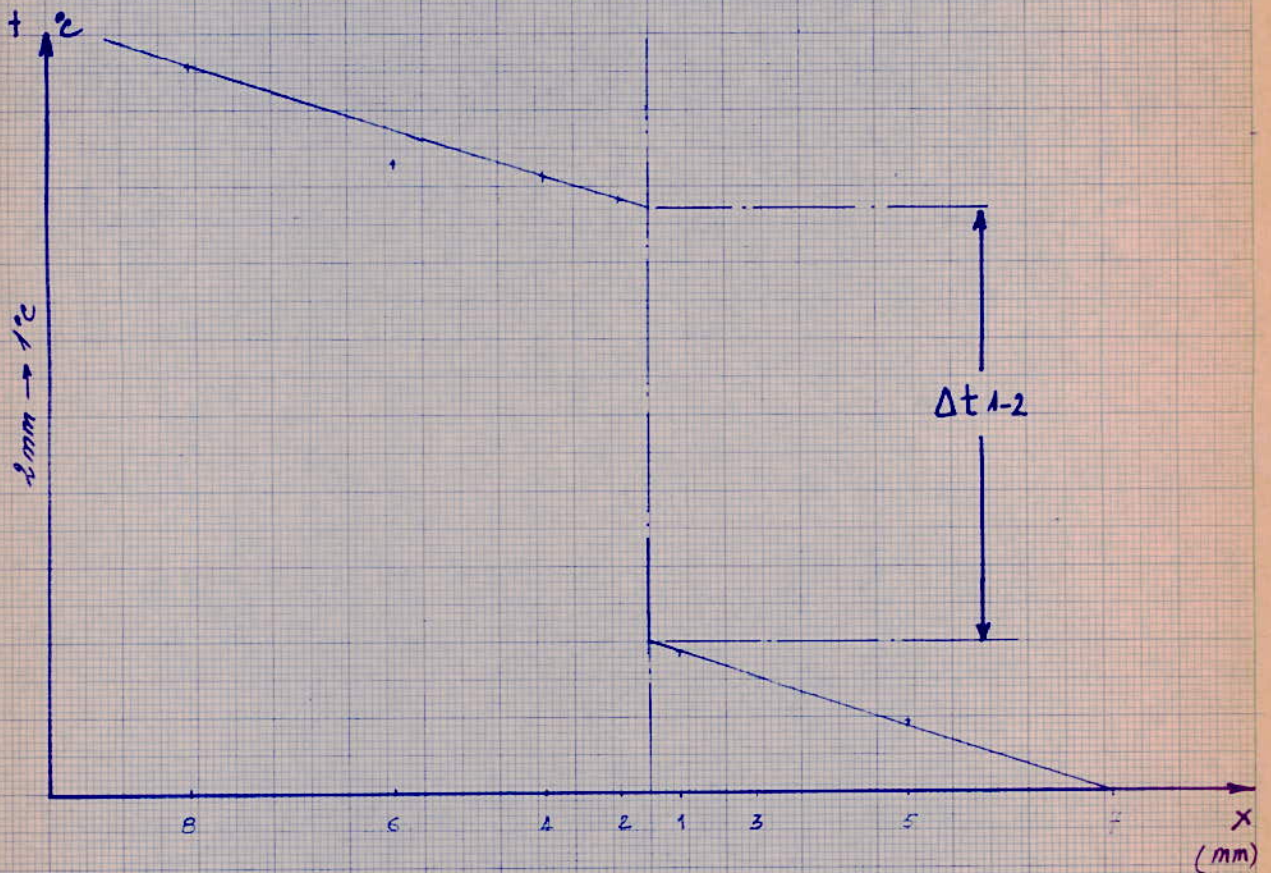
Repère thermocouple	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,51	2,38	1,41	2,48	1,25	2,63	1,02	2,75
Température en °C	37,50	58,75	35,25	61,25	31,25	64,65	25,50	69,75



Graph : B9

chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur 1370μ .

