Essai de mise en pression de la galerie en charge de Roselend

Roselend power tunnel testing

PAR

P. JACQUIN,

ET

E. CHARDONNET,

INGÉNIEURS A LA RÉGION D'ÉQUIPEMENT HYDRAULIQUE ALPES-II D'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, CHAMBÉRY

Caractéristiques essentielles de la galerie d'amenée de la chute de Roselend (Savoie), mettant en évidence l'importance de cet ouvrage, l'une des pièces maîtresses de l'aménagement :

- Longueur approximative..... 13 km
- Diamètre 4,20 m;
- Pression intérieure approximative 15 kg/cm²;
- Débit équipé 50 m³/s.

Etude, avant exécution, du problème de l'étanchéité de cette galerie, en particulier par mise en pression de cavernes d'essais. Utilisation, dans le projet de revêtement finalement adopté, des capacités de résistance à la pression intérieure du rocher et de l'étanchéité de ce dernier. Essai général, avant mise en service, de la galerie à pression maximale. Utilisation de dispositifs particuliers (voiles équilibrés avec moulinets, tuyères électromagnétiques) permettant de découper la galerie en plusieurs tronçons dont le comportement a pu être suivi indépendamment les uns des autres pendant l'essai. Résultats.

The leading particulars of the Roselend (Savoie) power tunnel, one of the key components of the scheme, give an idea of its size:

- Approximate length 13 km;
- Diameter 4.2 m;
- Approximate internal pressure. 15 kg/cm²;
- Design flow 50 m³/sec.

Pre-constructional study of the impermeability of this tunnel, especially by pressurising test cavities. The final lining scheme allowed for the internal pressure-resisting capacity and impermeability of the natural rock.

General test of the tunnel under maximum pressure prior to the commissioning of the plant. Use of special equipment (balanced screens with bypasses and current meters, electro-magnetic flow meters), allowing the tunnel to be divided up into several sections in order to study the behaviour of each one separately during the tests. Test results.

1. — GÉNÉRALITÉS

La galerie dont il est question fait partie du complexe de Roselend-La Bâthie qui s'ordonne autour de deux idées principales :

- le stockage, à l'altitude 1 557, dans la cuvette de Roselend et dans ses deux réservoirs satellites de Saint-Guérin et de la Gittaz, d'un volume de 240 millions de mètres cubes d'eau;
- l'utilisation de la différence d'altitude de 1 203 m existant entre le plan d'eau maximal à Roselend (1 557) et la vallée de l'Isère (354), à l'amont d'Albertville où est installée l'usine hydroélectrique souterraine de La Bâthie.

L'amenée de l'eau de Roselend jusqu'à l'usine souterraine de La Bâthie est d'abord assurée à travers la montagne par une galerie, puis par

une conduite forcée, longue de 2 km, reliant l'extrémité aval de la galerie à l'usine, suivant le versant de la rive droite de la vallée de l'Isère.

La galerie d'amenée a une longueur de 13 km. La pression intérieure correspondant au niveau maximal du réservoir de Roselend est de 116 m à l'extrémité amont et de 140 m à l'extrémité aval. Le recouvrement vertical n'excède pas 680 m; il est le plus souvent compris entre 400 et 600 m et ne devient inférieur à 400 m qu'en un nombre très limité de points. La pente reste proche de 1 ‰. Sur toute la longueur, la section est circulaire, de diamètre utile voisin de 4 m. Le débit maximal transité est de 50 m³/s. Sur cette galerie sont branchées deux adductions complémentaires, dont celle de l'Argentine qui fut utilisée lors de l'essai général.

2. — GÉOLOGIE

De l'amont vers l'aval, les terrains rencontrés sont les suivants (fig. 1) :

- entre la prise d'eau et la vallée du Pontcellamont, la galerie demeure dans les schistes cristallins de la série satinée, constituant le socle du massif séparant Roselend de la vallée du Pontcellamont, que la galerie franchit par un pont-canal;
- entre le Pontcellamont et le Chornais, la galerie traverse des gneiss de divers types, comportant un accident sous la forme d'une faille ouverte, de 2 m de largeur, qui prend en écharpe la galerie sur une longueur de 12 m; à l'extrémité aval de ce tronçon, la galerie traverse trois petites bandes de trias;
- sur les 700 premiers mètres, à l'aval du Chornais, sont rencontrés d'abord des gneiss identiques à ceux du tronçon précédent, puis des gneiss de la série des schistes verts, ces derniers séparés des

