

# Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens

Autor(en): **Joye, P. / Christen, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **48 (1922)**

Heft 18

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37422>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens*, par P. JOYE, professeur à l'Université de Fribourg, et A. CHRISTEN, docteur ès sciences (suite). — *Concours d'idées pour l'étude de bâtiments pour bureaux et ateliers à l'usage des Services industriels à Lausanne*. — *DIVERS* : *Le dessablement des eaux courantes*. — *Les études de technologie industrielle de M. Ch. Frémont*. — *Résiliences superficielle et volumique*. — *Sur les différentes définitions du pouvoir calorifique*. — *Les routes monolastic*. — *BIBLIOGRAPHIE*.

## Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens,

par P. JOYE, professeur à l'Université de Fribourg,  
et A. CHRISTEN, docteur ès sciences.

(Suite<sup>1</sup>.)

V

*Les mesures de température pendant la construction du barrage.*

1. Les premières mesures de température furent effectuées en décembre 1919. Les thermomètres de la série A avaient été placés le 13 octobre à la cote 751,5 et ceux de la série B le 22 novembre à la cote 760, suivant la fig. 6b. Le bétonnage fut poursuivi jusqu'au 20 décembre : le niveau supérieur du béton avait atteint la cote 763. Le froid ne permit pas de reprendre les travaux avant le 15 mars 1920. Pendant toute cette période, pour parer au retrait du béton un joint de contraction large de 1,80 m., haut de 11 m., ouvert à ses deux extrémités, traversait le barrage dans toute sa profondeur suivant l'axe à partir de la cote 752.50.

Les thermomètres 2, 4, 5 de la série A sont exactement au-dessous du joint et n'étaient alors recouverts que par 1 m. de béton. Par contre, A<sub>1</sub> et A<sub>3</sub> étaient surmontés par 10 m. de maçonnerie (fig. 6b).

Les premiers étaient donc beaucoup plus exposés que les seconds à subir l'action refroidissante de l'air.

Nous réunissons dans un même tableau quelques observations de décembre 1919 et de mars et avril 1920.

	No	1 déc.	15 déc.	23 déc.	31 déc.	15 mars	26 mars	5 avril	15 avril
A <sub>1</sub>	1	17°1	12°5	8°8	10°0	6°6	6°8	8°8	9°5
A <sub>2</sub>	2	10°1	— <sup>2</sup>	—	—	4°5	11°6	11°6	12°0
A <sub>3</sub>	3	15°2	12°9	9°2	7°5	7°0	8°0	11°0	11°9
A <sub>4</sub>	4	8°7	5°0	4°4	5°3	4°2	12°6	11°8	12°1
A <sub>5</sub>	5	8°4	4°7	—	5°3	4°2	9°5	9°2	9°4
		1 déc.	15 déc.	31 déc. <sup>3</sup>	20 mars	31 mars	13 avril		
B <sub>1</sub>	7	15°0	8°2	4°2	—2°9	1°8	5°4		
B <sub>2</sub>	8	19°9	21°0	12°3	0°6	0°2	4°4		
B <sub>3</sub>	9	18°4	16°1	10°3	0°2	0°7	4°1		
B <sub>4</sub>	10	19°0	15°9	10°9	—1°8	—0°7	3°6		
B <sub>5</sub>	11	17°0	13°4	6°5	—0°1	0°4	4°4		

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 5 août 1922, page 181.

<sup>2</sup> La ligne de A<sub>2</sub> fut brisée, mais réparée dans la suite.

<sup>3</sup> Les mesures furent moins fréquentes à la série B plus difficile à atteindre.

A première vue, ces chiffres paraissent quelque peu étranges. Ils sont cependant susceptibles d'être interprétés.

Série A. Le 1<sup>er</sup> décembre, sept semaines après la pose des thermomètres la température du béton est encore assez élevée ; cependant, l'action du joint apparaît déjà : A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub> indiquent des températures plus basses que A<sub>1</sub> et A<sub>3</sub>, en raison de leur situation. Le béton dont la température s'est considérablement élevée pendant la prise, s'est refroidi lentement et ce sont les thermomètres placés au centre du massif qui indiquent la température la plus haute.