Repère thermocox	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,32	2,55	1,26	2,62	1,14	2,65	0,95	2,92
Température en °C	33,00	62,90	31,50	64,50	28,50	65,25	23,75	71,75



Graphe : B10

chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur 1450μ

3.4.26 Epaisseur e = 1665 μ graphe B10a

3.34

$$\Delta T_{1-2} = 15,75^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{1-7} = 13^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 8,9859 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2\text{h}$

b) $R_t = 1,752 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 0,870 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

3.4.27 Epaisseur e = 2120 μ graphe B11

$$\Delta T_{1-2} = 21^{\circ}\text{C}$$

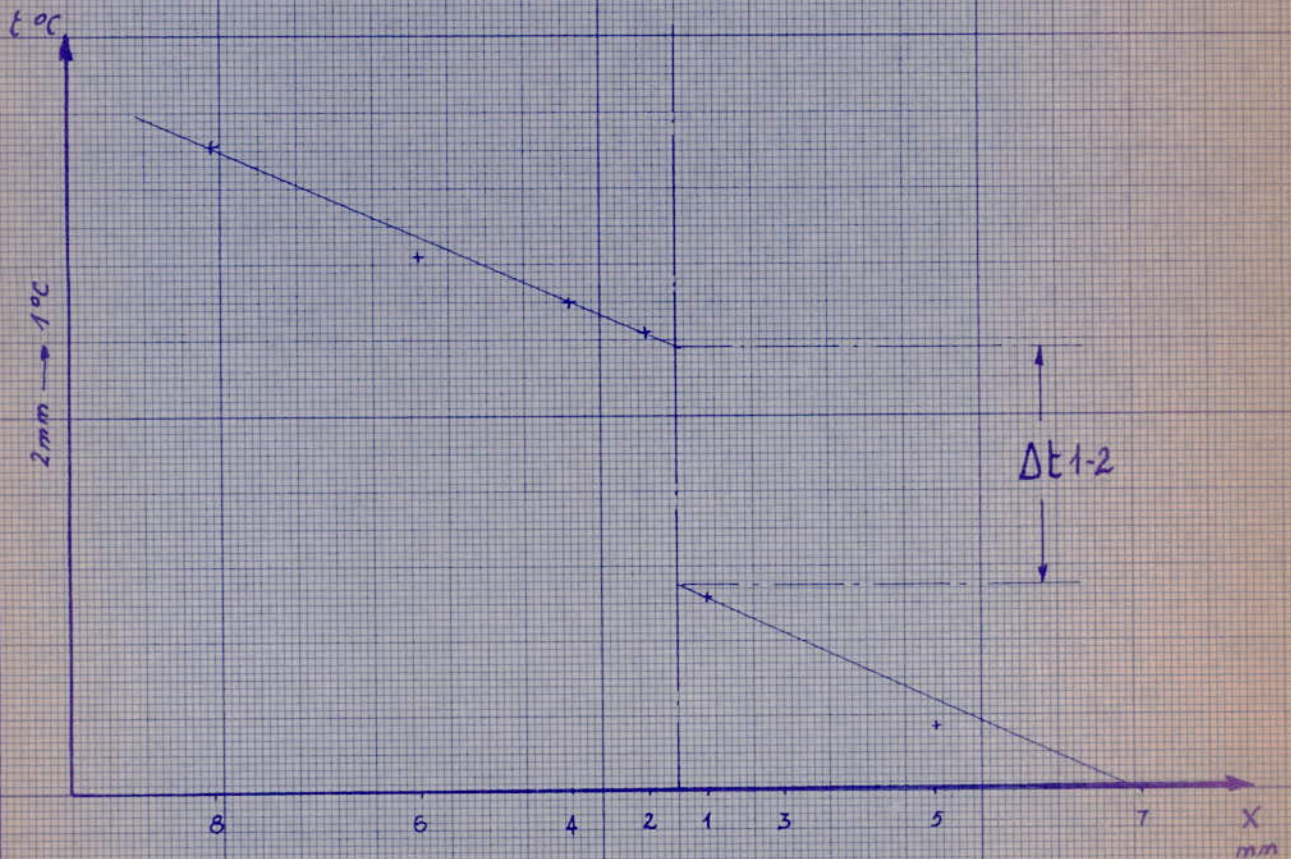
$$\Delta T_{1-7} = 12,25^{\circ}\text{C}$$

a) $|q| = 8,4675 \cdot 10^3 \text{Kcal/m}^2\text{h}$

b) $R_t = 2,480 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

c) $K_{j1} + K_{j2} = 1,597 \cdot 10^{-3} \text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/Kcal}$

