

Assèchement d'une dalle de couverture

Autor(en): **Schmidhauser, P.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **62 (1936)**

Heft 16

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-47596>

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

Paraisant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 12 francs
Etranger : 14 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 10 francs
Etranger : 12 francs

Prix du numéro :
75 centimes.

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; A. ROSSIER, ingénieur ; *Vaud* : MM. C. BUTTICAZ, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. ODIER, architecte ; CH. WEIBEL, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur cantonal ; E. PRINCE, architecte ; *Valais* : MM. J. COUCHEPIN, ingénieur, à Martigny ; HAENNY, ingénieur, à Sion.

RÉDACTION : H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires,
LA TOUR-DE-PEILZ.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU BULLETIN TECHNIQUE

A. DOMMER, ingénieur, président ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER ; E. SAVARY, ingénieur.

ANNONCES

Le millimètre sur 1 colonne,
largeur 47 mm. :
20 centimes.

Rabais pour annonces
répétées.

Tarif spécial
pour fractions de pages.

Régie des annonces :
Annonces Suisses S. A.
8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)
Lausanne

SOMMAIRE : *Commission centrale pour la navigation du Rhin. — Assèchement d'une dalle de couverture*, par M. P. SCHMIDHAUSER, ingénieur, (suite et fin). — *Pertes de charge dans les conduites hydrauliques*, par M. L. DU BOIS, ingénieur. — *URBANISME : Concours pour l'étude des bains de Allenmoos, à Zurich.* — *NÉCROLOGIE : Fritz Vittoz.* — *Ecole d'ingénieurs de Lausanne : Epreuves du diplôme.* — *BIBLIOGRAPHIE.* — *NOUVEAUTÉS.* — *INFORMATIONS.*

Ce numéro contient 16 pages de texte.

COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

Compte rendu de la session d'avril-mai 1936.

La Commission centrale pour la navigation du Rhin a tenu, à Strasbourg, sa session de printemps, du 21 avril au 4 mai 1936, sous la présidence de M. Jean Gout, ministre plénipotentiaire.

La Commission a consacré la plupart des séances à la poursuite des travaux de la révision de la Convention de Mannheim. Elle a réussi, après de longues années de difficiles négociations, à faire un grand pas vers la réalisation de la tâche de reviser la Convention de Mannheim, du 17 octobre 1868, et de l'adapter aux conditions actuelles de la navigation du Rhin.

En présence de certains désaccords qui n'ont encore pu être aplanis et qui ont empêché la signature immédiate d'une nouvelle convention, un *modus vivendi* a été proposé par les Délégations allemande et française. Il est destiné à assurer l'application, dans un délai rapproché, des dispositions de la convention envisagée, à l'exception de quelques matières qui resteront réglées par les dispositions actuellement en vigueur. Ce *modus vivendi* a été signé ou paraphé par les Commissaires représentant l'Allemagne, la Belgique, la France, la Grande-Bretagne, l'Italie et la Suisse.

La Commission a siégé comme Tribunal d'appel et a prononcé sept jugements dans des procès civils relatifs à des accidents qui se produisirent sur le Rhin et un jugement dans une affaire pénale.

Saisie d'une plainte d'un batelier qui s'était vu dresser procès-verbal par la police fluviale allemande sur la rade de Duisbourg-Ruhrort, à cause du fait que l'équipage de son bateau se composant de lui-même, de sa femme et de ses filles, n'aurait pas été conforme au Règlement de police, la Commission, après avoir examiné la question, a constaté que les autorités de la police fluviale allemande ont le droit de dresser des procès-verbaux si elles estiment qu'une disposition du Règlement de police est enfreinte et que les prescriptions concernant le minimum d'équipage ne s'appliquent qu'en amont du pont de Duisbourg-Hochfeld, mais que, toutefois, les articles 1, alinéa 3, et 3, alinéa 1, du Règlement de police qui contiennent des dispositions sur l'équipage sont en vigueur sur tout le cours du Rhin.

La Commission a pris connaissance d'une plainte de quelques armements concernant les mesures prises par le Comité spécial des relations fluviales Belgique-Rhin, mesures par lesquelles une prime de Fr. 3 par tonne est accordée pour les transports de minerais, à condition que les expéditeurs utilisent du tonnage belge pour un minimum de 50 %. Elle a constaté que, d'après les déclarations de la Délégation belge, les arrangements critiqués sont librement intervenus et ne lient que leurs auteurs et que la prime qui y est prévue peut être acquise par tout autre intéressé.