premiers par une bande de schistes noirs et de grès du houiller. A 700 m du Chornais, la galerie traverse un accident très important constitué par une bande de terrains laminés et broyés, où l'on rencontre successivement : schistes noirs du houiller sur 24 m, quarzites broyées, calcaires et cargneules du trias sur 46 m, enfin, schistes noirs du houiller sur 6 m, le tout baignant dans une nappe dont la pression, au niveau de la galerie, atteint 20 kg/cm². A l'aval de cet accident, se retrouvent les schistes de la série verte, sur 500 m, au-delà desquels la galerie traverse, sur 1 100 m, le synclinal liasotriasique de La Bâthie, comportant 900 m de schistes du lias, 120 m d'anhydrite et 60 m de cargneules du trias. Au-delà du synclinal, la galerie reste jusqu'à son extrémité aval dans les schistes cristallins de la série satinée.

3. — ESSAIS PRÉLIMINAIRES

L'étanchéité d'une galerie dépend évidemment du recouvrement de terrain; elle dépend aussi de la perméabilité du rocher dans lequel elle est percée et, enfin, condition liée aux deux précédentes, de la pression des nappes naturelles existant dans la montagne. Pour choisir en parfaite connaissance, du seul point de vue de l'étanchéité, les types de revêtement de la galerie, il est indispensable de pouvoir faire des hypothèses valables sur les deux derniers paramètres. C'est dans ce but que furent exécutés, avant la construction, divers essais *in situ* qui ont consisté à étudier la perméabilité du rocher et la pression des nappes naturelles.

Ces essais ont été réalisés dans des galeries de reconnaissance situées sur le tracé même de la future galerie. Le principe en est simple : le tronçon de galerie brute étudié, limité soit par le front de taille et un bouchon en béton armé, soit par deux bouchons, est rempli d'eau et mis sous pression. On mesure la valeur des fuites à différentes pressions, si possible après stabilisation de leur débit. On peut aussi, avec une certaine approximation, mesurer la pression naturelle de la nappe souterraine : c'est au minimum la valeur de la pression qui s'établit dans la chambre d'essai isolée, en l'absence de pompage ou de purge; il convient d'ailleurs de remarquer que cette valeur, influencée par les alimentations superficielles, varie dans le temps.

Ces expériences ont mis en évidence l'existence, dans une certaine gamme de pressions, d'une relation linéaire entre le débit de fuite et la différence entre la pression intérieure de la

galerie et la pression naturelle dans le rocher. Cette loi, qui s'est vérifiée au cours de tous les essais, est représentée par l'expression :

$$f = k(P - p)$$

dans laquelle :

f , est le débit de fuite pour 1 ml de galerie, exprimé en l/mn;

k , un coefficient caractérisant la perméabilité du rocher;

P , la pression intérieure, en kg/cm²;

p , la valeur de la pression naturelle dans le rocher, en kg/cm².

Des considérations théoriques permettent de penser que, dans un terrain homogène, le débit de fuite varie comme le logarithme du diamètre de la galerie. De toutes façons, les différentes galeries d'essai avaient des sections très voisines, ce qui rend les fuites spécifiques tout à fait comparables.

Le coefficient k résultant de ces mesures est de l'ordre de 0,01 dans les gneiss ou les bons schistes cristallins, alors qu'il atteint 10 et 12 dans le trias et les schistes de l'extrémité aval. La pression p a atteint des valeurs de 13 et 14 kg/cm² dans les schistes cristallins compacts (valeurs égales ou supérieures à la pression intérieure), alors qu'elle tombait à des valeurs beaucoup plus faibles dans les zones de faible couverture ou au voisinage du trias. Ces essais et mesures préalables ont donc montré que dans les terrains cristallins l'étanchéité pouvait être correctement assurée par l'imperméabilité du rocher et la pression des nappes qui en résultent.

FIG. 1

4. — REVÊTEMENTS DE LA GALERIE

La galerie est revêtue sur toute sa longueur; le revêtement est toujours circulaire et est constitué, soit, sur la plus grande longueur, de béton qui n'a pas de fonction d'étanchéité, soit de blindage, sur 1 100 m seulement.