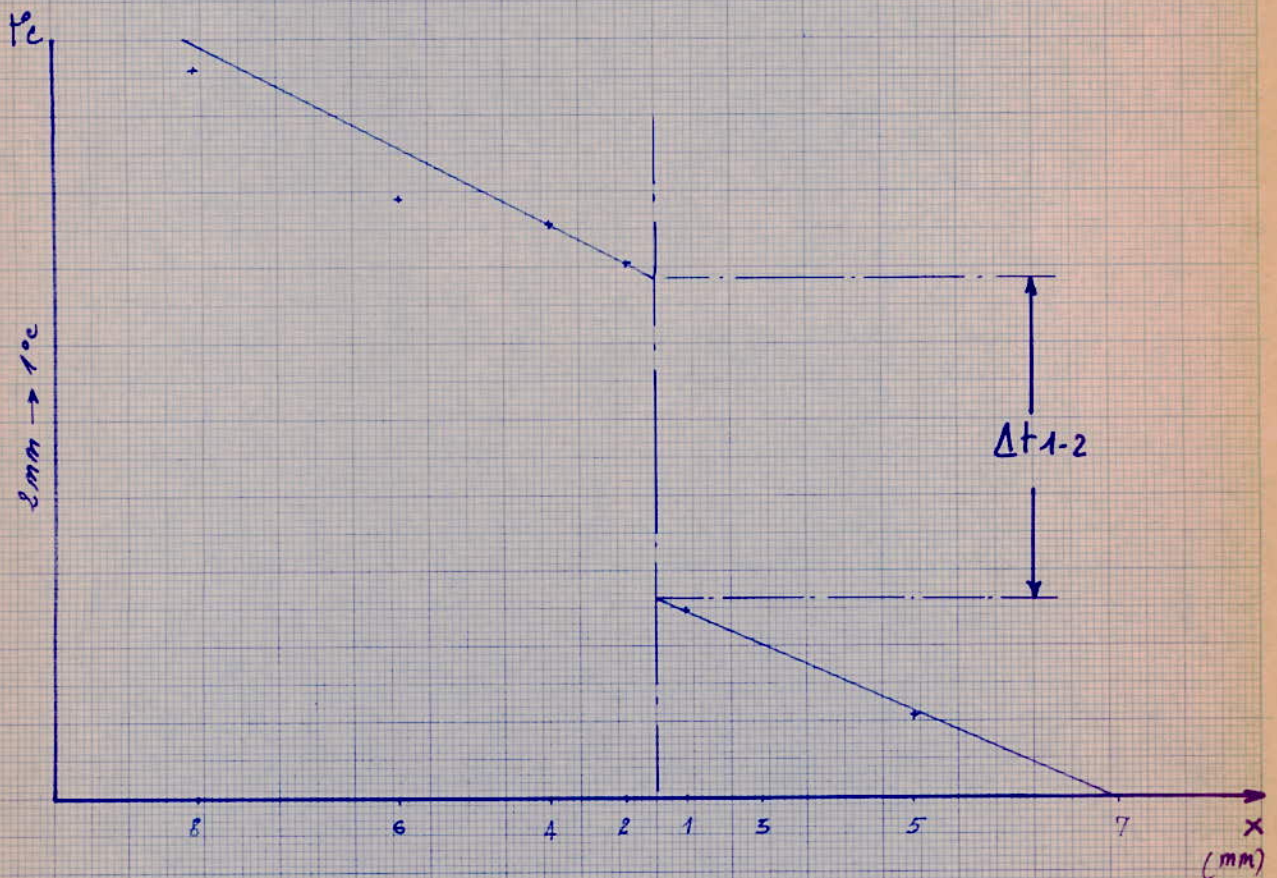
Repère thermocoax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,89	2,61	}	2,71	1,53	2,81	1,35	3,12
Température en °C	46,75	62,75		66,25	38,00	69,25	33,75	76,50



