

Séchage et vieillissement du béton dans les barrages

Autor(en): **Besson, Marius**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **72 (1954)**

Heft 26

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61209>

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.

Séchage et vieillissement du béton dans les barrages

Par **Marius Besson**, professeur agrégé de physique et chimie, Dr. ès sciences, Fribourg

DK 627.82:624.058.7

La présente étude est un exposé succinct de résultats dus pour une grande partie aux travaux de *M. Brasey*, professeur à l'Université de Fribourg, et prématurément décédé en octobre 1951. Il avait été chargé en 1947 des mesures au barrage de Rossens. A côté des mesures habituelles de températures, pressions et déformations, il avait entrepris la mesure du séchage du béton et avait mis au point à cet effet un appareil actuellement connu commercialement sous le nom de «téléhumètre». Voici en quels termes il exposait à cette époque la raison de ces mesures:

«Les ouvrages en béton et plus particulièrement les barrages sont l'objet de mesures très poussées destinées à contrôler les déformations et les pressions locales prévues par le calcul. Or, l'état de séchage ou l'état d'humectage, c'est-à-dire le contenu d'humidité du béton ou du mortier n'est pas sans influence sur les constantes élastiques qui servent de base aux calculs et il y a intérêt à pouvoir déterminer cet état et à en suivre l'évolution qui peut être brusquement modifiée par des infiltrations à travers les raccords des joints et les fissures consécutives au retrait du béton. Les mesures entreprises dans ce but, jusqu'à présent, au moyen d'électrodes noyées en divers points de l'ouvrage, ne semblent pas avoir donné des résultats satisfaisants.»

A. Mesures et résultats

Le «téléhumètre» est un cylindre constitué par une masse hygrométrique, de composition analogue au mortier, enrobant deux électrodes en fer. Celles-ci forment deux cylindres coaxiaux, l'un interne constitué par une tige pleine, l'autre externe constitué par une tôle perforée. La résistance électrique de cette masse hygrométrique est fonction de son degré d'humidité. Il suffit donc, après un étalonnage préalable, de mesurer la résistance électrique du téléhumètre, pour connaître son état d'humidité et par suite le degré d'humidité du béton dans lequel il est placé et avec lequel il fait corps. Toutefois, cette résistance étant de nature électrolytique, dépend étroitement de la température, et il importe de connaître

celle-ci très exactement pour effectuer les corrections convenables.

Précisons bien dès maintenant le sens des indications du téléhumètre: Pour des raisons qui trouveront plus loin leur justification, nous ne parlons pas du béton rigoureusement sec (0 % d'humidité), mais d'un béton à 100% d'humidité. Nous entendons par là un béton imbibé d'eau jusqu'à refus. La perte d'eau par 100 g de béton définit le séchage. C'est ce que fait connaître le téléhumètre. Les expressions «100 pour cent d'humidité» ou «0 % de séchage» sont équivalentes. Nous emploierons de préférence la seconde moins sujette à ambi-

guité. Ainsi un bloc de béton de 500 g parfaitement imbibé d'eau, est à 0 % de séchage. Si ce bloc perd par exemple 8 g d'eau, il sera à 8/500 . 100 ou 1,6 % de séchage.

26 téléhumètres ont été posés dans le barrage de Rossens avec 55 thermomètres, 40 piézomètres, 51 extensomètres. Nous nous limitons ici strictement au séchage et même nous ne retiendrons la plupart du temps que les indications de 13 téléhumètres groupés dans un même bloc — le bloc 4 d — les autres, disséminés dans le reste du barrage n'ayant apporté que des résultats d'intérêt moindre et au surplus difficilement contrôlables.

Sans entrer dans le détail de la construction de l'ouvrage¹⁾, nous donnerons strictement les précisions indispensables à la compréhension des résultats.

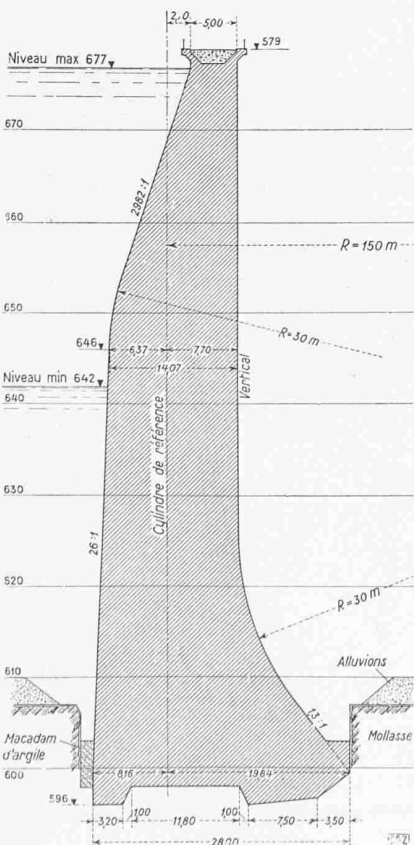
Le barrage de Rossens est un barrage arqué d'une hauteur de 83 mètres. La face amont est exposée au sud. Le niveau maximum de l'eau est à la cote 677. La prise d'eau est à la cote 640. Le bloc 4 d dans lequel se trouvent les 13 téléhumètres dont nous tirons la majeure partie des résultats est voisin du centre. Ces 13 téléhumètres ont été répartis en trois groupes, soit: Un groupe de 5 à la cote 620, un groupe de 5 à la cote 647 (à 7 m au-dessus de la prise d'eau)²⁾ et un groupe de 3 à la cote 674 (à 3 m au-dessous du niveau maximum). Nous allons exposer successivement les résultats fournis par chacun de ces groupes.