Trois types de revêtement en béton ont été adoptés, suivant la qualité du terrain :

- diamètre utile 4,40 m, épaisseur théorique 20 cm : il s'agit d'un simple carénage hydraulique appliqué en très bon terrain;
- diamètre utile 4,20 m, épaisseur théorique 30 cm : revêtement utilisé dans les terrains nécessitant un soutènement ou un traitement ultérieur par injections;
- diamètre utile 4,20 m, épaisseur théorique 50 cm : revêtement armé adopté dans les cas où le terrain n'est pas capable d'encaisser les efforts induits par la pression intérieure.

Dans les zones où les caractéristiques d'étanchéité de la montagne sont insuffisantes, le revêtement est constitué par un blindage bloqué au rocher par du béton; ce revêtement a été adopté de part et d'autre du pont-canal, jusqu'à ce que le recouvrement atteigne le niveau piézométrique, dans le trias perméable et à l'extrémité aval de la galerie, où le recouvrement décroît et, en même temps que lui, la pression des nappes rencontrées par la galerie.

Ces revêtements ont été complétés dans certains cas par le traitement du terrain à l'aide d'injections de ciment, qui ont été menées en général à haute pression, de manière à assurer un véritable clavage de l'ensemble rocher-béton et, par là, à améliorer l'étanchéité de la galerie quand c'était nécessaire. Ces traitements, qui intéressent une zone de 3 m d'épaisseur environ autour de la galerie, ont été réalisés aux extrémités des tronçons blindés, au passage de la grande faille rencontrée dans les gneiss, dans les bandes de trias, au contact gneiss-houiller, dans les cargneules du synclinal de La Bathie et, enfin, au voisinage des venues d'eau les plus importantes apparaissant dans le cristallin à l'aval. En plus de ces traitements courants, un traitement spécial a été exécuté dans les terrains broyés du trias, traitement préalable nécessaire au percement de la galerie dans cette zone.

Après achèvement de la galerie et avant l'essai général, des mesures piézométriques ont été faites sur quelques-unes des venues d'eau (fig. 1). Dans le cristallin, les nappes se recons-

tituent, au moins partiellement, pour atteindre des pressions généralement supérieures à la pression intérieure, là où le terrain a été traité; par contre, là où il n'y a pas eu traitement, les

pressions demeurent faibles. Dans les terrains perméables, par exemple les cargneules du trias, les pressions sont également faibles et inférieures à la pression intérieure.

5. — DISPOSITIF D'ESSAI ET APPAREILS DE MESURE

L'essai général intéressait une longueur continue de 12 km de galerie, limitée à l'amont par l'une des deux vannes de prise d'eau et à l'aval par un fond soudé sur les blindages. Il a consisté à mesurer, d'une part le débit et le sens des transferts d'eau le long de la galerie isolée à l'aide d'appareils disposés en des points caractéristiques, d'autre part les pressions dans le terrain autour de la galerie.

5.1. Débits.

Trois méthodes ont été utilisées pour la mesure des débits dans la galerie :

- mesure directe à proximité d'une fenêtre, à l'aide d'un masque étanche en béton armé by-passé par une conduite sortant à l'extérieur et munie d'appareils à diaphragme : V1;
- utilisation de trois masques métalliques traversés à leur base par un ajutage de diamètre 400 mm équipé de deux moulinets : V2, V3, V4;

FIG. 2

- emploi de neuf tuyères électromagnétiques mesurant la tension du courant induit par le déplacement d'un fluide conducteur dans un champ magnétique; ces appareils, disposés sur l'axe de la galerie et portés par un échaffaudage tubulaire, sont particulièrement aptes à la mesure des faibles vitesses : T1 à T9 (fig. 2).

La galerie s'est trouvée ainsi compartimentée en plusieurs tronçons à l'extrémité desquels étaient mesurés les débits; chaque tronçon correspondait approximativement à un terrain de même nature et pouvait ainsi être étudié quant aux échanges d'eau avec le terrain dont il était le siège (fig. 3) :

Vanne de

tête-T1	2 700 m	schistes cristallins non traités;
T1-V1	1 250 m	schistes cristallins avec un léger traitement de consolidation;
V1-T2	350 m	blindage, tronçon destiné pour T2 à la détermination du rapport vitesse au centre/vitesse moyenne (= 0,8);
T2-T3	740 m	gneiss non traité;
T3-T4	1 150 m	gneiss comportant une faille importante : fort traitement;
T4-V2	455 m	trias traité;
V2-T5	700 m	gneiss : traitement local;
T5-V3	130 m	trias broyé : traitement spécial;
V3-T6	500 m	schistes verts non traités;
T6-T7	930 m	schistes du lias : léger traitement;
T7-T8	190 m	trias, dont 130 m d'anhydrite étanche et 60 m de cargneules perméables objet d'un traitement particulier;
T8-V4	290 m	schistes satinés traités localement;
V4-fond	2 630 m	schistes satinés traités localement.