La Commission a pris acte de cette déclaration faite à titre de simple information et sans que cette déclaration comporte une reconnaissance de la compétence territoriale de la Commission en l'occurrence.

La Commission a modifié le texte français de l'article 23, chiffre 7 du Règlement de police pour la navigation du Rhin de la manière suivante :

« L'enlèvement a lieu sans délai si, de l'avis de l'autorité compétente, l'opération ne peut être différée ou (au lieu de « et ») si les intéressés se refusent à l'exécution ou ne peuvent être touchés... ».

le texte allemand demeurant inchangé. Cette modification entrera en vigueur le 1^{er} juillet 1936.

Elle a reçu communication du nombre de patentes de batelier qui ont été délivrées en 1935, à savoir : 579 en Allemagne, 45 en Belgique, 25 en France, 592 aux Pays-Bas et 1 en Suisse.

Il lui a été communiqué que 57 dérogations au minimum d'équipage ont été accordées, dont 37 en Allemagne et 20 en France.

Elle a pris acte de la désignation de M. Livingston comme Commissaire-adjoint de Grande-Bretagne.

La date de la prochaine session ordinaire a été fixée au jeudi 12 novembre 1936.

Assèchement d'une dalle de couverture,

par M. P. SCHMIDHAUSER, ingénieur.

(Suite et fin.)¹

Restait à assécher cette couverture et à l'amener à un état de dessiccation suffisant pour permettre la continuation des travaux de gypserie dans de bonnes conditions et en assurer la bonne tenue.

Le moyen qui nous parut le mieux à même de conduire au but, parce que d'une application facile, relativement peu coûteux et capable de nous renseigner avec une exactitude très satisfaisante sur la marche de l'opération en tout temps et en tout lieu, fut une énergique *ventilation à air chaud*. La figure 1 (page 170 du numéro précédent)

¹ Voir *Bulletin technique* du 18 juillet 1936, page 170.

montre que les deux matelas d'air existant sur la dalle de béton armé, l'un de trois cm de hauteur sous les hourdis, l'autre de quatre cm, à l'intérieur des hourdis, sont constitués par des canaux cheminant dans deux directions perpendiculaires. Grâce au fait que les bandes de liège aggloméré servant d'appuis aux hourdis sont formées d'éléments courts, posés bout à bout, laissant entre eux des joints ouverts, et que les hourdis sont simplement posés côte à côte et bout à bout sans obturation des joints, nous étions fondés à admettre que l'air injecté en un point de la surface se propagerait à l'intérieur de la couverture dans toutes les directions. L'expérience confirma qu'il en était bien ainsi. Il fallut cependant tenir compte des obstacles à la circulation de l'air que constituaient les parois des lanterneaux, des canaux de fumée et autres parties de la construction s'élevant au-dessus de la couverture. C'est pourquoi la surface de la dalle fut partagée en cinq zones d'inégales grandeurs, pour l'assèchement desquelles furent installés cinq ventilateurs entraînés par des moteurs électriques. L'attribution des zones voulait tenir compte autant que possible des capacités de débit de ces ventilateurs de provenances diverses, mais, et disons-le d'emblée afin de n'avoir pas à y revenir, les surfaces des zones, telles que les révéla la progression de l'assèchement, ne furent pas ce que nous avions prévu, sans doute parce que la circulation de l'air ne rencontrait pas la même résistance dans l'un comme dans l'autre des deux matelas d'air. Les surfaces que nous mentionnerons dans la suite représentent respectivement ce que chaque ventilateur a réellement asséché.

Au centre de chaque zone fut percé un trou pour l'introduction du tuyau d'injection (fig. 1), traversant le corps creux entre deux nervures, la dalle armée, et entamant le hourdis de terre cuite, et le tuyau d'injection y fut scellé en prenant garde que son extrémité ne soit pas saillante sur la dalle.

Le procédé d'assèchement est basé sur cette propriété de l'air de se charger de vapeur d'eau dans la mesure dans laquelle le milieu traversé est capable de lui en fournir, et dans une mesure d'autant plus grande que le volume d'air écoulé aura une plus grande surface de contact avec la nappe aquifère ou avec les corps imprégnés d'eau. On sait, d'autre part, qu'il absorbera d'autant plus de vapeur d'eau que sa température sera plus élevée. Ainsi, par exemple, aux températures de 18 et de 38 degrés centésimaux, le poids d'un mètre cube d'air saturé de vapeur d'eau est de 1,188 et de 1,058 kg, et sa teneur en vapeur d'eau sera de 15 et de 45 grammes, en chiffres ronds, par m³. Si donc l'air aspiré par le ventilateur est à la température de 18° et si son degré hygrométrique est de 60 % par exemple, sa teneur en vapeur d'eau serait de $0,6 \times 15 = 9$ grammes par m³. Si, par un moyen de chauffage, nous portons sa température à 38°, nous abaissons sa densité dans une mesure pratiquement négligeable dans le problème qui nous occupe — et nous n'en tiendrons pas compte ici —, mais nous augmentons sa capacité d'absorption de vapeur d'eau qui, de 15 gr passe à 45 gr par m³.