A la cote 620 ont été posés 5 téléhumètres échelonnés d'amont en aval. Le tableau 1 et la fig. 1 donnent les résultats. Comme on pouvait s'y attendre, le séchage est d'abord assez rapide: il atteint déjà 1 % en avril 1947, un mois ou un mois et demi après le bétonnage, suivant les emplacements. Il se poursuit ensuite de plus en plus lentement. La mise en eau du barrage en 1948 ramène à des valeurs comprises entre 1,7 et 1,8 % les indications du téléhumètre 10 qui était monté à près de 1,9 % en février 1948. Elle n'a aucun effet appré-

Tableau 1. Mesures à la cote 620, épaisseur du mur 15 m.

Téléhumètre N°	distance*) m	séchages en %						
		Nov. 1947	Déc. 1948	Déc. 1949	Déc. 1950	Déc. 1951	Déc. 1952	Déc. 1953
10	1	1,65	1,68	1,73	1,88	1,93	1,96	2,01
11	4	1,80	2,07	2,14	2,25	2,29	2,34	2,36
12	7	1,80	2,10	2,19	2,31	2,36	2,40	2,43
13	11	1,90	2,22	2,27	2,45	2,50	2,56	2,63
14	14	1,50	1,87	1,93	2,09	2,16	2,22	2,26

*) du parement amont.



Section à travers le barrage de Rossens 1:800 voir SBZ 1948, No 47, p. 641.

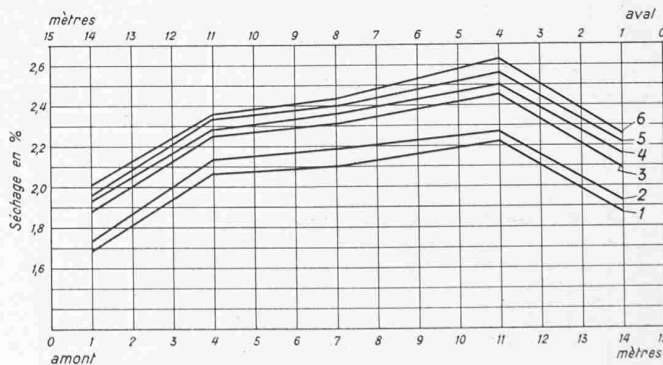


Fig. 1. Bloc 4 d, cote 620. Séchage en fonction de la distance au parement amont.

ligne 1 déc. 1948 3 déc. 1950 5 déc. 1952
 ligne 2 déc. 1949 4 déc. 1951 6 déc. 1953

1) Voir «Der Bau der Staumauer Rossens» par Gerold Schnitter. SBZ 1948, Nos 47, 48 et 50.

2) Le niveau de l'eau n'est jamais descendu au dessous de la cote 647.

ciable sur les autres. A partir de 1948, le séchage devient si lent qu'il faut faire les comparaisons à un an de distance pour observer des différences notables.

On constate que le séchage croît d'année en année de la même manière dans toute l'épaisseur du barrage, de sorte que l'allure de la courbe en fonction de la distance aux parements reste sensiblement la même. Le maximum se situe à 11 m du parement amont et à 4 m du parement aval. Il est surtout remarquable que le séchage est beaucoup plus avancé à l'intérieur de l'ouvrage qu'au voisinage des parements. Ainsi donc le séchage ne se fait pas par évaporation. Il ne se fait pas de l'extérieur vers l'intérieur, mais au contraire de l'intérieur vers l'extérieur. L'eau pénètre dans la masse du béton en provenance naturellement de la face amont qui est constamment baignée, mais aussi en provenance de la face aval qui est arrosée par les pluies. Dans le béton, cette eau disparaît par réaction chimique. Les expériences poursuivies au laboratoire semblent indiquer qu'elle se transforme en eau de cristallisation, les cristaux ainsi formés pouvant se décomposer et restituer de l'eau à l'état libre dans des conditions déterminées de température et de pression. — A la cote 647 aucune remarque nouvelle n'est à faire relativement au séchage des premières semaines qui progresse comme à la cote 620. A l'époque de la mise en eau du barrage, le lac ayant atteint en mai 1948 la cote 647, le téléhumètre 37, situé à 0,50 m du parement amont marque un recul de l'état de séchage qui revient de 1,53 % (7 mai) à 1,16 % (31 mai). Par la suite le séchage en ce point remonte lentement et atteint 1,6 % en fin 1951. Cet accroissement de séchage indiqué par un téléhumètre placé à 0,50 m d'un parement désormais en contact constant avec l'eau peut paraître surprenant à première vue.

Il y a à ce phénomène deux explications; soit: 1. Les régions voisines situées plus à l'aval deviennent de plus en plus sèches. 2. Le parement amont, au contact de l'eau, se colmate progressivement; avec le temps il devient de plus en plus étanche. Cette deuxième explication, de beaucoup la plus décisive, n'a pas été trouvée après coup pour les besoins de la cause; c'est un phénomène que nous avons mainte fois remarqué au laboratoire et qui nous a même considérablement gênés au cours de la formation des téléhumètres. Ce colmatage par l'eau est si accentué qu'on est obligé, après quelques mois de traitement, de meuler la surface des téléhumètres pour leur restituer leur perméabilité primitive. Par le tableau 2 (fig. 2) établi dans les mêmes conditions qu'à la cote 620, nous remarquons de nouveau ici que le maximum se trouve à l'intérieur du barrage et non vers le parement aval, comme ce serait le