Deux déversoirs à mince paroi étaient en outre installés en tête de l'adduction de l'Argen-

tine, pour mesurer, soit le débit injecté dans la galerie, soit le débit déversé.

5.2. Pressions (fig. 3).

Sept prises de pression ont été installées dans le rocher pour mesurer la différence de pression s'établissant entre la galerie et le terrain; elles étaient constituées par des forages tubés, la transmission aux postes de mesure installés dans les deux fenêtres étant assurée, soit directement par des canalisations, soit électriquement; la première a été placée dans le cristallin non traité (vanne-T1), le forage n'ayant que 1 m de profondeur; la seconde, avec un forage de 6 m, était disposée dans une des bandes de trias de T4-V2, la troisième (profondeur 6 m) dans les terrains broyés de T5-V3, la quatrième (profondeur de 6 m) dans les schistes du lias de T6-T7, la cinquième (profondeur 6 m) dans les cargneules de T7-T8, les sixième et septième dans l'une des bandes de trias de T4-V2 équipant d'anciens forages de drainage, longs de 45 m.

Tous les appareils de mesure ont été fournis, mis en place et exploités par deux Services d'Electricité de France: le Département « Essais » de la Direction des Etudes et Recherches, pour les tuyères électromagnétiques et les diaphragmes de V1, et la Division Technique Générale de la Production Hydraulique, pour les moulinets et les prises de pression.

Il faut souligner l'importance du travail préparatoire qu'a nécessité cet essai, concernant en particulier la mise au point et l'adaptation des appareils de mesure à des conditions particulièrement dures: immersion et fonctionnement continus pendant plus de deux mois sous une pression supérieure à 10 kg/cm². Il faut souligner aussi l'importance des travaux de mise en place et de démontage de tout le dispositif d'essai, qui ont nécessité plus de 6 000 h de travail. Enfin, il faut indiquer que la collaboration fructueuse de trois grands Services d'Electricité de France a permis de résoudre tous les problèmes en temps utile.

6. — DÉROULEMENT DE L'ESSAI

L'essai s'est déroulé du 25 juillet au 7 octobre 1960. Le remplissage a été réalisé par les apports naturels, d'environ 350 l/s, augmentés d'un prélèvement de 200 l/s dans le lac de Roselend par le by-pass des vannes de tête de galerie; ce prélèvement a été supprimé immédiatement avant la fin du remplissage, pour éviter une mise en charge brutale de la galerie. L'achèvement du remplissage et la première mise en charge ont été obtenus à l'aide des seuls apports naturels. Dès que la pression intérieure a correspondu au niveau du lac (1 496), la galerie a été remise en communication avec le lac par l'intermédiaire du by-pass des vannes de tête; cet équilibre, qui entraînait un échange entre la galerie et le lac, d'environ 50 l/s, a été maintenu pendant cinq jours, période durant laquelle diverses opérations de réglage ont été faites sur

les appareils de mesure de débit, notamment par un soutirage de 100 l/s réalisé à l'extrémité aval de la galerie. Le 2 août, la vanne du by-pass a été fermée et la galerie a été maintenue isolée, sans aucun apport extérieur jusqu'au 18 août, période pendant laquelle la pression intérieure a augmenté régulièrement, alimentée par les seuls apports de la montagne. Du 18 au 23 août, un apport artificiel a été injecté par l'adduction de l'Argentine, dont le débit a varié de 25 l/s à 0 l/s. Le 23 août, le niveau piézométrique a atteint la cote du seuil déversant de l'Argentine par lequel, à partir de cette date, s'est déversé un débit régulièrement croissant, de 0 à 42 l/s, valeur qu'il avait le 5 septembre quand a été commencé l'abaissement lent de la pression intérieure en vue de la vidange.

7. — RÉSULTATS

7.1. Pressions (fig. 4).

Les prises de pressions ont fonctionné normalement, à la seule exception de la prise 5, et ont donné des valeurs à 2,5 % près.