On donne les valeurs minima atteintes le 23 décembre. La température la plus basse de l'air dans les jours précédents a été de —16°, le 11. Ce n'est donc qu'après douze jours qu'elle paraît avoir agi sur les thermomètres. L'amplitude des variations les plus grandes observées sur A<sub>1</sub> et A<sub>3</sub>, a été environ de 4 degrés entre le 15 et le 31 décembre, alors que les variations de la température extérieure, mesurées à l'ombre, ont été de 25° (—16 à +9°). La température moyenne du mois est d'environ 0°.

Du 23 au 31, la température s'élève légèrement, par suite, croyons-nous, de l'apport de chaleur des couches supérieures de béton coulées jusqu'au 20 décembre, dont les réactions chimiques étaient en cours. A partir de janvier, les mesures furent interrompues par les travaux d'abatage de la roche.

Le 15 mars, à la veille de la reprise du bétonnage, l'abaissement général de la température est manifeste ; les thermomètres semblablement placés ne présentent que de faibles différences ; la présence du joint de contraction, resté ouvert pendant trois mois a accentué la distribution anormale des températures.

Série B. Elle est placée cote 760, dix mètres plus haut que la série A, à gauche du joint de contraction dans le plan vertical défini par 7 gr. 50 ; il se trouve à quatre mètres, vers la rive gauche, du plan vertical passant par la série A.

Les thermomètres B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub> ne sont qu'à 70 cm. de la paroi latérale du joint. Les thermomètres B<sub>2</sub> et B<sub>5</sub> sont mieux protégés (fig. 6b). L'épaisseur du béton, au-dessus de toute la série, ne dépasse pas trois mètres.

La cote 760 a été bétonnée le 22 novembre. Les premières mesures ont suivi de plus près le bétonnage qu'à

la série A. Aussi les premières températures observées sont-elles plus élevées ;  $B_2$  atteint jusqu'à  $23^{\circ}2$  (10 décembre). La température moyenne de l'air, du 1<sup>er</sup> au 10 décembre, est de  $-0^{\circ}4$ .

Nous ne voulons pas renouveler au sujet des mesures de décembre à la série  $B_2$  les constatations que nous avons faites à propos de la série A. Nous remarquons uniquement la répartition normale des températures dans la période qui suit immédiatement la prise ; mais dès la fin du mois, la chute des températures est importante aux thermomètres des bords et l'anomalie de distribution se dessine ( $B_3$ ).

De décembre à mars, le refroidissement accéléré par la faible épaisseur de béton qui protège les thermomètres de cette série a été rapide. Les variations de la température extérieure, masquées en décembre par les apports de chaleur due à la prise, vont pouvoir être observées<sup>1</sup>. Par exemple, le 20, les indications données par les thermomètres sont très basses :  $-2^{\circ}9$  par  $B_1$  qui est le plus exposé.

Du 22 au 27 mars, où les mesures sont faites régulièrement trois fois par jour, on voit nettement (fig. 7) que les thermomètres répètent les variations de la température de l'air avec un certain retard et très grand amortissement. L'amplitude des variations dans le béton ne dépasse guère  $1^{\circ}$  tandis qu'à l'extérieur, elles atteignent  $14^{\circ}$ .  $B_2$  et  $B_5$  varient dans de plus étroites limites que les autres.

La température est plus élevée le matin et plus basse le soir. Les variations se transmettent donc avec un retard d'environ 16 heures et une réduction de l'amplitude au 7 % de sa valeur. Ces observations paraissent assez semblables à celles qu'a faites à Langwies M. Schürch.

2. Le joint de contraction avait été ménagé pour éviter les fissures causées par le retrait du béton. Durant l'hiver, les réactions chimiques avaient pris fin et le barrage

<sup>1</sup> Dans le sol, en hiver, les variations journalières sont complètement amorties à une profondeur de 50 cm.

devait être peu éloigné de son équilibre thermique. Le retrait, qu'on avait essayé de mesurer sans grand succès d'ailleurs, ne semblait plus appréciable et le remplissage du joint fut décidé. Les travaux de bétonnage commencèrent le 17 mars. Afin d'étudier la prise du béton dans des conditions bien définies, on résolut de placer un thermomètre profondément dans le joint. On le soustrayait de la sorte à l'influence de la température extérieure et, d'autre part, on connaissait exactement la qualité du béton ainsi que la rapidité du bétonnage.