Graphe : B 10a

Chute correspondant à une feuille de Bismuth
d'épaisseur $e = 1665 \mu$

Repère thermocax	1	2	3	4	5	6	7	8
Millivolts	1,48	2,42	1,38	2,52	1,20	2,60	0,98	2,95
Temperature °C	36,75	59,75	34,50	62,25	30,00	64,00	24,50	72,50



Graph : B 11

Chute correspondant à 1 feuille de Bismuth
d'épaisseur 2120μ

QUELQUES OBSERVATIONS

1 - Pour les épaisseurs excédant 500 μ la surface de guidage de la bague de centrage devient insuffisante, et on a un basculement de la partie supérieure de la pièce. Une large bague, fendue pour permettre le passage des thermocoax 1 et 2, assurerait un bon centrage. (voir schéma page suivante).

2 - La pression pourrait ne pas être suffisante pour assurer un bon contact. Nous proposons l'addition d'un poids sur la partie supérieure, ou sa modification complète afin d'y adapter un système adéquat.

3- le papier à cigarette n'est déposé dans un lieu où l'humidité est contrôlée. Il se pourrait alors qu'il en résulte une variation de résistance.

4 - Un produit (vaseline, patex) déposé dans les trous de prise de température, assurerait un meilleur contact avec le thermocoax et permettrait d'avoir la température exacte.

5 - la température ambiante ayant augmenté

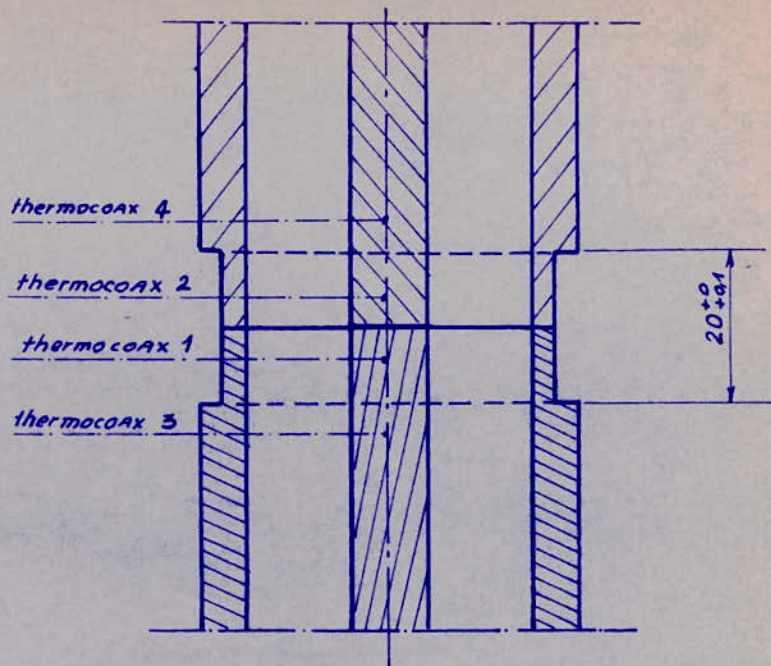
vers la mi-mai nous avons dû adopter un second thermostat pour la source froide qui est alors montée à 30°C . L'eau courante étant environ à 22°C alors que la température dans la salle était de 27°C , Le potentiomètre ne permettait pas de lire la température donnée par le thermocoax n°7 qui était de l'ordre de 25°C .

IL fallait donc augmenter la température de la source froide, et dans le but de maintenir l'écart de température entre les deux sources, la chaude est passée à 90°C .