A condition que la durée du séjour de l'air dans le milieu humide soit suffisante, et si l'on pouvait faire en sorte que sa température se maintienne à 38°, cet air sortirait saturé d'humidité et emporterait 45 gr de vapeur d'eau par m³. Chaque m³ d'air apparaît ainsi comme étant capable de prélever dans le milieu traversé une quantité de vapeur d'eau de $45 - 9 = 36$ gr. Mais cette évaporation de l'eau se traduit forcément par une déperdition de chaleur, qui s'augmente d'une autre déperdition par cession aux parois des canaux dans lesquels l'air chemine, ce qui réduit sa capacité d'absorption de vapeur d'eau. Plus sera long le chemin qu'il aura à parcourir, plus la déperdition de chaleur sera grande. L'air arrivera donc à l'orifice de sortie avec une température inférieure à celle qu'il avait au point d'introduction dans la dalle. S'il a pu se charger de vapeur d'eau jusqu'à saturation près de l'origine de son parcours dans le milieu à assécher, il abandonnera, dans la suite de ce parcours, une partie de la vapeur qu'il véhicule, bien que toujours saturé au point d'échappement, parce que sa température s'est abaissée et que, partant, s'est abaissé aussi le poids de vapeur d'eau qu'il est capable de véhiculer. Il en résulte que si le parcours est trop long, il se produira, en même temps qu'une intéressante évacuation de vapeur d'eau contenue dans l'air saturé qui s'échappe, un déplacement de l'eau à évacuer, progressif mais lent, dès le point d'injection en direction du ou des orifices de sortie. L'eau déposée en tel point, par l'air qui se refroidit, sera reprise peu à peu par les volumes d'air qui suivront, à mesure que le degré de dessiccation du milieu traversé jusqu'en ce point sera de plus en plus incapable d'en assouvir la soif.

On voit donc qu'il y aurait un grand intérêt à ne pas faire cheminer l'air dans le milieu à sécher plus longtemps que le temps nécessaire pour l'amener au degré de saturation, et de le laisser échapper sitôt ce degré atteint. C'est pourquoi il conviendrait, si le coût des installations n'entraînait en ligne de compte, de réduire le rayon d'action de chaque ventilateur, en en augmentant le nombre. Il en résulterait un notable gain de temps. Le rayon d'action de chaque ventilateur étant déterminé — du moins approximativement puisque la délimitation entre deux zones ne pourrait être faite qu'en parfaite connaissance des résistances que l'air rencontrera sur son passage —, il s'agit de déterminer le nombre et la répartition des trous de sortie. Là intervient, non pas tant le point de vue économique, — puisque ces trous sont faciles à percer et non moins faciles à obturer en fin d'opération — mais une certaine répugnance à percer un grand nombre de trous dans un ouvrage neuf. Répugnance d'ailleurs exagérée, ces orifices de 60 à 100 cm² ne constituant pratiquement aucun affaiblissement de la dalle. Plus le nombre des trous d'échappement sera grand, plus courte sera la durée de l'assèchement.

Il y a aussi un grand avantage à ne pas se contenter de percer un chapelet de trous à la périphérie de la zone envisagée, mais à les répartir plus ou moins uniformément sur toute sa surface. Une première série de trous

sera répartie le long d'une ligne épousant à peu près la forme d'une circonférence dont le trou d'injection sera le centre. Une seconde série suivant une ligne s'écartant de la circonférence pour se rapprocher d'un rectangle, et, enfin une troisième série à la périphérie de la surface à assécher. Ne pas omettre de percer un trou dans chaque angle. Au début de la ventilation, seuls seront ouverts les trous de la première série, les autres étant obturés provisoirement avec des tampons de papier. On commencera par observer si l'air s'échappe par tous les trous restés ouverts — et l'on agira de telle sorte qu'il en soit ainsi —, puis commenceront les observations régulières qui permettront de suivre la progression de l'assèchement. Ces observations consistent à mesurer :

1. La température et le degré hygrométrique de l'air ambiant, c'est-à-dire de l'air non encore chauffé aspiré par le ventilateur. Si les baies de l'immeuble sont nombreuses et si elles restent ouvertes, il n'y aurait aucun inconvénient à aspirer l'air du local dans lequel se trouve le ventilateur.