cas si le séchage était le résultat d'une évaporation. On constate à n'importe quelle époque que, dans le sens amont-aval, le séchage croît jusqu'au téléhumètre 38 situé à une profondeur de 4 m, puis décroît jusqu'au téléhumètre 39 situé à 7 m de chaque parement, puis croît jusqu'au téléhumètre 40 situé à 4 m du parement aval où il atteint son maximum. Il décroît ensuite jusqu'au téléhumètre 41 situé à 0,50 m du parement aval. L'ensemble des séchages à l'intérieur de l'ouvrage reste toujours nettement supérieur à celui qu'on trouve au voisinage des parements. On remarquera que le téléhumètre 40 qui indique le séchage maximum est situé sur la même verticale que le téléhumètre 13 qui, dans la série précédente indiquait aussi le séchage maximum.

A la cote 674 les téléhumètres 58 et 60 sont disposés symétriquement par rapport au téléhumètre 59 qui est à égale distance des deux parements. Ils sont chacun à 0,50 m d'un parement et à 2,50 m du téléhumètre central.

D'après les observations précédentes on pourrait à première vue s'attendre à rencontrer le plus fort séchage au voisinage du téléhumètre central. Mais on doit remarquer que, à la cote 674, les conditions sont différentes. La face amont n'est plus, comme précédemment, continuellement baignée par le lac; elle ne l'est que exceptionnellement. La plupart du temps cette face, exposée au midi, reçoit le soleil. On doit s'attendre ici à un séchage par évaporation qui viendra s'ajouter au séchage par réaction chimique observé précédemment. Quant à la face aval, exposée au nord, elle ne présente à cette cote aucune particularité nouvelle et, d'après les observations faites aux cotes 620 et 647, nous pouvons penser que, sur cette face, le séchage par évaporation sera négligeable et que, en définitive, grâce aux pluies, il y aura, à travers le parement, un apport d'eau vers l'intérieur. En conséquence on peut prévoir que le séchage ne présentera pas un maximum au centre mais qu'il ira en diminuant de l'amont vers l'aval, tout au moins durant les périodes où le parement amont n'est pas en contact avec l'eau du lac. C'est ce que vérifié le tableau 3 et la fig. 3a. Il reste à examiner l'effet des variations du niveau du lac autour de la cote 674. L'eau a pour la première fois dépassé cette cote en septembre 1948. On voit alors le téléhumètre 58 descendre en l'espace de 5 semaines de 0,92 à 0,43 % tandis que, pendant la même période, le téléhumètre central passe de 0,71 à 0,58 %. On retrouve donc momentanément, à la fin de cette période, le séchage le plus élevé au centre, comme on l'avait observé aux cotes 620 et 647. Le niveau du lac remonte au dessus de la cote 674 en juin 1949, mais pour peu de temps, et le téléhumètre 58 n'accuse alors aucun recul de séchage.

Tableau 2. Mesures à la cote 647, épaisseur du mur 14 m.

Télé-hu-mètre N°	dis-tance m	séchages en %					
		Déc. 1948	Déc. 1949	Déc. 1950	Déc. 1951	Déc. 1952	Déc. 1953
37	0,5	1,30	1,37	1,56	1,61	1,71	1,78
38	4	1,59	1,63	1,86	1,91	1,99	2,12
39	7	1,50	1,58	1,75	1,80	1,84	1,92
40	10	1,84	1,88	2,03	2,07	2,11	2,20
41	1,35	1,37	1,44	1,59	1,67	1,74	1,85

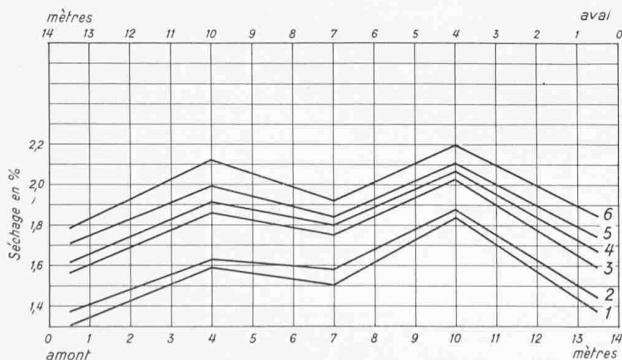


Fig. 2. Bloc 4 d, cote 647. Séchage en fonction de la distance au parement amont.

ligne 1 déc. 1948 3 déc. 1950 5 déc. 1952
 ligne 2 déc. 1949 4 déc. 1951 6 déc. 1953

Tableau 3. Mesures à la cote 674, épaisseur du mur 6 m.

Télé-hu-mètre	dis-tance m	séchages en %					
		Déc. 1948	Déc. 1949	Déc. 1950	Déc. 1951	Déc. 1952	Déc. 1953
58	0,5	0,75	1,01	1,31	1,40	1,53	1,60
59	3,0	0,71	0,84	1,12	1,18	1,25	1,36
60	5,5	0,43	0,64	0,94	1,05	1,08	1,12

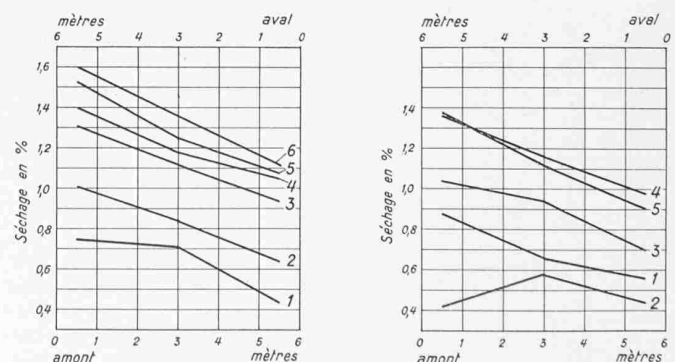


Fig. 3a

1 déc. 1948 4 déc. 1951
 2 déc. 1949 5 déc. 1952
 3 déc. 1950 6 déc. 1953

Fig. 3b

1 août 1948 4 fév. 1951
 2 1. oct. 1948 5 sept. 1951
 3 mars 1950

Fig. 3. Bloc 4 d, cote 674. Séchage en fonction de la distance au parement amont.