Le thermomètre, désigné dans la fig. 6b par N° 6 fut placé le 20 mars, à la cote 754, au-dessus d'une couche de béton frais de 1,50 m.

Les observations sont représentées fig. 7. La température initiale est de  $7^{\circ}6$ . Elle s'élève à  $14^{\circ}2$  le second jour et à  $26^{\circ}$  le troisième. Elle atteint son maximum, soit  $28^{\circ}2$  le 23 mars, vers 15 heures. La température de l'air n'a jamais dépassé  $17^{\circ}$  pendant ces jours-là et la température moyenne est voisine de  $8^{\circ}$ . Nous pouvons d'ailleurs admettre que le thermomètre N° 6 ne subissait en aucune manière l'influence de la température extérieure. Du 23 mars au 9 avril, la température décroît assez régulièrement d'environ  $1^{\circ}$  par jour et, à cette dernière date, le thermomètre marque  $12^{\circ}1$ . La température se relève légèrement ensuite, par l'apport de chaleur provenant du béton des couches supérieures.

Les réactions chimiques qui déterminent la prise du béton, semblent intenses : la température s'élève considérablement. Nous appelons *température de prise*, la différence entre la température la plus haute marquée par le thermomètre et la température initiale du béton, de suite après la pose de l'instrument. Cette dernière dépend de la température des matériaux, de leur chaleur spécifique, de l'état thermique de l'eau et de l'air au moment où le béton a été préparé et aussi du temps qui s'est écoulé depuis le brassage du béton jusqu'à sa mise en place. Si nous appliquons cette définition à la prise du béton dans le joint inférieur, nous obtenons les caractéristiques suivantes :

Température maxima du béton en place  $28^{\circ}2$  le 23 mars à 16 h.

Température initiale à la mise en place  $7^{\circ}5$  le 20 mars à 14 h.

Température de l'air  $9^{\circ}4$  le 20 mars à 14 h.

Température de prise  $20^{\circ}8$ .

Durée de la prise : 3 jours.

La chaleur dégagée par le béton frais du joint s'est transmise aux thermomètres des séries A et B de façon très différente. Si nous admettons que la première couche de béton apportée le 17 mars, au fond du joint s'est

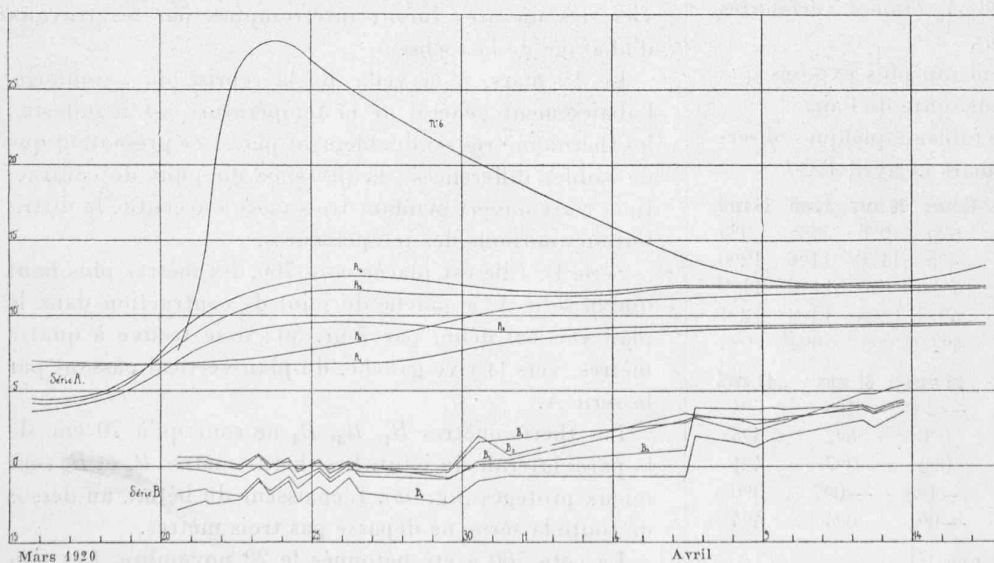


Fig. 7.