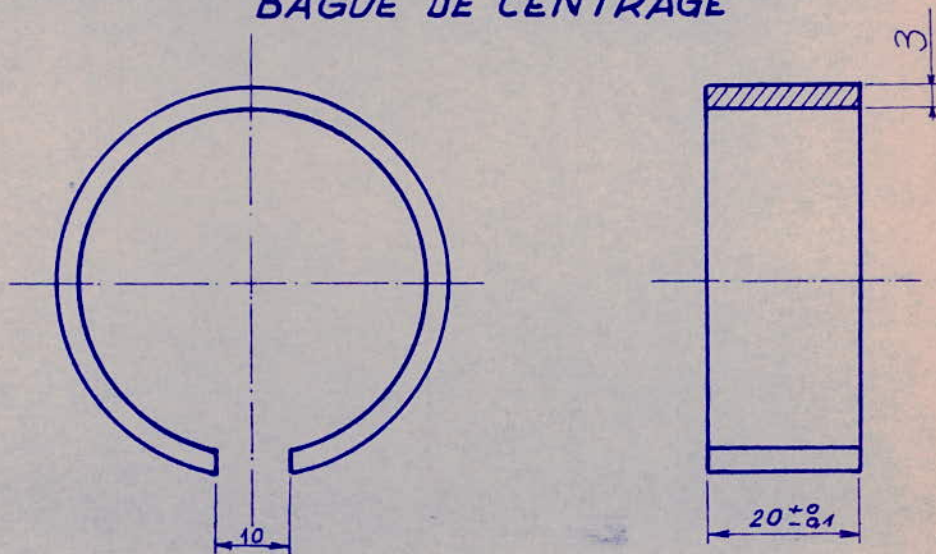
* IL faut noter l'augmentation de la température absolue de la feuille de métal étudiée.

6 - pour voir exactement ce qui se passe, il faudrait être en possession d'une game d'épaisseurs variant de 5μ en 5μ et conserver les mêmes plaques afin de pouvoir répéter les expériences.

DETAIL DE LA GORGE



BAGUE DE CENTRAGE



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE ALGER (10^e)

SCHEMA DE MODIFICATION

JUIN --1974--

C O N C L U S I O N

Étant donné les résultats assez inattendus et vu qu'il n'existe pas encore de théorie élaborée dans ce domaine, il serait souhaitable que les expériences sur les feuilles minces soient multipliées, afin d'obtenir un nombre suffisant de points.

Ce n'est qu'ainsi qu'on pourra tracer les courbes $K_{j1} + K_{j2} = f(e)$ d'une manière correcte.

Dans notre cas, les expériences ont été faites avec un flux de chaleur unitaire approximativement le même.

On pourrait se demander si la résistance thermique qui est fonction de l'épaisseur (c'est ce que nous avons vérifié) n'est pas aussi fonction de l'intensité du flux et de la température absolue de la feuille.

Il est à noter que l'installation réalisée pourrait aussi servir à l'étude de l'influence du milieu extérieur.

Conséquence pratique :

On peut envisager la formation d'isolant avec feuilles minces et insertion de papier.

BIBLIOGRAPHIE

- 1-- Bonnet C., Morin R. - Etude à propos de l'anomalie de la distribution des températures dans les couches superficielles d'une paroi chauffée ou refroidie, constatée par monsieur JACQ. Bruxelles, Euratom, 1963 x, 79p.
- 2-- Harrington R.E.- Anomalous surface heating rates. f. Appel, Phys. U.S.A. 1966/1967.
- 3-- JACQ J., Chateau M. Anomalies de la distribution de température dans les couches superficielles d'un solide. C.R. Ac. Sc. Paris, T.252, nr.21, 1961, p.3203-3203.
- 4-- Jacq J.- Anomalies de la distribution de température dans les couches superficielles d'une paroi chauffée ou refroidie. Journée internationale de la transmission de la chaleur, éditée par l'institut français des combustibles et de l'énergie, Paris.
- 5-- Jacq J., Etude du phénomène d'anomalie de température dans les couches superficielles des solides - Thèse présentée à la faculté des sciences de l'université de Paris pour obtenir le titre de Docteur Ingénieur - Soutenue le 19 Janvier 1970.
- 6-- Kaiser L., essai d'une théorie électronique de l'effet Jacq. REV. gén. de thermique, Paris, I. nr.5, 1962, p.21-40;.
- 7-- Piazzeri Giulio -résistance thermique de contact. la termotecnica pp.31-46. B.21/6741-1969.

8-- Lucas R.