En 1950 la cote 674 est dépassée trois fois; soit du 19 mai au 18 juillet (2 mois), du 2 septembre au 25 octobre (2 mois) et du 13 novembre au 19 décembre (1 mois). Le séchage indiqué par le téléhumètre 58 est néanmoins resté constamment supérieur à celui du téléhumètre 59.

En 1951 le niveau du lac s'est maintenu au dessus de la cote 674 de mai à octobre, durant 5 mois et demi ininterrompus, et pendant une courte période de novembre à décembre. Malgré ce contact prolongé avec l'eau le séchage est resté plus élevé au voisinage du parement amont qu'au centre. Par conséquent, à partir de l'année 1949, le parement amont est devenu imperméable à l'eau. C'est un remarquable effet de colmatage en parfait accord avec les résultats des cotes 620 et 647. Cet effet sera encore mieux mis en évidence par la figure 3b. Une première courbe représente le séchage au mois d'août 1948 (moyenne de cinq mesures) avant que l'eau n'ait atteint pour la première fois la cote 674. On voit comment le séchage décroît d'amont en aval. La deuxième courbe représente le séchage au 1er octobre 1948, environ trois semaines après que l'eau a dépassé la cote 674. On voit que l'humidité a fortement pénétré à travers le parement amont et la courbe change complètement d'aspect: c'est maintenant le centre qui est le plus sec. A noter que les téléhumètres se trouvent sur un raccord de joint ce qui explique que l'eau ait pu pénétrer jusqu'à l'aval, sur une épaisseur de 6 mètres.

La troisième courbe (mars 1950) correspond à une époque où l'eau était depuis 8 mois descendue au dessous de la cote 674. Le séchage des régions voisines du parement amont a fortement progressé. La quatrième courbe montre que, en février 1951, date où l'eau est au dessous de la cote 674, cette progression s'est accentuée, le séchage décroît linéairement de l'amont vers l'aval. La cinquième courbe, moyenne des valeurs du mois de septembre 1951, époque à laquelle depuis 5 mois et demi consécutifs l'eau dépassait la cote 674, montre que le degré de séchage au voisinage du parement amont n'a nullement rétrogradé pour autant, mais qu'il a même progressé. C'est l'effet de colmatage que nous avons signalé.

B. Allure de la progression du séchage

Jusqu'ici nous avons surtout considéré l'état de séchage en différents points de l'ouvrage à une date déterminée. La comparaison de ces états pris à un même mois (décembre) montre que le séchage ne cesse d'augmenter.

Si maintenant nous étudions le séchage en un point en fonction du temps, nous constatons que, sauf dans les premiers mois, cette progression n'est généralement pas régulière, surtout au voisinage des parements. Construisons par exemple le graphique des moyennes mensuelles du téléhumètres 14 à 1 m du parement aval à la cote 620 (fig. 4): Après une ascension rapide (mars 1947 — mars 1948) le séchage paraît se stabiliser (mars 1948 — décembre 1948) aux environs de 1,75 %. L'ascension reprend en décembre 1948 pour atteindre en avril 1949 la valeur de 1,96 %; elle est suivie d'une chute qui nous ramène en juillet 1949 à 1,82 %. A partir de là la progression du séchage prend une allure ondulée; la courbe ressemble à une sinusoïde dont la période est d'un an et dont l'enveloppe est nettement ascendante, les minima se plaçant en été et les maxima en hiver.

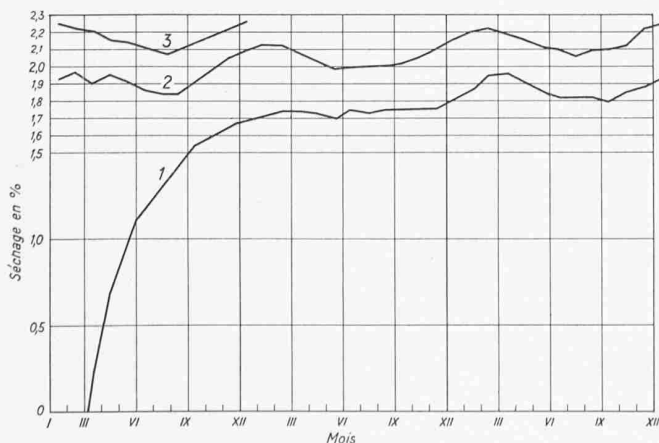


Fig. 4. Progression du séchage à la cote 620 à 1 m du parement aval. 1 année 1947—49 2 années 1950—52 3 années 1953

Il est clair que nous nous trouvons là en présence d'une influence saisonnière, mais elle ne s'exerce pas dans le sens qu'on imaginerait d'emblée. Il semblerait que la chaleur de l'été (nous ne parlons pas de l'ensoleillement en raison de l'exposition nord de la face aval) devrait favoriser le séchage par évaporation et qu'au contraire les pluies et les neiges de l'hiver devraient le ralentir. En conséquence la courbe des séchages devrait passer par un maximum en été et un minimum en hiver. C'est exactement le contraire qui se produit. Il faudrait alors admettre que les effets se répercutent avec un décalage de plusieurs mois. Nous avons rencontré de pareils décalages dans les transmissions de chaleur, mais à des profondeurs de plusieurs mètres. Ici la profondeur ne dépasse pas un mètre.

