



ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ

ΜΗΝΙΑΙΟΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΝ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑ

ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΟ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΣΥΝΤΑΞΕΩΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ ΟΙ κ. κ.

Η. ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ Π. ΖΑΧΑΡΙΑΣ, Κ. ΚΤΕΝΑΣ, Δ. ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ

ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΣ Α. Σ. ΣΚΙΝΤΖΟΠΟΥΛΟΣ



Ετος ΙΕ΄.

A Θ H N A I, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 1914

APIO. 1.

HEPIEXOMENA

Construction des Bassins de Radoub du Pirée au point de vue de l'exécution des travaux L. Petitmermet et C. Raspini.

Βιομηχανία Μακεδονίας Δ. Ε. Τσακαλώτου.

CONSTRUCTION DES BASSINS DE RADOUB DU PIRÉE AU POINT DE VUE DE L'EXÉCUTION DES TRAVAUX

Projet primitif.—Le projet qui a servi de base à l'exécution des formes de radoub du Pirée a été élaboré en 1897 par M. M. les ingénieurs en chef Angelopoulos et Chrysochoos, après de longues discussions au sujet de l'emplacement à choisir.

Ce projet prévoyait deux bassins accolés de dimensions différentes. Les entrées et les murs de tête devaient être fondés à l'air comprimé sur caissons perdus avec hausses démontables, et servir ensuite de batardeau pour construire à l'air libre, par épuisements, le corps des bassins. Les épuisements étaient mis à la charge de l'entrepreneur, ce qui laisse supposer, vu les prix très modiques appliqués pour les fouilles et maçonneries, que les auteurs du projet comptaient sur des venues d'eau trèspeu importantes.

La première adjudication de l'entreprise n'eut pas de suites, faute de concurrents. Les entrepreneurs disposés à concourir déclarèrent qu'il ne leur était pas possible d'assumer la charge des épuisements, d'une façon indéfinie. Ils étaient aussi d'avis que le système prévu pour la fondation des entrées était difficilement applicable, vu la configuration et le volume considérable du rocher à déblayer à l'air comprimé.

Projet modifié. Adjudication. — Le projet fut modifié en vue d'une nouvelle adjudication. Un batardeau en maçonnerie devait être construit, à l'air comprimé par caisson suspendu, en tête des bassins. A l'abri de ce batardeau, les entrées et les corps des bassins étaient construits à l'air libre, mais les obligations de l'entrepreneur par rapport aux épuisements étaient limitées à l'emploi d'une puissance maximum de 40 chevaux indiqués.

Sur ces nouvelles bases, l'adjudication fut prononcée en faveur de Mr Kyriacos. Celui-ci étant mort peu de temps après sans avoir commencé les travaux, ses héritiers cédèrent l'entreprise aux soussignés, et cette cession fut approuvée par les autorités compétentes au Décembre 1898; les travaux commencèrent aussitôt.

Modifications subséquentes, au projet et au Contrat d'entreprise. Historique. — En cours d'exécution les modifications principales apportées au projet furent: Le rélargissement de 2^{m} du grand bassin.

Le changement de position de la chambre des machines.

Le changement de profil de l'entrée du grand bassin, pour permettre l'admission du cuirassé «Avéroff».

Les autres modifications portèrent surtout sur des changements de matériaux et entr'autres sur l'emploi partiel de mortier de ciment Portland, à cause de l'affluence des eaux.

La salle des machines, qui devait être dans un bâtiment spécial au N E des bassins, fut transportée à l'autre extrémité, entre les deux formes. Ce changement entraîna la suppression de la plus grande partie des aqueducs de vidange et de décharge, et la suppression totale des aqueducs de remplissage.

Le contrat d'entreprise fut modifié d'une façon radicale en 1906, à la suite d'un arrêt des travaux durant depuis quatre ans; cet arrêt était dû, d'un côté à un différend sur l'interprétation du cahier des charges concernant la fourniture des moteurs et pompes pour les épuisements au-delà de la limite de 40 chev.; d'autre part à la crainte de voir les dépenses pour épuisements atteindre un chiffre considérable. Les entrepreneurs mirent fin au différend et à l'indécision, en se chargeant de l'achèvement pour la somme à forfait de 2.650 000 Dr., tous épuisements à leur charge.