2. La température et le degré hygrométrique de l'air sortant de chaque trou d'échappement.

Ces mesures sont très aisées si l'on recourt à un thermomètre métallique ajusté horizontalement, le cadran tourné en bas, à l'extrémité d'un bâton, et à un hygromètre aussi sensible que possible fixé de la même façon à l'extrémité d'un autre bâton. Un troisième bâton portera une minuscule roue à vent qui permettra de comparer — mais non de mesurer — la violence des courants s'échappant des différents orifices de sortie, autrement dit le degré approximatif d'efficacité de chacun d'eux.

Connaissant le débit du ventilateur, il sera facile de calculer le volume approximatif de l'eau ainsi évacuée en un temps donné. Nous disons bien le volume approximatif, parce qu'un calcul très approché exigerait de très fréquentes mesures, l'état hygrométrique de l'air aspiré pouvant varier dans des limites considérables au cours de vingt-quatre heures. Mais cette connaissance exacte du volume d'eau évacué ne présente pas un très grand intérêt. Ce qu'il importe de connaître, c'est la *progression de l'assèchement*.

La constatation du fait que l'air sortant d'un orifice n'est plus saturé d'humidité permet de tirer cette première conclusion qu'il n'existe plus de flaque d'eau sur son passage. Et lorsque les mesures du degré hygrométrique et de la température de cet air indiquent que sa teneur en vapeur d'eau n'est pas supérieure à celle de l'air insufflé, on peut en déduire, non pas que le secteur de toiture intéressé est absolument sec, mais que son degré de dessiccation est très satisfaisant. Il ne serait même pas nécessaire de pousser aussi loin pour obtenir l'assurance qu'aucune tache ne se produira plus au plafond, mais il est utile de relever ici que, plus on pousse la dessiccation au delà de ce qui serait strictement suffisant au point de vue de la bonne tenue du plafond, plus on améliore la qualité calorifuge de la dalle de couverture. Nous touchons ici à un autre problème qui sort du cadre de la présente note : celui d'une insuffisance momentanée d'une installation de chauffage, pourtant fort bien calculée et établie, qui se manifeste parfois à l'étage supérieur

Résumé des enseignements tirés de cette opération d'assèchement.

Zones attribuées aux 5 ventilateurs			VENTILATION							CHAUFFAGE DE L'AIR							Consommation totale d'énergie			
N°	Etendue en m ² .	Nombre des orifices de sortie d'air.	Durée de marche, en heures.	Puissance absorbée en kW.	Consommation d'énergie en kWh.		Débit d'air, en m ³ /heure.	Pression de l'air en mm de colonne d'eau.	Volume d'air insufflé, en milliers de m ³		Puissance absorbée en kW.	Consommation d'énergie en kWh.		Élévation de la température de l'air en degrés C.	Durée du chauffage, en heures.	Quantité de chaleur, en cal. par m ² de surface asséchée		Rendement du corps de chauffe.	pour la surface entière en kWh.	par m ² en kWh.
					au total	par m ²			au total	par m ²		au total	par m ²			utilisée	produite			
	a	b	c	d	e	f	g	h	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v
I	260	26	960	1.72	1650	6.4	1600	70	1530	5.9	8.9	8550	32.8	17	960	26 000	28 300	0.92	10 200	39.2
II	220	17	984	3.68 ²	3600	16.4 ²	1700	120 ²	1670	7.6	7.8	7700	35.0	14.5	984	28 500	30 000	0.95	11 300	51.4
III	150	11	1008	0.64	650	4.3	500	?	504	3.4 ³	5.3	5350	35.7	30 ³	1008	26 500	30 700	0.86	6 000	40.0
IV	240	16	1008	1.40	1400	5.8	1500	50	1512	6.3	7.7	7800	32.5	16.5	1008	27 100	27 800	0.97	9 200	38.3
V	130	13	720 ¹	1.62	1200	9.2 ¹	1700	70	1220	9.4 ¹	8.6 ⁴	4100	31.6	14.5	480 ⁴	23 500	27 100	0.87	5 300	40.8
Totaux	1000	83		9.06	8500				6436		35.4⁴	33.500							42 000	
Moyennes						8.5				6.4			33.5	16²/3		26 560	28 760	0.92		42.0

¹ Ce ventilateur a fonctionné durant 30 jours, sans chauffage de l'air durant les 10 premiers jours, ce qui explique la forte consommation d'énergie et d'air exigée par m² de surface asséchée.