Une autre explication beaucoup plus plausible consiste à admettre que nous nous trouvons en présence d'un effet immédiat de la température. Quand la température s'élève, une partie des cristaux qui se sont formés dans le béton se dissocie, restitue l'eau de cristallisation à l'état libre, ce qui fait rétrograder le séchage. Quand la température baisse ces mêmes cristaux se reforment, une partie de l'eau libre passe à l'état d'eau de cristallisation et le séchage s'en trouve accéléré. Nous espérons d'ailleurs pouvoir soumettre cette hypothèse à un contrôle direct de laboratoire.

Quoi qu'il en soit nous avons là un exemple intéressant de la superposition de deux influences soit: 1. influence des réactions chimiques, 2. influence saisonnière de la température. La première est tout d'abord prépondérante au point de masquer la seconde (années 1947 et 1948) mais elle va en diminuant et, dès 1950, l'alternance saisonnière se manifeste très clairement.

Etant donnée l'importance du rôle joué par le séchage chimique il nous paraît utile de compléter les mesures au barrage par des expériences de laboratoire.

A. Un bloc de mortier complètement imbibé d'eau jusqu'à refus, immédiatement après la prise, a été enfermé dans une ampoule scellée de façon à être soustrait à toute évaporation. Au bout d'un certain temps ce bloc était capable d'absorber une nouvelle quantité d'eau d'autant plus considérable que le séjour dans l'ampoule avait été plus long.

B. Un bloc de mortier plongé dans l'eau immédiatement après sa prise augmente de poids. Nous avons, en juin 1950, plongé dans l'eau des éprouvettes de 500 g environ. L'augmentation de l'une d'elles prise au hasard est indiquée sur le tableau 4. Les autres éprouvettes donnent des résultats semblables.

L'expérience a montré que le séchage est ralenti en humidité réduite. Ainsi par exemple, si la même éprouvette de 500 g avait été enfermée dans une ampoule scellée, elle n'aurait pas été capable d'absorber 18,3 g au bout de 1000 jours, soit 3,66 % de son poids. Elle aurait éprouvé un séchage

Tableau 4

durée	10	20	110	200	1000	1270 jours
augmentation	5,5	6,5	9,5	11,2	18,3	19,3 g
séchage	1,1	1,3	1,9	2,24	3,66	3,86 %

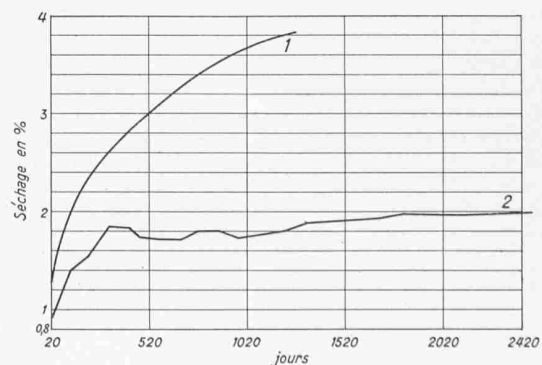


Fig. 5. Comparaison entre le séchage d'une éprouvette 1 et le séchage du béton au barrage 2. Bloc 4d, cote 620 à 1 m du parement amont.

inférieur à 3,66 %. Les nombres ci dessus représentent donc une limite supérieure du séchage du mortier — plus exactement, de ce mortier. On admettra sans difficulté qu'ils représentent à fortiori une limite supérieure du séchage du béton.

Ceci dit, portons sur un même graphique (fig. 5) les séchages en fonction du temps, soit 1. de l'éprouvette ci-dessus, 2. du béton du parement amont du bloc 4 d à la cote 620 (téléhumètre 10). La première courbe représente une limite du séchage du béton supposé soustrait à toute autre cause que les réactions chimiques et son allure nous donne une idée de l'allure que devrait prendre la courbe du béton dans ces conditions. La comparaison avec l'allure effective permet d'apprécier les effets des autres causes.

On constate que, jusqu'au 330^{me} jour les deux courbes suivent des marches à peu près parallèles. Sauf entre le 120^e et le 210^e jour où il semble qu'il y ait eu un apport d'eau, le séchage chimique du béton ne paraît avoir été ni freiné, ni accéléré par une autre cause.

A partir du 330^e jour il y a régression du séchage: c'est l'effet de la mise en eau du barrage. Cette régression s'atténue, puis le séchage devient stationnaire et enfin il recommence à augmenter (du 690^e au 780^e jour); c'est l'effet du colmatage progressif du parement amont. La nouvelle régression du séchage entre le 780^e et la 980^e jour correspond à une période où le lac est à un niveau élevé. Il y a, au cours de cette période, indépendamment des réactions chimiques, deux causes qui jouent en sens inverse, soit: 1. le colmatage croissant qui tend à réduire l'apport d'eau et 2. l'élévation du niveau de l'eau du barrage qui accroît la poussée de l'eau et favorise sa pénétration à travers le béton.