La prise 3 a toujours donné des valeurs supérieures de peu à la pression intérieure, ce qui ne s'explique pas clairement.

Les prises 2, 6 et 7, installées dans des terrains semblables (trias traité) dont les indications avant remplissage étaient respectivement 5-5,7 et 5,6 kg/cm², donnent des valeurs variant de façon identique; à l'achèvement du remplissage de la galerie, la pression augmente légèrement puis, dès que la pression intérieure croît, les prises suivent immédiatement et donnent

FIG. 5

Schéma des apports et des pertes par tronçon.

des valeurs qui se stabilisent et qui sont supérieures aux valeurs initiales, mais notablement inférieures à la pression intérieure; la différence pression intérieure — pression prise reste comprise entre 3 et 6,5 kg/cm², ce qui semble caractériser un débit de fuite permanente.

La prise 1 (2 kg/cm² à l'origine), installée en

bon terrain cristallin non traité, donne des valeurs qui tendent rapidement, mais non instantanément, vers la pression intérieure. La différence pression intérieure — pression prise passe par un maximum de 2,5 kg/cm², puis se stabilise après cinq jours vers 1 kg/cm² et marque dans les dix derniers jours une tendance à

décroître, mettant ainsi en évidence le processus de remplissage du terrain et de tendance à l'équilibre.

La prise 4 révèle ce même processus, mais d'allure différente dans les schistes du lias; la pression est nulle à l'origine (pas d'eau). La différence pression intérieure — pression prise atteint un maximum de 7 kg/cm^2 lorsque la pression intérieure est de 8 kg/cm^2 et s'y maintient pendant un jour; puis, elle décroît régulièrement pour être de 1 kg/cm^2 après sept jours, de $0,5 \text{ kg/cm}^2$ après les douze jours suivants, et tend vers zéro à la fin de l'essai.

En fin d'essai, la pression intérieure étant nulle, toutes les prises donnent des valeurs supérieures aux valeurs initiales.

7.2. Débits (fig. 5).

Dès que la galerie fut en charge et isolée, les circulations à l'intérieur se sont toujours manifestées sur toute la longueur, de l'aval vers l'amont; les appareils de mesure de débit ont convenablement fonctionné, à l'exception de la tuyère 9, hors service dès le début, et des tuyères 2 et 4, probablement endommagées par la foudre. L'erreur absolue que comportaient les valeurs données par ces appareils était de 5 l/s pour les moulinets et de 7 à 13 l/s, suivant le débit mesuré, pour les tuyères; l'erreur absolue des débits échangés entre la galerie et le terrain sur chaque tronçon est prise égale à la somme des erreurs absolues des mesures de débit aux extrémités.

La situation de la galerie pendant l'essai se caractérise par l'aspect évolutif des échanges d'eau entre galerie et terrain; l'essai n'a pas duré suffisamment longtemps pour qu'un équilibre s'établisse dans ces échanges. Il est possible néanmoins de classer les différents tronçons :

Zones d'apport : T8-fond; V2-T3 (à l'exception probablement de T4-V2), schistes cristallins étanches où les nappes avaient été reconstituées avant l'essai.

Zones d'échange nul après remplissage du terrain : T7-T8, trias du synclinal - anhydrite étanche, cargneules traitées.

Zones où le terrain est en cours de remplissage avec tendance à l'équilibre : vanne T1; T1-V1; V2-T5; bons schistes cristallins pas ou peu traités; les échanges vers le terrain décroissent lorsque la pression intérieure croît.

Zones où alternent apports et pertes : V1-T3; V3-T6; T6-T7; il convient de remarquer que les débits des apports ou des pertes restent inférieurs à l'erreur absolue faite sur leur mesure et qu'apparaissant dans des gneiss, des bons schistes cristallins et des schistes du lias, il s'agit probablement de remplissage du terrain, comme dans le cas précédent.

Zone de pertes croissantes : T5-V3; cette zone marque une légère tendance à l'accroissement de l'échange vers le terrain; mais, compte tenu de la valeur des pressions qui y furent mesurées avant le percement de la galerie (20 kg/cm^2), on peut penser qu'il s'agit là également d'un phénomène de remplissage de la montagne.