² La surface de la zone II présentant une forme étroite et très allongée, il en est résulté une plus grande résistance à la circulation de l'air dans la dalle, comme le démontre le chiffre élevé de la colonne h. C'est ce qui explique le chiffre élevé de la puissance absorbée par le moteur (colonne d) et ceux de la consommation spécifique indiqués dans les colonnes f et v.

³ L'élévation de température de l'air, par chauffage, ayant été beaucoup plus forte que pour les 4 autres zones (colonne p), il en est résulté que le volume d'air exigé par m² pour obtenir le degré de dessiccation satisfaisant a été sensiblement inférieur (colonne l).

⁴ Pour la zone V, le chauffage de l'air n'est intervenu que durant les derniers 20 jours ; c'est pourquoi, pour l'établissement du total de la colonne m, nous avons réduit à 5,7 kW le chiffre de la puissance absorbée par ce corps de chauffe, autrement dit, nous l'avons ramené à ce qu'il eût dû être pour produire les mêmes résultats s'il avait fonctionné durant 30 jours comme le ventilateur.

d'un bâtiment au cours du premier hiver d'occupation.

A mesure que les orifices d'échappement donnent de l'air ayant atteint le degré de sécheresse désiré, ils sont bouchés avec des tampons de papier durant quelques jours après lesquels un nouveau contrôle indiquera s'ils peuvent être obturés définitivement par le maçon, et des trous de la deuxième série seront ouverts. L'opération se poursuit ainsi de proche en proche jusqu'à ce que, finalement, les orifices placés aux angles — les plus éloignés — donnent satisfaction à leur tour.

Dans le cas qui nous occupe, la surface de la zone asséchée par chaque ventilateur a varié entre 130 et 260 m². Le nombre des trous percés pour la sortie de l'air a varié entre 7 et 10 par 100 m², selon que la zone à assécher était très ramassée ou très allongée, et surtout selon ce que pouvaient permettre certaines dispositions particulières de la construction. Le plus grand de ces nombres est à recommander parce que, à égale consommation d'énergie, il réduit la durée de l'opération.

Le tableau ci-dessus donne les principaux renseignements utiles tels qu'ils ont été relevés au cours de ce travail d'assèchement.

La surface totale asséchée, nette, est de	1000 m ² .
La quantité d'eau évacuée par le procédé de ventilation (nous donnons le chiffre auquel nos calculs nous ont conduit) est de	litres 12 800
Il s'est écoulé librement par les gouttières, environ	» 600
A quoi il conviendrait d'ajouter l'évaporation directe par le plafond humide, quantité que nous n'essayerons pas de déterminer.	» ?

La quantité totale d'eau évacuée est ainsi de l'ordre de grandeur de 13 000 à 14 000 litres, ce qui représente 13 à 14 l par m², dont près de 13 l par ventilation à air chaud.

Voyons maintenant quel peut être le maximum de la teneur en eau d'imbibition de cette dalle de couverture.

Des essais de laboratoire, portant sur des blocs imprégnés d'eau à saturation qui furent pesés, puis séchés de façon absolue, nous ont donné les valeurs suivantes de la teneur en eau des divers matériaux constituant cette dalle :

	Densité apparente du matériau kg par m ³	Teneur en eau	
		en % du poids du matériau	en l par m ² de surface de la dalle
Béton de scorie au dosage de 200 kg de ciment p/m ³	1400	9 %	5 à 15
Hourdis en terre cuite, pesant 70 kg au m ²	1000	18,5 %	13
Béton armé au dosage de 350 kg de ciment p/m ³ , fers non compris	2300	0,8 %	2
		Total	20 à 30 l
		Moyenne	25 l

Le maximum de la quantité d'eau d'imbibition renfermée dans la couverture pouvait ainsi varier entre 20 et 30 l au m², selon l'épaisseur de la recharge en béton de scorie. Cette quantité est très supérieure à celle qui a été sortie, tant par écoulement libre que par ventilation. Nous savons, d'autre part, qu'il existait par places, sur la dalle de béton armé, de véritables flaques d'eau. L'une d'elles s'affirma en infligeant une copieuse douche à l'ouvrier qui perçait un trou pour injection d'air. Elle déversa un volume d'eau évalué à 150 à 200 l, cette évaluation ayant été rendue possible grâce à un tonneau qui, fort à propos, se trouvait à proximité. L'évacuation de cette eau fit tarir instantanément une gouttière fort active qui se trouvait à trois mètres de là.