échauffée par la prise suivant la même courbe que celle qui a été déterminée, la température de cette couche aurait atteint son maximum, vers le 20 mars à midi. Les thermomètres  $A_2$ ,  $A_4$ ,  $A_5$  présentent en même temps un maximum aplati le 26 mars, 5 jours et demi après la prise. Une couche de 1 m. de béton sec, vieux de cinq mois, sépare les thermomètres de la source de chaleur qu'est le béton frais. Les deux autres thermomètres reçoivent de la chaleur principalement par les faces latérales du joint plus développées autour de  $A_3$  que de  $A_1$  qui se trouve d'ailleurs exposé à l'amont à l'action réfrigérante de l'air. Le premier de ces instruments se réchauffe plus rapidement que le second, quoique lentement. Le 5 avril, la répartition des températures tend à devenir normale; dix jours plus tard, elle l'est au point que la différence entre les trois thermomètres de l'intérieur, comme entre les deux marginaux est très faible, au plus 0°2; par contre, entre un groupe et l'autre, elle atteint 2°7. Il faut ajouter que ces résultats ne sont pas troublés par les apports de béton frais: du 20 mars au 10 avril, le bétonnage du joint est suspendu à la cote 757,50; il reprendra le 10 avril; dès le 14, la courbe du thermomètre N° 6 commence à remonter.

La série B est située 2,50 m. plus haut que la couche supérieure de béton frais et latéralement. C'est le 29 mars seulement, que l'afflux de chaleur semble atteindre les thermomètres de cette série qui subissent en même temps les effets de la température extérieure. Il est impossible de donner des explications de la marche propre de chacun des thermomètres. La température s'élève chez tous, mais moins rapidement chez  $B_4$ ; les crochets du 8 au 9 avril sont certainement dus à la variation de la température extérieure, car ils n'affectent que les instruments les moins protégés. Le 10 avril, les travaux de bétonnage reprennent; le joint est rempli le 17 (cote 763) et les observations sont interrompues à cette date.

3. Une autre série de mesures a été effectuée en mai 1920, lors de l'installation de la série C. Rappelons que cette série, placée à la cote 770 environ, comprend cinq thermomètres: les N°s 12, 13, 14 dans la section médiane, 6 gr. 5, les deux autres dans des sections latérales gauche (16) 29 gr. 50 et droite (15) 47 gr. 15 exactement à l'appui du barrage contre la roche. Les mesures sont représentées dans la fig. 8. Les courbes sont moins régulières, plus aplaties, les maxima moins nets et atteints plus tardivement que dans le joint de contraction.

Nous ne pouvons pas nous servir des indications du N° 15, les mesures n'ayant commencé que le 6 mai, alors

que le maximum était probablement déjà atteint. Du 12 au 31 mai, la température indiquée par ce thermomètre est restée comprise entre 27°5 et 28°3.

Occupons-nous tout d'abord du N° 16. Le bétonnage de la section a été interrompu du 8 mai au 26 juin à la cote 771,2 (2 m. au-dessus du thermomètre). Un premier maximum (27°5) est atteint le 9, suivi d'une chute rapide, mais courte de la température; les dernières couches de béton amenées jusqu'au 8 mai, dégagent à leur tour de la chaleur et le thermomètre monte jusqu'à 29°2. La baisse est ensuite lente tant que la prise s'effectue dans les sections voisines, puis elle s'accroît et devient proportionnelle au temps. Cette détermination de la température maxi-



Fig. 8.

imum accompagnant la prise doit présenter une exactitude plus grande que les autres, parce que la quantité de béton apportée au-dessus de l'instrument fut limitée. Il faut remarquer cependant que le thermomètre a été placé le 5 mai dans une couche déjà épaisse de béton frais coulée la veille: nous ne pouvons pas savoir faute de données sur les grandeurs physiques qui caractérisent la prise, en quelle proportion, la chaleur dégagée par cette couche, a agi sur le thermomètre.

Le N° 13 est au centre du massif, dans la section médiane; le bétonnage a été poursuivi sans arrêt dans cette partie de l'ouvrage, jusqu'à sa complète élévation. Les portions immédiatement voisines, subissant la prise, la chaleur dégagée se transmet au thermomètre qui, après avoir quelque peu baissé, reprend une lente ascension. Les mêmes observations valent pour le N° 12, situé à la cote 772, à 2 m. du parement amont. Placé plus tard, entouré de masses épaisses de béton frais, déjà réchauffées, il monte plus haut que tous les autres et fournit un maximum mal défini.