Les travaux furent interrompus de nouveau au bout de quelques mois et pour près d'une année, faute de fonds dans la caisse du port. Une troisième interruption eût lieu à la suite de la rupture d'une partie du radier du grand bassin, partie qui dut être reconstruite sur 65^m de longueur.

Enfin la réception provisoire des travaux, à l'exception du chenal d'accès et de la démolition du batardeau, put avoir lieu en Août 1911. Les fournisseurs des bateaux portes et des machines avaient commencé leurs travaux qui s'achevèrent pendant que les entrepreneurs procédaient à la démolition du batardeau et aux dragages et dérochements du chenal d'accès; ce dèrnier travail dura jusqu'en Avril 1913, mais dès l'automne précédent les bassins purent

être mis en service provisoire à cause de la guerre; la mise en service définitif eut lieu en Mars 1913.

Exécution des travaux. - Notre but étant plutôt de relever quelques points intéressants, nous ne nous étendrons pas sur tous les détails de l'exécution. Il n'y eut pas, du reste, de différence sensible entre le mode prévu et celui qui a été mis en pratique, sauf dans la question des fouilles de sable et vase; il avait été prévu d'enlever la plus grande partie de ces terrains par dragage préalable, ce qui ne put être exécuté que dans une faible proportion, à cause de la configuration accidentée du rocher sous jacent, et de la présence de nombreux blocs de pierre provenants de carrières et de constructions antiques.

Au lieu d'être portés à la mer hors de l'avant port directement, les déblais ont été jetés en avant des bassins, puis dragués après coup, pour éviter les temps perdus par suite de l'état de la mer.

Batardeau. - Pour économiser quelques mètres cubes de maçonnerie, le batardeau a été placé en tête des bassins de façon à former corps avec eux. Cette disposition malheureuse a entraîné de fortes pertes de temps et d'argent, à cause de l'obligation d'enraciner le mur — sauf anx ailes — à une cote inférieure à celle des plateformes d'entrée des bassins. On a dû faire dans ce but plus de 2700 m. cubes de déblai de rocher, à l'air comprimé, travail très-onéreux et long, car la prudence oblige à n'employer sous le caisson que de petits coups de mine, et il y a beaucoup de temps perdu pour chasser les gaz de la chambre de travail, après l'explosion des mines.

Si le batardeau eût été complètement séparé des bassins, on eût pu se borner à mettre à nu le rocher, ou tout au plus à y tailler de petits redans pour asseoir le mur. La démolition aurait été grandement facilitée aussi.

La section rectangulaire admise pour le mur était peu rationnelle au point de vue de la résistance; malgré les fortes épaisseurs adoptées, la maçonnerie était sollicitée à des efforts de traction à la base, sur la face mouillée, et à une compression exagérée sur l'autre face; d'une part, grâce à la bonne exécution de la

maçonnerie et à l'excellence du mortier de chaux hydraulique du Teil, et d'autre part grâce aux mesures prises par le service technique et l'Entreprise, le mur a bien résisté à ces efforts; les mesures spéciales ont consisté à augmenter de $10\cdot15^{\rm c}/_{\rm m}$ l'épaisseur au-dessous de la côte $(-10^{\rm m})$, et à remplir en béton le vide restant entre la fondation et la fouille en rocher.

Après 10 à 11 ans le mur ne décelait aucune perte d'étanchéité, et sa démolition a été fort difficile. L'étanchéité était parfaite aussi sous la fondation, montrant ainsi la bonne adhérence que l'on était parvenu à réaliser entre la maçonnerie et le rocher.

L'exécution des maçonneries à l'air comprimé a été beaucoup plus facile que le dérochement. Avec l'écluse à matériaux du système Zschokke, munie d'un monte charges électrique, ce travail se fait dans des conditions de rapidité et de bon marché relatif qui méritent d'attirer l'attention pour l'exécution d'une bonne maçonnerie sous l'eau, dans tous les cas où le système par caisson sus-

pendu est applicable.

Le travail a été exécuté à l'aide de deux caissons, l'un de 4m×6m, l'autre de 7^m×9^m; ce dernier a servi pour la plus grande partie du mur, aux épaisseurs de 6 à 8 mètres. Ces caissons étaient suspendus, par des chaînes à longs maillons, à des vérins à vis portés par un échafaudage accouplant deux pontons. Pour le plus grand caisson, la charge maximum, comprenant un lest en gueuses de fonte de 120 tonnes, était de 180 tonnes et nécessitait pour le levage 12 vérins de 15t chacun. Le poids des fers du caisson était de 28t. Le poids du lest fixe (maçonnerie sur le plafond) et des appareils était donc de 32t environ.