La présence d'une autre flaque a pu être constatée grâce à un sondage pratiqué sur la toiture, traversant les couches d'asphalte, de béton de scorie et le hourdis de terre cuite. On put voir alors, stagnant sur la dalle, une nappe d'eau dont l'épaisseur pouvait atteindre 10 à 12 mm et dont la surface était striée de petites ondulations provoquées par le courant d'air du ventilateur. Ce sondage était distant de 8 m environ du point d'injection de l'air. Cette flaque fut presque entièrement résorbée par la ventilation, car elle n'avait provoqué au plafond qu'une gouttière fort peu active.

L'existence de ces flaques démontre que la répartition de l'eau sur la dalle était loin d'être uniforme, puisqu'une nappe d'eau de 10 mm d'épaisseur représente à elle seule déjà 10 l par m² et que nous avons vu que la quantité d'eau d'imbibition pouvait atteindre 20 à 30 l au maximum par m², alors que nous n'avons sorti de cette couverture qu'une moyenne de 14 l par m².

De tous ces faits, nous croyons pouvoir déduire :

a) Que l'eau enfermée sous la chape imperméable provenait en grande partie de la pluie tombée avant son application.

b) Que, sur certaines parties de la surface, la pluie étant tombée sur la couche des hourdis déjà posés, elle s'est accumulée sous forme d'une nappe sous ces derniers, après les avoir imprégnés à saturation. Et la recharge en béton de scorie n'en était peut-être pas imprégnée.

c) Que sur d'autres parties de la surface, la pluie est tombée sur le béton de scorie, et aura été, peut-être, entièrement absorbée par lui et par les hourdis sous-jacents.

d) Que la présence des flaques était due, par surcroît, à des défauts de nivellement de la dalle, ce qui fait que leur étendue devait être plutôt limitée.

e) Que l'assèchement de la couverture, au jour de la mise hors service des ventilateurs, était loin d'avoir éliminé totalement l'eau d'imbibition que les matériaux sont capables de porter.

Et encore, tout en avouant qu'il ne s'agit là que d'hypothèses qu'il eût été impossible de vérifier, que :

f) nous avons peut-être laissé dans la dalle de couverture les 30 % de l'eau d'imbibition, soit peut-être 0,3 × 25 = 8 l environ par m² ;

g) la moyenne de la quantité d'eau sortie étant de 14 l au m², il se peut que cette moyenne résulte de quantités ayant varié entre 4 et 24 l au m² selon les endroits ;

h) ces hypothèses permettent de supposer qu'il y avait dans la dalle des quantités d'eau variant entre 12 et 32 l par m², alors que le maximum de ce que la couverture peut tenir en suspension ne représente que 25 l en moyenne.

Ainsi serait expliquée la possibilité de l'existence de quelques flaques plus ou moins localisées, et l'existence, par ailleurs, de zones dont les matériaux n'étaient pas, ou pas dans toutes les couches, saturés d'humidité.

Conclusions pratiques dégagées de l'application de ce procédé d'assèchement.

Quantité d'eau évacuée par ventilation à air chaud, environ 13 l par m² de toiture, ou 2 l par 1000 m³ d'air insufflé :

Volume d'air dont la température a été élevée de 16 ² / ₃ degrés C,	par m ² de toiture, 6400 m ³
Puissance absorbée totalisée (ventilation et chauffage).	» » 44,5 Watts
Energie consommée (ventilation et chauffage).	» » 42,0 kWh
Energie consommée par litre d'eau évacuée	3,3 kWh
Energie consommée pour 1000 m ³ d'air insufflé, dont la température était élevée de 16 ² / ₃ C, ou pour 2 l d'eau évacuée par évaporation :	
a) pour la ventilation.	1,32 kWh
b) pour le chauffage	5,23 kWh
soit ensemble	6,55 kWh

Ainsi, pour autant que le chauffage augmente de 16 ²/₃° la température de l'air insufflé, dans les conditions dans lesquelles nous nous sommes trouvés en ce qui concerne le degré hygrométrique de l'air atmosphérique, et si l'on veut réduire de 100 % (saturation) à 30 % (degré de dessiccation satisfaisant) le degré d'humidité des matériaux, il faut :

Nature du matériau	Quantité d'eau à extraire	Volume d'air nécessaire	Energie nécessaire
Béton armé en ballast granulé, à 350 kg de ciment, dans des conditions comparables à celles de la dalle sous revue, par m ³	14 l	7000 m ³	45 kWh
Hourdis en terre cuite pesant 70 kg au m ² , par m ²	9 l	4500 m ³	30 kWh
Béton de scorie, étendu dans des conditions comparables à celui de la dalle sous revue, par m ³	88 l	44000 m ³	290 kWh

Ceci n'est vrai qu'aux températures les plus fréquentes en notre climat.