Le N° 14 est placé dans la même section à 0,9 m. seulement du parement aval; sa situation explique l'allure de la courbe: après une période où il oscille autour du maximum, il s'abaisse lentement sous l'action prépondérante de la température extérieure. Le maximum qu'il atteint

N°	Date de la pose	Température moyenne de l'air	Température maxima	Atteinte le	Différence de température	Durée
12	15 mai	16°7	37°8	4 juin	21°1	17 jours
13	6 mai	9°5	35°0	12 mai	25°5	6 »
14	6 mai	9°5	30°3	11 mai	20°3	5 »
15	30 avril	9°7	27°5			
16	5 mai	6°1	29°2	13 mai	23°1	8 »

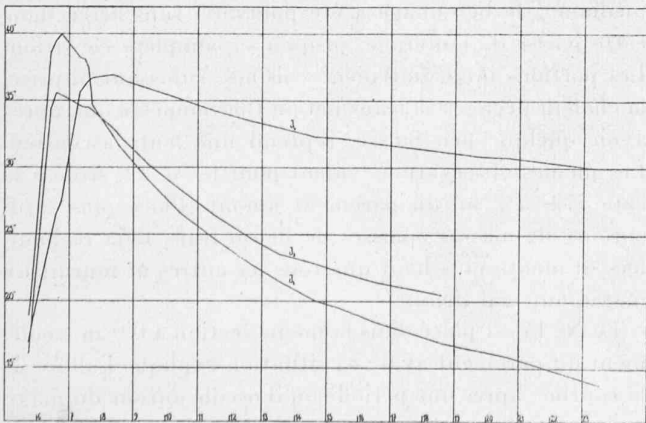
est aussi exagéré par la chaleur transmise de la couche sous-jacente à celle où il se trouve.

Pour définir la température de prise, on est parti de la température initiale qui est celle du béton au moment où il est mis en place. Il serait plus exact de prendre la température de préparation du mélange, mais elle est difficile à connaître : en effet, dès que le ciment est mouillé la température commence à s'élever. On pourrait, semble-t-il choisir comme point de comparaison la température de l'air. Lors de la pose de la série A, on a déterminé au même instant la température de l'air et celle du béton amené sur le plan d'œuvre ; on a trouvé pour la première 8°8 et pour la seconde 15°4. Il est certain d'autre part que, pendant le temps employé pour charger le béton dans les bennes et le conduire sur place, les réactions chimiques continuent en élevant la température. Le chiffre de 15°4 est donc trop élevé.

Des expériences de laboratoire, postérieures à ces mesures ont montré que la quantité de chaleur dégagée pendant la première demi-heure qui s'écoule après avoir mouillé le ciment selon les proportions utilisées pour les gâteaux d'essai, n'est pas considérable ; elle correspond à une élévation de température de 2° environ. Mais pendant des jours, le dégagement de chaleur continue. Il semble résulter de travaux en cours qu'il faut distinguer dans le phénomène de la prise, une chaleur d'hydratation dégagée rapidement, et une chaleur de combinaison prépondérante (formation de silicates doubles), mais dégagée beaucoup plus lentement.

La température initiale adoptée est trop élevée, mais faiblement ; elle peut cependant servir à définir la température de prise mieux que la température moyenne de l'air. Celle-ci a été indiquée lorsque les mesures n'ont pas pu être exécutées immédiatement après la pose des thermomètres, comme ce fut le cas à la série C. Remarquons à l'appui de ce qui vient d'être dit que, dix heures après la pose, le N° 13 donnait 12°4, le N° 14, 14°6.

4. A partir de la cote 765, le barrage fut construit en cinq secteurs séparés par quatre joints de contraction. Les trois premiers comprennent chacun deux chambres, une amont, l'autre aval, fermées par les moellons du pare-



Octobre 1920.

Fig. 9.

ment. Le joint IV est formé d'une unique chambre qui traverse toute la culée gauche qui sert d'appui aux arcs. Nous avons placé, le 5 octobre 1920, un thermomètre dans trois des joints. Les lignes, projetées à l'intérieur du béton par un tube Panzer, étaient tendues jusqu'à des points accessibles voisins et les mesures effectuées au moyen du pont transportable précédemment décrit.

Les observations sont représentées par la fig. 9. Les thermomètres sont désignés par le N° du joint  $J_2$ ,  $J_3$ ,  $J_4$ , dans lequel ils se trouvent ; ils ne sont pas raccordés à la station de mesures.