De cette confrontation donnée simplement à titre d'exemple, il ressort qu'on aurait avantage à utiliser des éprouvettes faites avec le béton du barrage et à étudier au laboratoire la progression du séchage chimique en fonction du temps et de l'état d'humidité de ce béton.

De divers rapprochements dans le détail desquels nous ne pouvons entrer ici, il ressort que le séchage chimique agissant seul sur le béton du barrage de Rossens doit en quelques années avoisiner 3 %. En fait, aucun téléhumètre n'a encore atteint cette valeur. Le plus fort séchage (2,8 % en janvier 1954) a été enregistré par le téléhumètre 47 dans un bloc isolé. Ce fait est significatif. On peut, semble-t-il, en conclure que, dans l'ensemble, le séchage chimique est freiné par les causes extérieures.

C. Vieillessement du béton

Le séchage chimique que nous expliquons par une formation de cristaux, donc par une modification de structure, est un des aspects de ce phénomène appelé commodément le «vieillessement» du béton. Les changements de propriétés qui l'accompagnent sont nombreux. La résistance électrique en particulier lui est étroitement liée. Si on prend un bloc de béton à deux dates suffisamment éloignées en ayant soin de le ramener au même degré de séchage on constate que sa résistance électrique a fortement augmenté. Elle peut, si on utilise un béton suffisamment jeune, décupler en quelques mois. Ceci explique l'échec des tentatives de mesure du séchage par des électrodes noyées dans le béton. Cet accroissement de résistance nous a fourni un moyen commode de suivre le vieillissement du béton et d'étudier dans quelles conditions il se produit.

Nous avons constaté que le vieillissement est non seulement accompagné mais conditionné par une absorption d'eau. Un béton sec ne vieillit pas. C'est le béton à 100 % d'humidité qui vieillit le plus rapidement, surtout si on a soin de le sortir de temps en temps de l'eau pour l'exposer à l'air. Un béton à 2 % de séchage vieillit déjà beaucoup plus lentement. Un béton à 6 % de séchage ne vieillit pratiquement pas, mais sa faculté de vieillir réapparaît dès qu'on le ramène à 100 % d'humidité. Par contre un béton soumis à un séchage prolongé et énergique, sous le vide, en présence de pentoxyde de phosphore, peut la perdre définitivement. Il apparaît ainsi qu'un séchage très poussé modifie profondément la constitution du béton. Il est donc illusoire de parler de béton à 0 % d'humidité.

Le fait que les expositions alternées à l'eau et à l'air favorisent le vieillissement laissait prévoir une action de l'oxygène ou de l'azote. Effectivement le vieillissement opéré à l'air s'accompagne d'une absorption d'oxygène. Un bloc de béton encore «jeune» étant placé dans une enceinte fermée,

la pression dans cette enceinte diminue par disparition de l'oxygène. Contrairement à ce que laissait prévoir cette première expérience un accroissement de la pression de l'oxygène ne favorise nullement le vieillissement et la suppression totale de ce gaz ne l'arrête pas.

Des blocs de béton de même composition placés dans de l'oxygène, de l'azote, de l'hydrogène, de l'anhydride carbonique, chacun de ces gaz étant saturé d'humidité, ont vieilli à la même vitesse. En définitive seule l'eau paraît être indispensable. Le vieillissement, d'abord très rapide, au point qu'il peut être suivi jour par jour, se ralentit progressivement. Il n'a pas été possible jusqu'ici de découvrir suivant quelle loi.

D. Résumé et conclusion

La première conséquence de cette étude est que le séchage ne se fait pas par évaporation de l'extérieur vers l'intérieur mais par réaction chimique de l'intérieur vers l'extérieur, l'eau libre disparaissant probablement sous forme d'eau de cristallisation. Le rôle de l'évaporation, lorsqu'elle existe, est le plus souvent négligeable.

Divers agents peuvent temporairement accélérer ou freiner le séchage, mais la cause permanente, celle que l'on retrouve partout, est l'action chimique. Dans une première période consécutive à la prise du béton elle est généralement prépondérante au point de masquer toutes les autres influences. Ses effets diminuent ensuite progressivement. Six ans après la construction du barrage son action est encore sensible; tout porte à croire qu'elle se manifesterait pendant plusieurs années.

On voit ainsi que des réactions appréciables se poursuivent longtemps dans la masse du béton. Ceci est à rapprocher du fait actuellement bien établi du lent refroidissement des anciens barrages. On en connaît dont la construction remonte à plus de 10 ans qui ne sont pas encore entièrement refroidis. L'étude du séchage vient donc, de façon inattendue, confirmer l'existence de réactions exothermiques. C'est dans les profondeurs de l'ouvrage, où les lointaines répercussions des influences extérieures sont atténuées, que le séchage chimique se manifeste le mieux. C'est là que le séchage est le plus avancé (limite extrême en janvier 1954: 2,8 %). On peut en conclure que, dans l'ensemble, les agents extérieurs ont un effet retardateur.

Il va de soi que les mesures de chantier ne peuvent faire apparaître une courbe de séchage offrant la régularité de celles établies au laboratoire, même si les éléments extérieurs n'apportent aucune perturbation. Mais les écarts présentés par les courbes fournies par certains téléhumètres, principalement au voisinage du parement aval, ne peuvent, en raison même de leur caractère périodique, être attribuées aux imperfections des mesures. Après la rapide ascension des premiers mois, la courbe de séchage prend une allure ondulée ressemblant une sinusoïde passant par un maximum en hiver et un minimum en été. La période est de un an, ce qui est un indice d'une influence saisonnière où la chaleur paraît jouer un rôle prépondérant.