Pendant le travail, le caisson reposait, autant que possible, par ses deux extrémités sur les maçonneries déjà terminées. Les maçonnéries étaient faites par assises de un mètre de hauteur, et chaque assise se composait d'une série de massifs de 6.00 à 6.50 de longueur, séparés par des intervalles ou joints de 0.30. Quand un massif était terminé, au fur et à mesure du relevage du caisson, on fermait les extrémités de ce joint par des

murettes en briques maçonnées au ciment à prise rapide. D'une assise horizontale à l'autre, les blocs ou massifs se chevauchaient, de façon que, le caisson étant mis en place se trouvait au-dessus d'un joint de l'assise inférieure, et le premier travail consistait à murer ce joint; grâce aux murettes indiquées plus haut, cela se faisait très-facilement, en y épuisant l'eau et en coulant du béton à sec.

Avec des équipes travaillant huit heures consécutives il a été possible de faire ainsi un massif de 40-50 m. cubes par jour, y compris les joints et la manœuvre du caisson.

Les installations mécaniques pour l'air comprimé comprenaient deux locomobiles pouvant fournir ensemble 35-40 chevaux effectifs, deux compresseurs à circulation d'eau et une dynamo. La commande du compresseur et de la dynamo pouvait à volonté se faire par une seule locomobile ou par les deux, suivant la puissance nécessaire et les besoins de réparations, nettoyage, etc.

Les machines et le réservoir d'air étaient installés à une extrémité du batardeau et reliés, par la conduite d'air et la ligne électrique, au caisson.

Outre l'écluse Zschokke pour les matériaux, le caisson portait, bien entendu, un sas à air ordinaire pour les ouvriers.

Les travaux à l'air comprimé ont comporté 2700 m. cubes environ de dérochement et 7400 m. cubes de maçonnerie. Les parties tout-à-fait extrêmes ont été faites par épuisement dans des batardeaux de terre glaise.

Pour n'être pas entravée dans son travail par l'agitation de la mer, fréquente dans l'avant-port du Pirée par les vents du Sud à l'Ouest, l'entreprise a construit à ses frais, avec les déblais d'ouverture de la carrière voisine, une digue de protection cubant 1500° m.³ environ, qui a naturellement dû être draguée plus tard.

Fouilles et maçonneries. 1º Fouilles.—
On a vu les motifs qui avaient empêché de draguer au préalable la majeure partie des terrains de sable et vase. Le premier travail après l'achèvement du batardeau fut donc l'enlèvement de ces terrains avec transport par voies Decauville et traction par chevaux. Ce mode

de transport, d'ailleurs coûteux, vu la difficulté de trouver le développement nécessaire pour les voies, pour une montée de 15-16 m., devenait impossible pour les fouilles en rocher; on se servit alors de grues à vapeur soulevant les caisses de wagonnets.

Les fouilles comportèrent environ 50000 m. c. de sable et vase et 60000 m. c. de rocher; les distances moyennes de transport vertical et horizontal de déblais étaient respectivement de 10^m et de 200^m; jusqu'à l'endroit où on les déversait dans la mer pour y être repris

plus tard par la drague.

2º Épuisements.— A la surface du rocher, les sels et dépôts marins avaient formé, en imprégnant la pierre, une croûte dure et compacte, de 0.40 à 0.60 d'épaisseur, et avaient également fermé les fissures. Il en résulte que tant que le rocher ne fut pas attaqué par les mines, les venues d'eau furent de très faible importance; à la fin du déblaiement audessus du rocher, la puissance nécessaire pour le pompage à 12^m de hauteur ne dépassait pas 8 à 10 chevaux.