Quant aux flaques d'eau qui peuvent exister, on aura beaucoup de chances de les écouler naturellement par

une répartition aussi uniforme que possible des trous d'injection ou de sortie d'air, et en cherchant à placer un de ces trous à chaque point donnant le maximum du moment fléchissant.

L'opération a exigé en moyenne 40 jours — à fonctionnement ininterrompu — de l'été de 1932 qui fut caractérisé par une fréquence tout à fait anormale des précipitations atmosphériques. Le degré hygrométrique de l'air aspiré a varié, au cours de cette période, entre 60 et 97 %, et sa moyenne était de 75 % environ. Il est permis de présumer que le même résultat eût pu être obtenu en un laps de temps plus court si l'été avait été normalement sec. Citons, pour preuve de cette affirmation, que la quantité moyenne d'eau évacuée, par évaporation, a été de 320 l par 24 heures, et que le maximum — qui ne se produisit qu'au cours de quelques rares journées — a atteint 640 l en 24 heures.

On pourrait réduire notablement la durée de l'opération soit en augmentant le nombre des trous d'injection d'air, soit, et surtout, en augmentant la puissance des corps de chauffe. Encore pourrait-on être tenté, pour atteindre ce même but, d'augmenter la capacité de débit des ventilateurs. Mais cela est dangereux, car, à vouloir pousser plus loin dans cette voie, on s'exposerait rapidement à soulever une partie de la couverture. Il ne faut, en effet, pas perdre de vue qu'une pression de l'air équivalant à 100 mm de colonne d'eau représente une pression de 100 kg par m² agissant de bas en haut sur les couches sises au-dessus du matelas d'air, et qu'une couche de 8 cm d'épaisseur moyenne de béton de scorie ne pèse guère que 110 à 120 kg par m² à l'état sec. Et que, si le béton de scorie est très maigre, et par conséquent très poreux, la sous-pression sera bien vite suffisante pour soulever les chapes imperméables.

Il est donc très important de mesurer la pression de l'air dans la colonne de refoulement du ventilateur lors du premier essai de mise en marche de ce dernier, et d'en arrêter immédiatement la marche si l'on s'aperçoit que la pression menace d'atteindre la limite dangereuse. En pareil cas, il conviendra de réduire la vitesse de rotation du ventilateur, ou, si ce n'est pas possible, de provoquer l'échappement d'une partie de l'air avant son entrée dans la dalle. A ce point de vue, la disposition du corps de chauffe dans le tuyau de refoulement est préférable aux autres dispositions, parce que cet échappement d'air pourra être pratiqué en un point où l'air n'est pas encore chauffé, ce qui sera moins onéreux.

Diverses dispositions ont été appliquées pour la *chauffage de l'air*. L'une d'elles consiste à placer des résistances électriques du type courant — constituées d'un nombre adéquat de spires métalliques tendues sur un cadre porteur — à l'intérieur d'une trémie établie en jute et plâtre devant l'orifice d'aspiration du ventilateur. Cette disposition, appliquée aux ventilateurs I et II, a donné un rendement de 92 et 95 %. Une seconde disposition, appliquée au ventilateur III, consistait en résistances du même

type que ci-dessus posées de chaque côté du ventilateur, dans une caisse renfermant le groupe complet. Ce dispositif a donné un rendement de 86 % seulement. Une troisième disposition — ventilateur IV — a donné l'excellent rendement de 97 %. Elle consistait en une série de crayons chauffants en quartzilite adaptés à l'intérieur du tuyau de refoulement du ventilateur. C'est, à tous égards, le dispositif le plus rationnel. Une quatrième disposition — ventilateur V — a consisté dans le placement de crayons chauffants dans le tuyau d'aspiration du ventilateur, la construction de ce dernier se prêtant à la fixation d'un tel tuyau. Malgré quelques précautions prises pour atténuer la déperdition de chaleur par radiation, le rendement de ce dispositif n'a atteint que 87 %.

Il va sans dire qu'il serait préférable, chaque fois que ce sera possible, de n'appliquer les enduits imperméables que sur une couverture dont le degré de dessiccation aura été reconnu satisfaisant. Et il est utile également de ménager dans toute dalle de béton armé, lors de son moulage, un certain nombre de trous de petit diamètre, de préférence aux points où se manifestent les maxima des flèches. Ces trous, s'ils sont assez nombreux, assureront une évacuation convenable des excédents d'eau qui ne pourraient être retenus par les couches supérieures de matériaux saturés.