Il est ici possible d'apprécier l'importance de deux influences superposées: l'amplitude de la sinusoïde mesure l'action des agents extérieurs et la pente des courbes enveloppes des maxima et minima de la sinusoïde mesure le séchage chimique. Notons toutefois que ces deux actions combinées n'ont été nettement distinguées qu'au bout de deux ans. Au début, l'action chimique, prépondérante, masquait le deuxième phénomène.

Il n'y a pas de doute qu'à l'amont, antérieurement à la montée de l'eau, les mêmes effets devaient se produire. La remarque que nous venons de faire explique qu'on n'ait pas pu les dissocier et les mettre en évidence.

Comme on pouvait le prévoir, dès la mise en eau du barrage, l'humidité a pénétré à travers le parement amont et les téléhumètres placés à une profondeur égale ou inférieure à 1 mètre ont accusé un recul plus ou moins accentué du séchage. Mais au bout de quelques mois celui-ci a recommencé à progresser, même aux cotes définitivement baignées par l'eau. Quant aux cotes qui avaient été temporairement découvertes, le retour de l'eau n'a pas fait pénétrer dans le béton une humidité appréciable. Les faces baignées par l'eau — constamment ou temporairement — se colmatent. Le colmatage est favorisé par les contacts alternés avec l'eau et

avec l'air. Il en résulte que les parements peuvent à la longue devenir pratiquement imperméables à l'humidité. La masse intérieure du béton est alors de plus en plus isolée de l'humidité extérieure. La disparition de l'eau par réaction chimique est de moins en moins compensée par de nouveaux apports. Il en résulte que, malgré l'inévitable ralentissement de ces réactions, la progression du séchage est encore appréciable au voisinage de l'eau.

En résumé, suivant des modalités diverses, le séchage progresse partout. Il se tient — en 1953 — suivant les régions, entre 1 et 3 %, limite supérieure non encore atteinte, mais qui sera sans doute légèrement dépassée dans quelques années.

En liaison avec le séchage nous avons été amenés à considérer le vieillissement du béton. C'est un phénomène complexe dont nous avons à peine ébauché l'étude. Un seul point paraît bien établi: le vieillissement est lié à une absorption d'eau. D'autres éléments peuvent intervenir, tel que l'oxygène par exemple, mais ils ne sont pas indispensables. Il y aurait donc pour le béton plusieurs façons de vieillir, ce qui laisse entrevoir la possibilité de l'acheminer par le jeu de la formation des cristaux, vers des textures et par suite vers des propriétés différentes.

Ueber Architekturkritik

DK 72

Sehr geehrter Herr Stambach!

Damit sie gerechter und konkreter ist, sollte alle Kritik persönlich sein. Darum schreibe ich diese Zeilen als Erwiderung auf Ihren Brief in der Schweiz. Bauzeitung (1954, Nr. 13, S. 174). Ihr Brief ist spontaner Anlass zu dieser Antwort. Tiefere Ursache freilich ist die Weise, wie in vielen Fachkreisen über Architektur gesprochen, geschrieben und also gedacht wird. Inhalt, Gedankenfolge und Verwendung von Ausdrücken in Ihrem Brief scheinen mir Typisches dieser Denkweise zu enthalten.

«Wesen der Architektur»

Sie schreiben, es fände (bei den Wettbewerbsprojekten kirchlicher Bauten im Gut, Zürich) eine «Verlagerung vom 'Wesen der Architektur' auf die Intentionen einer ins Riesenhafte vergrösserten Plastik» statt. Was verstehen Sie unter «Wesen der Architektur»? Machen Sie den Projekten das Plastische oder das Riesenhafte des Plastischen zum Vorwurf? Hat Architektur primär andere Gestaltungselemente zum Gegenstand als Massen, Körper und Räume, also plastische Elemente? Ist daher die Plastik nicht auch zum Wesen der Architektur gehörend? Und das Riesenhafte: die Ausdehnungen im Kirchenbau sind bescheidener als je! Sie setzen die Arbeiten Wrights den Wettbewerbs-Projekten voraus. Sind sich die räumliche und plastische Struktur dieser und jener wirklich so nahe verwandt? Liegen nicht viele ähnliche schweizerische Beispiele aus einer Zeit vor, als die Arbeiten von Wright in breiteren Fachkreisen noch nicht näher bekannt waren?

«Abstrakt»

Sie schreiben, Wright hätte «Bauaufgaben nach völlig abstrakt-plastischen Gesichtspunkten» gelöst. Wovon hat er abstrahiert? Vom Menschen, «vom Benützer und Bewohner», schreiben Sie. Wright gilt aber als der Mann, bei dem «immer der Mensch bestimmender Faktor ist» (W. M. Moser). Sie behaupten das Gegenteil. Ihr Vorwurf ist schwerwiegend, trotzdem ist er nicht näher begründet. Neben «abstrakt-plastisch» verwenden Sie auch die Ausdrücke «abstrakt-künstlerisch» und «abstrakt-konstruktiv». Das Wort «abstrakt» wird in Architekturdiskussionen häufig verwendet. Es wird wahrscheinlich sehr verschieden verstanden. Nach Ihrer Auffassung wird — um es als Beispiel zu nehmen — beim Künstlerischen von etwas abgesehen. Aber wovon? Und kann denn im Künstlerischen von etwas Wesentlichem abgesehen werden, das einen Teil des Kunstwerks ausmachen würde? In der Baukunst etwa vom Menschen? Sie lassen diese Möglichkeit zu. Dann wäre nach Ihren Gedanken das «Wesen der Architektur» nur ausserkünstlerisch zu bestimmen. Oder dann dürfte im Baukünstlerischen von den Zwecken abgesehen werden. Wollten Sie das wirklich sagen?