	Joint 2 aval	Joint 3 amont	Joint 4
Thermomètre	$J_2$	$J_3$	$J_4$
Cote	798	785	795
Placé le	5 oct. 14 h.	5 oct. 16 h.	5 oct. 17 h.
Section du joint à la hauteur du thermomètre	0,95 × 1,60 m.	1,20 × 1 m.	10,5 × 0,85 m.
Température moyenne de l'air le 5 octobre	9°	9°	9°
Première mesure le 5 octobre, 18 h.	18°9	16°	16°9
Température maxima	40°	35°6	36°9
Atteinte après	28 heures	22 heures	63 heures
Température initiale	15°	13°5	15°5
Température de prise	25°	22°	21°5
Élévation de temp.	après 6 h. 3°9	après 2h. 2°5	après 1 h. 1°4

Nous constatons que, pendant les premières heures qui suivent le bétonnage, l'ascension est sensiblement proportionnelle au temps ; cela nous permet de déterminer la température initiale du béton par extrapolation des courbes.

Le résultat de ces mesures diffère en plusieurs points des observations faites, soit au grand joint de contraction, soit à la série C. L'élévation de la température est beaucoup plus rapide : même dans le joint  $J_4$  où le phénomène a duré plus longtemps, nous n'atteignons pas les trois jours qui ont été nécessaires dans le grand joint ou les cinq jours du thermomètre N° 14. Ce résultat doit-il être attribué à la composition du béton<sup>1</sup>, ce qui serait tout à fait plausible, ou plus certainement à la quantité limitée de béton frais entourant le thermomètre ? Quelle que soit l'influence encore peu connue du premier facteur sur la vitesse de prise, l'allure descendante des courbes est déterminée par la masse de béton :  $J_2$  placé sous 2 m. seulement, dans une section étroite, indique une chute de température beaucoup plus rapide que les deux autres.  $J_4$  dans un joint de 10 m. × 0,85 et surmonté de 5 m. de béton renouvelle la descente lente déjà observée. Le 29 décembre, la température dans le joint  $J_4$  était encore de 14°, alors que  $J_2$  marquait — 1°1.

Les températures maxima obtenues dans toutes les déterminations sont difficilement comparables ; par con-

<sup>1</sup> Composition du béton :

Béton du barrage : Ciment 240 kg. Gravier 800 l. environ moitié cassé, moitié rond. Sable 500 l. environ  $\frac{1}{4}$  cassé,  $\frac{3}{4}$  rond.

Joint de contraction inférieur. Le même béton que le barrage.

Joints supérieurs. Chambres aval : Le béton du barrage avec 300 kg. ciment. Chambres amont : Béton fin 360 kg. ciment pour 1300 l. gravier et sable.

tre, les températures de prise dans les joints, diffèrent peu entre elles :

N° 6	21°	
$J_2$	25°	Moyenne 22°4
$J_3$	22°	
$J_4$	21°5	

Des différences du même ordre s'observent entre les déterminations de la série C, rapportées à la température moyenne de l'air:

M. Merriman<sup>1</sup> a trouvé que la température de prise d'un mortier formé de 1 partie de ciment et 3 parties de sable est égale à 50°. Au barrage, il a trouvé par extrapolation d'une courbe et pour le béton, la valeur de 25°6, la durée de la prise étant d'environ 15 jours.

Les mesures de prise durant la construction du barrage de la Jogne furent les premières de ce genre, effectuées avec cette ampleur. Elles sont affectées de causes d'erreur, d'importance variable suivant les thermomètres: l'apport de béton frais, qui prolonge la durée du maximum; dans le sens de la réduction de ce maximum, l'action de la température extérieure, à travers la couche de béton humide, rendue par l'eau plus conductrice de la chaleur. Les mesures dans les joints sont soustraites plus que les autres à ces effets perturbateurs.

Le joint, dont les parois latérales sont constituées par une grande épaisseur de béton durci relativement mauvais conducteur, est fermé à l'amont et à l'aval par les moellons des parements; les variations de la température extérieure y sont peu sensibles. De plus, la section du joint étant faible, le bétonnage est beaucoup plus rapide et la hauteur du béton au-dessus du thermomètre atteint très vite plusieurs mètres. Le thermomètre est de la sorte placé dans une grande masse de béton du même âge, isolé contre les variations de la température extérieure par les parois du joint, mauvaises conductrices. Le fait que la température de prise atteint dans les divers joints des valeurs assez voisines, donc indépendantes de la masse, justifie cette déduction<sup>1</sup>.