Nous avons eu l'occasion d'assécher une autre dalle de couverture, de 570 m² de surface, dont nous avons extrait, par ventilation, un volume d'eau de l'ordre de grandeur de 9000 litres.

Ajoutons, pour terminer, que dans les deux cas mentionnés, nous avons poussé l'opération de dessiccation jusqu'à ce que, par tous les trous, l'air d'échappement ne sortît pas plus chargé de vapeur d'eau que ne l'était l'air aspiré par les ventilateurs. Nous nous en sommes bien trouvés : aucune tache ne s'est plus produite aux plafonds, ni aucune fissure du plâtrissage, et le chauffage des locaux a donné entière satisfaction dès le premier hiver.

Février 1936.

Pertes de charge dans les conduites hydrauliques,

par L. DU BOIS, ingénieur.

L'article de M. G. Mathys, ingénieur, paru dans le « Bulletin technique » du 25 avril dernier, soulève une série de questions intéressantes, et appelle certaines observations. Il est curieux de constater combien l'on est souvent embarrassé lorsqu'il s'agit de calculer exactement les pertes de charge, surtout dans les pièces spéciales de tuyauterie : coudes, embranchements, organes de fermeture, etc. Avec les nombreux laboratoires d'hydrauliques créés au cours de ces dernières années, il semblerait que l'on dût être fixé sur tous les problèmes qui peuvent se présenter, mais tel n'est pas le cas.

Conduites métalliques en pression. Tuyaux droits.

L'ancienne formule de Bazin exprimant l'écoulement de l'eau dans un canal, est la suivante :

$$1. \quad V = k_1 \sqrt{r \cdot i}$$

dans laquelle : V = vitesse de l'eau en m : s,

r = rayon hydraulique = section : périmètre mouillé,

i = pente.

k_1 est un coefficient qui dépend de r et de l'état de rugosité des parois. C'est pour cela qu'on l'a dénommé : coefficient de rugosité. Pour une même valeur de r , 0,50 par exemple, on trouve dans la table de Kutter les valeurs extrêmes de k_1 suivantes :

Cas I : parois ciment lisse, section semi-circulaire : 85,5

Cas XII : canaux en terre, mal entretenus : 22,5.

Ce coefficient est élevé lorsque la rugosité est faible, et petit lorsque la rugosité est très prononcée. Il varie donc en raison inverse du degré de rugosité. Est-ce une raison suffisante pour décider que ce terme de *coefficient de rugosité* employé jusqu'à maintenant est un non-sens et qu'il faut le remplacer par *coefficient d'écoulement*, comme le propose M. Mathys ?

Dans la théorie de la résistance des matériaux, l'allongement élastique d'une barre soumise à la traction est proportionnel à la force qui tire et à la longueur de la barre, et inversement proportionnelle à la section de la barre et à un coefficient E qu'on appelle module d'élasticité. Plus ce module est grand, plus petit est l'allongement élastique. Ce qui caractériserait effectivement l'élasticité, ce n'est pas la valeur de E , mais bien plutôt son inverse, c'est-à-dire $1 : E$. Mais ce sont là questions d'importance secondaire sur lesquelles il est inutile d'insister.

Si l'on applique la formule de Bazin au cas d'une conduite circulaire, de diamètre d , entièrement pleine, en observant que dans ce cas, le rayon hydraulique a la valeur $d : 4$, on obtient pour le débit q l'expression suivante :

$$2. \quad q = k_2 \sqrt{i \cdot d^5}.$$

C'est la formule de Darcy, qui a été employée pendant de longues années pour le calcul des conduites. L'abaque logarithmique de A. van Muyden, qui est très pratique, a été établi d'après cette formule et d'après les coefficients de M. Lévy, pour tuyaux depuis longtemps en service, c'est-à-dire avec parois chargées d'incrustations.

Une nouvelle formule est celle de Strickler, dont la forme est :

$$3. \quad V = k_3 \frac{1}{i^2} r^{\frac{2}{3}}.$$

En multipliant cette valeur de V par la section nous aurons le débit q et pourrons comparer cette formule à celle de Darcy ; on obtient :

$$4. \quad q = k_4 \sqrt{i} d^{\frac{8}{3}} = k_4 \sqrt{i} d^{5,33}.$$

On voit qu'elle diffère de celle de Darcy simplement en ceci, c'est que dans la formule de Darcy d figure sous la