«Aeusserungen»

Sie schreiben, dass Ihnen die «Aeusserungen» allerdings nicht näher bezeichneter Architekturwerke als «materialistisch und überspitzt dekadent» erscheinen. Wenn diese Werke nur als «Aeusserung» angesehen werden, können sie so er-

scheinen. Aber ist die Aeusserung, also das Aeussere oder das von Aussen betrachtete das Erste, das Wesentliche? Sie kritisieren Formen. Und Sie fragen, wo die «Berührung des Gemütes, der Seele» bleibe. In den beiden Bemerkungen zeigt sich, dass bei der Betrachtung der «Aeusserung» ein Missverständnis unterlaufen ist. Es ist das fortgesetzte Missverständnis des Aesthetisierenden.

«Raum-Stimmungsbedürfnis»

Sie setzen sich für die Einheit des Raumes ein. Gewiss darf das Raum-Stimmungsbedürfnis weder belächelt noch ignoriert werden. Aber wer sagt, dass sich dieses Bedürfnis nur in einer oder in den Ihnen vorschwebenden Formen befriedigen lässt?

Idee und Aufgabe

In der redaktionellen Vorbemerkung zu Ihrem Brief ist gesagt, dass die beiden ersten Wettbewerbsprojekte (Hofmann und Schader) Aufgaben stellten, die zu lösen über die Kraft eines «Betrachters» gingen. Jedes Bauwerk als Kunstwerk stellt Aufgaben, die der bloss Betrachtende nicht zu lösen vermag. Denn das Kunstwerk als Bauwerk ist immer die Verwirklichung einer Idee. Ohne Kenntnis dieser Idee kann ein Bau nicht als Kunstwerk beurteilt werden. Idee hat nichts mit dem Einfall von Formen oder ähnlichem zu tun. Die Idee wird aus der Welt-Anschauung gewonnen. Sie ist, im Bauwerk gestaltet, Abbild eines Teils oder des Ganzen der «Welt». Die Idee kann emotionalen oder rational-spekulativen Ursprung haben.

Vor der Idee steht die Aufgabe. Aufgabe ist die praktische Voraussetzung für den Bau eines Hauses; sie ist gelöst, wenn das Haus nach den Naturgesetzen gebaut ist und wenn in ihm die praktischen Bedürfnisse des Menschen erfüllt werden können. Aufgabe am Beispiel des Kirchenbaues ist vor allem, dass die Bedingungen zur Durchführung der liturgischen und seelsorglichen Handlungen erfüllt werden. Idee ist die Ausdeutung dieser Bedürfnisse, Handlungen oder Geschehnisse. Die Gestaltung des «himmlischen Jerusalem», der gotischen Dome ist eine solche Idee.

Die Idee wird gewonnen aus der Vorstellung von der geistigen und praktischen Struktur der Aufgabe. Die Erfüllung der Aufgabe macht kein Bauwerk zum Kunstwerk. Aber die Aufgabe (Kirche, Fabrik) bestimmt die Wertigkeit des möglichen Kunstwerks.

In den Projekten von Hofmann und Schader ist die Idee, die ihnen zugrunde gelegt wurde, sichtbar gemacht. Es darf vorausgesetzt werden, dass die Idee beim Projekt Hofmann bekannt ist. Beim Projekt Schader ist eine wesentliche Idee neu und in der Diskussion um den protestantischen Kirchenbau bis jetzt erst am Rande formuliert worden. Sie muss für den Betrachter als unbekannt gelten. Projektveröffentlichungen wie diese sollten vom Verfasser immer knapp erläutert sein; denn um die Formgebung zu werten, muss man die Idee kennen. Wenn dann eine wertende Kritik einsetzen kann, wird sichtbar, wie vieles Formalismus ist von dem, das vorher kritiklos hingenommen wurde, und wie vieles sinnvolles Abbild einer wesentlichen Idee ist, was jetzt als «kränkelndes Artistentum» empfunden wird.

Architekturkritik

Lieber Herr Stambach, mit meinen Zeilen wollte ich zweierlei andeuten: zuerst die Gefahr einer Fachkritik ohne deutlich fixierte Begriffe, zum andern die vielschichtige Struktur dessen, was man «Wesen der Architektur» nennen kann. Zusammengenommen will das heissen, dass eine zureichende Architekturkritik und eine Architekturdiskussion nur geführt werden dürfen, wenn die Grundlagen bestimmt und kontrollierbar sind. Eine echte Architekturkritik als Institution ist nötig. Leider fehlen noch wesentliche Möglichkeiten dazu, denn es sind nicht nur die begrifflichen Materialien nötig, sondern auch der Wille des Verfassers, sein Objekt einer Kritik unterziehen zu lassen, und die Fähigkeit zum Führen von Kritik und Diskussion: Fragenstellen und Infragestellen, Verstehenwollen und Verstehenkönnen.

Mit freundlichen Grüssen

Arch. Franz Füg, Bergstrasse 1, Solothurn

Sehr geehrter Herr Füg!

Es freut mich, dass ich Ihre Kritik an meinem Brief (SBZ Nr. 13) von Herrn Jegher zugeschiekt erhalte, nachdem ich etliche spontane Aeusserungen von Gleichgesinnten entgegennehmen konnte. Auf Ihr Schreiben einzutreten, birgt