La température maxima qu'on admet être la température à laquelle le système se prend et devient un corps solide, a atteint des valeurs élevées, comprises entre 28 et 40°, suivant la température initiale du béton au moment de sa préparation. Tant que des déterminations de résistance à la pression et à la traction, en fonction de la température développée dans le béton, n'auront pas été effectuées, on ne pourra pas décider s'il y a intérêt à réduire, — par des moyens divers que nous ne pouvons envisager ici — la quantité de chaleur dégagée par la prise. La température que l'on observe n'est, à vrai dire, qu'une manifestation de la chaleur libérée par la réaction chimique; c'est donc cette quantité de chaleur qu'il faut connaître avant toute autre grandeur; il faut aussi pouvoir distinguer entre la chaleur d'hydratation du ciment et la chaleur de formation des silicates, ou chaleur de durcisse-

ment; alors on pourra, par la connaissance des chaleurs spécifiques, calculer l'élévation de température du béton.

Si l'on ne peut guère préjuger de la solution qu'apportera l'étude de la résistance, il est certain d'autre part, que l'inconvénient du retrait exige les températures de prise les plus basses, compatibles avec la solidité de l'ouvrage. Mais il faut probablement attribuer le retrait à deux causes, l'une, la contraction, d'origine physique, due au refroidissement de la masse; l'autre la variation de volume, positive, ou négative, accompagnant la transformation moléculaire qui fait de la masse molle de béton frais, un bloc rigide.

Faute de connaissances précises sur les compositions chimiques initiale et finale du mortier, nous rapportons uniquement nos observations à la cause d'origine physique: la diminution de volume par abaissement de la température. Un exemple cité à propos du joint  $J_4$ , les graphiques du chapitre suivant, nous montrent la longue période de temps nécessaire au refroidissement des portions larges du barrage. La fermeture du joint avant que soit dissipée la chaleur accumulée dans les voussoirs voisins compromet le but poursuivi qui est de diminuer le retrait, d'éviter les fissures, comme l'a indiqué, sur la base de nos observations, M. Stucky, dans son travail<sup>1</sup>.

Cependant, dans un voussoir, compris entre deux joints de contraction verticaux, la distribution des températures est anormale; nous l'avons signalé à propos des séries A et B. Elle est élevée au centre du massif, beaucoup plus basse sur les côtés. Pendant le remplissage du joint une partie de la chaleur dégagée est transmise au béton voisin. Une certaine égalisation des températures, accompagnée de dilatation des voussoirs et de contraction du béton dans le joint, pourra lentement s'établir. La largeur des joints, partant la quantité de chaleur qu'ils pourront abandonner, leur répartition dans l'ouvrage, le volume, la température des voussoirs devront être dans une certaine relation, telle que la distribution des températures, à la fin de la période d'égalisation exclue des tensions trop grandes. Les mesures aux thermomètres installés dans le barrage ont été reprises trop tard pour reconnaître l'action de la chaleur dégagée dans les joints; mais les courbes de la fig. 7 montrent en quelle mesure l'égalisation se produit. Les déterminations de températures de prise, qui pourraient être faites dans de futurs ouvrages devront, entre autres problèmes, contrôler ces déductions. (A suivre.)

### Concours d'idées pour l'étude de bâtiments pour bureaux et ateliers à l'usage des Services industriels à Lausanne.

Extrait du rapport du Jury.

Le Jury chargé d'examiner les projets présentés au concours s'est réuni le 5 juillet 1922 dans la salle de la Grenette.

Les projets présentés, au nombre de 17 ont tous été livrés dans le délai fixé.

<sup>1</sup> STUCKY: Etudes sur les Barrages arqués, *Bulletin technique*, 1922.

<sup>1</sup> ZIEGLER, *Beton u. Eisen*. (1909). S. 341.

<sup>1</sup> Au cours de déterminations de température de prise effectuées dans le béton des voûtes du pont de Pérolles, à Fribourg, nous avons trouvé en moyenne 22°, comme à la Jogne.