6 _ Theorie du phénomène d'anomalie des
températures dans les couches superfi-
-cielles des matériaux. Journées inter-
-nationales de la transmission de la
chaleur . Editée Par l'Institut Français
des combustibles et de l'énergie, Paris 1961

Table de conversion de F. E. M. en fonction de la température

Thermocouples Chromel-Alumel (Soudure froide à 0°C)
et nickel chrome-nickel

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Millivolts ^{absolus}									
0	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36
10	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76
20	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16
30	1,20	1,24	1,28	1,32	1,36	1,40	1,44	1,49	1,53	1,57
40	1,61	1,65	1,69	1,73	1,77	1,81	1,85	1,90	1,94	1,98
50	2,02	2,06	2,10	2,14	2,18	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
60	2,43	2,47	2,51	2,56	2,60	2,64	2,68	2,72	2,76	2,80
70	2,85	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05	3,10	3,14	3,18	3,22
80	3,26	3,30	3,35	3,39	3,43	3,47	3,51	3,56	3,60	3,64
90	3,68	3,72	3,76	3,81	3,85	3,89	3,93	3,97	4,01	4,06
100	4,10	4,14	4,18	4,22	4,26	4,31	4,35	4,39	4,43	4,47
110	4,51	4,55	4,60	4,64	4,68	4,72	4,76	4,80	4,84	4,88
120	4,92	4,96	5,01	5,05	5,09	5,13	5,17	5,21	5,25	5,29
130	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65	5,69
140	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,01	6,05	6,09
150	6,13	6,17	6,21	6,25	6,29	6,33	6,37	6,41	6,45	6,49
160	6,53	6,57	6,61	6,65	6,69	6,73	6,77	6,81	6,85	6,89
170	6,93	6,97	7,01	7,05	7,09	7,13	7,17	7,21	7,25	7,29
180	7,33	7,37	7,41	7,45	7,49	7,53	7,57	7,61	7,65	7,69
190	7,73	7,77	7,81	7,85	7,89	7,93	7,97	8,01	8,05	8,09
200	8,13	8,17	8,21	8,25	8,29	8,33	8,37	8,41	8,46	8,50
210	8,54	8,58	8,62	8,66	8,70	8,74	8,78	8,82	8,86	8,90
220	8,94	8,98	9,02	9,06	9,10	9,14	9,18	9,22	9,26	9,30
230	9,34	9,38	9,42	9,46	9,50	9,54	9,59	9,63	9,67	9,71
240	9,75	9,79	9,83	9,87	9,91	9,95	9,99	10,03	10,07	10,11
250	10,16	10,20	10,24	10,28	10,32	10,36	10,40	10,44	10,48	10,52
260	10,57	10,61	10,65	10,69	10,73	10,77	10,81	10,85	10,89	10,93
270	10,98	11,02	11,06	11,10	11,14	11,18	11,22	11,26	11,30	11,34
280	11,39	11,43	11,47	11,51	11,55	11,59	11,63	11,67	11,72	11,76
290	11,80	11,84	11,88	11,92	11,96	12,01	12,05	12,09	12,13	12,17
300	12,21	12,25	12,29	12,34	12,38	12,42	12,46	12,50	12,54	12,58
310	12,63	12,67	12,71	12,75	12,79	12,83	12,88	12,92	12,96	13,00
320	13,04	13,08	13,12	13,17	13,21	13,25	13,29	13,33	13,37	13,42
330	13,46	13,50	13,54	13,58	13,62	13,67	13,71	13,75	13,79	13,83
340	13,88	13,92	13,96	14,00	14,04	14,09	14,13	14,17	14,21	14,25
350	14,29	14,34	14,38	14,42	14,46	14,50	14,55	14,59	14,63	14,67
360	14,71	14,76	14,80	14,84	14,88	14,92	14,97	15,01	15,05	15,09
370	15,13	15,18	15,22	15,26	15,30	15,34	15,39	15,43	15,47	15,51
380	15,55	15,60	15,64	15,68	15,72	15,76	15,81	15,85	15,89	15,93
390	15,98	16,02	16,06	16,10	16,14	16,19	16,23	16,27	16,31	16,36
400	16,40	16,44	16,48	16,52	16,57	16,61	16,65	16,69	16,74	16,78
410	16,82	16,86	16,91	16,95	16,99	17,03	17,07	17,12	17,16	17,20
420	17,24	17,29	17,33	17,37	17,41	17,46	17,50	17,54	17,58	17,62
430	17,67	17,71	17,75	17,79	17,84	17,88	17,92	17,96	18,01	18,05
440	18,09	18,13	18,17	18,22	18,26	18,30	18,34	18,39	18,43	18,47