Le caractère évolutif signalé plus haut est mis clairement en évidence par l'accroissement régulier du débit déversé à l'Argentine lorsque le niveau piézométrique a atteint l'altitude du seuil déversant (1 565,20); ce débit, mesuré avec une erreur faible, a varié de 0 à 43 l/s en treize jours; étant donné l'allure de cet accroissement, il est légitime de penser qu'il n'était pas terminé lorsqu'on a mis fin à l'essai.

8. — CONCLUSIONS

De cet essai de mise en charge, se dégagent quelques conclusions intéressantes :

— Bien que l'état d'équilibre n'ait pas été atteint dans les échanges d'eau entre la galerie et le terrain, on constate cependant que le bilan global est positif et que la galerie est le siège d'un apport qui était de 43 l/s lorsque l'essai a pris fin; cette valeur est certainement éloignée de la valeur finale et l'allure de l'accroissement de ce débit autorise à penser qu'il aurait pu atteindre une valeur supérieure à 100 l/s.

— Comme on s'y attendait, le revêtement en béton, tel du moins qu'il a été exécuté dans cette

galerie, c'est-à-dire sans précautions spéciales, est insuffisant pour assurer l'étanchéité.

— L'étanchéité est assurée en général par l'imperméabilité du terrain et par la pression des eaux qu'il contient; il est probable que la plupart des échanges d'eau constatés de la galerie vers le terrain ne sont que des pertes apparentes résultant du remplissage de la montagne et de la reconstitution des nappes qui, d'ailleurs, mobilisent un volume important, de l'ordre de plusieurs centaines de milliers de mètres cubes.

— Il est possible, dans certains cas, de rendre étanches par un traitement approprié des terrains perméables.

DISCUSSION

Président : M. CHAPOUTHIER

M. le Président dit l'émotion qu'il a ressentie en lisant par avance ce mémoire, car il a participé aux premières ébauches de la chute de Roselend dont la première idée remonte aux Aciéries d'Ugine.

M. le Président remercie M. JACQUIN de sa communication, très détaillée et très circonstanciée, et lui pose deux questions un peu en dehors du sujet :

1° Ce n'est peut-être pas la première fois que l'on fait sur une telle échelle et sur terrain, un essai de perméabilité générale des nappes qui entourent une galerie. N'y aurait-il pas quelque chose de plus large à en tirer que le simple essai de mise en charge de la galerie de La Bathie?

2° On a beaucoup discuté, au moment de la conception du projet de Roselend, sur la construction d'une usine brise-charge. Comme il y a 100 m de variation de niveau, la construction d'une usine qui aurait été à 1500 m de hauteur avait ses partisans, mais très vite, on a accepté la solution de la mise en charge de la galerie. Les dépenses supplémentaires (blindage et revêtements spéciaux) auxquelles on a été conduits ne laissent-elles aucun remords quant au fait de ne pas avoir opté pour une galerie sans charge qui aurait comporté une usine brise-charge au barrage? Le calcul *a contrario* a-t-il été fait?

M. LABAYE précise que si la comparaison *a posteriori* entre la solution retenue et la solution comportant une usine brise-charge au pied du barrage n'a pas été faite, elle est certainement dans le sens de la solution retenue, surtout si l'on tient compte des problèmes d'exploitation.

M. le Président pense qu'il serait intéressant de faire ce calcul.

M. LEFOULON indique qu'un tel calcul a été fait au Chambon en 1929. Faire des usines brise-charge pour des hauteurs de chute de 100 ou 150 m ne présente pas d'énormes dépenses.

M. LABAYE indique, en ce qui concerne les essais *a priori* en galerie, que la Région Alpes II procède actuellement à des essais sur le tracé de la galerie en charge du Mont-Cenis, à l'attaque du Suiffet, où une galerie de reconnaissance a été mise en charge sur une longueur de 750 m environ. Les observations sont dès à présent réconfortantes, puisqu'en 4 ou 5 heures, après le remplissage de la galerie, la pression est montée à 11 kg pour atteindre, quelques semaines après, 15 kg. D'autres essais seront effectués à l'attaque aval de cette galerie en charge, dans une galerie de reconnaissance en cours de perforation actuellement, au Saint-Anne.

M. le Président remercie à nouveau M. JACQUIN.

ERRATUM

Dans notre numéro 2, de mars-avril 1962, page 283, à la ligne suivant le mot « Discussion », au lieu de : Président : M. YVON, lire : Président : M. GIBRAT.