Dès que commencèrent les fouilles en rocher, les choses changèrent promptement de tournure. Au-dessous de la croûte durcie et plus ou moins étanche signalée ci-dessus, le calcaire se révéla profondément fissuré, sillonné de crevasses de direction à peu près E. O., qui apportaient un volume d'eau considérable, croissant naturellement avec la profondeur. Dans un sens à peu près perpendiculaire, d'autres crevasses, larges de plusieurs mètres, étaient remplies d'un magma de débris calcaires mêlés à une boue marneuse, formant une sorte de conglomérant spongieux et peu résistant. Cette formation avait été reconnue dans une petite partie de la fondation du batardeau et l'on pouvait espérer qu'elle n'intéresserait qu'un triangle réduit de la surface du grand bassin; mais elle se répéta 100^m· plus loin au N.E. Vers le petit bassin le rocher était moins variable et en bancs plus épais, mais les fissures E.O. y avaient une grande importance et formaient le grand débouché des eaux.

Au bout de peu de jours la puissance exigée pour l'épuisement dépassa la limite de 40 chevaux indiqués imposée aux entrepreneurs.

Dès la reprise des travaux en 1906 et continuellement plus tard jusqu'à l'achèvement des fouilles, les moyens d'épuisement dûrent être augmentés graduellement: L'augmentation eût lieu d'abord par unités composées d'une pompe Sulzer N° V débitant 4m.35 par minute, commandée par une locomobile de 25-35 chev.; trois de ces groupes sont restés en fonction continuellement. On ajouta ensuite successivement: Une pompe Sulzer No VII débitant 14m-3 par minute, commandée par une machine demi-fixe Lanz. de 100 chevaux, à condensation; une pompe allemande de même débit, également avec machine Lanz de 100.110 chev.x, puis une pompe Farcot. de débit égal ou un peu supérieur, commandée électriquement. On arriva ainsi à une puissance totale de 400 chevaux utilisée entièrement lors. que l'eau devait être maintenue à un niveau très bas.

Des chaudières de réserve fournissaient la vapeur en cas de nettoyage ou réparation des chaudières en service. Il y avait également deux pompes de réserve, plus une pompe à vapeur Worthington et un pulsomètre. En cas de grosses réparations on laissait au besoin monter l'eau de 2^m· pendant un jour ou deux de chômage.

La question de l'eau d'alimentation des chaudières a été l'un des grands tracas de l'entreprise et une cause de dépenses considérables en charbon, nettoyages, réparations et temps perdus. L'eau du Pirée renferme du chlorure de sodium qui rend impossible toute épuration préalable et donne des incrustations très abondantes et très-dures.

Les machines à vapeur étaient installées sur le batardeau et les transmissions et pompes sur un échafaudage adjacent. Avec une aspiration maximum de 7^m· les pompes plongeaient leurs crépines dans un puisard creusé à une profondeur de 13.50. Le niveau de l'eau dans le puisard était maintenu d'habitude à la côte (—12), de sorte que la hauteur totale de pompage était de 13^m· environ entre aspiration et refoulement.

Une rigole principale ouverte entre les deux bassins recueillait les eaux des diverses parties du chantier et les amenait au puisard. L'entretien de la profondeur dans cette rigole et le nettoyage continuel du puisard et des crépines des pompes était un travail onéreux, exigeant la présence en permanence d'un scaphandrier.

Comme on l'a vu au sujet de la construction du batardeau, celui-ci ne lais sait pas passer d'eau du tout; les eaux à épuiser provenaient donc entièrement des chantiers de fouilles, et leur volume a atteint jusqu'à 2700-2800 m. cubes par heure.

En raison de la pression de l'eau, qui circulait très librement dans les fissures du rocher, il fut impossible d'aveugler aucune source, définitivement du moins; l'eau que l'on a tenté d'arrêter en certains endroits ne tardait pas à se frayer un autre chemin.

3º Maçonneries. — Dans le but de réduire le plus possible la durée des épuisements et dans l'espoir d'arrêter une partie des venues d'eau au moyen des maçonneries, celles ci suivirent, d'aussi près que faire se pouvait, l'exécution des fouilles. Elles furent faites en quatre échelons, soit : Construction au mortier de ciment de la première couche sur toute la largeur ; construction au mortier de terre de Santorin de la 2º couche, également sur toute la largeur ; maçonnerie brute des bajoyers; revêtements en moellons et pierre de taille, et dallages.

La construction de la première couche est seule intéressante. Dans les parties où les sources de fond étaient peu importantes cette maçonnerie, suivant l'achèvement de la fouille à quelques mètres, se faisait par tranches de 5 à 10m de longueur des bassins; là où l'eau était abondante, on réduisait à des surfaces de 20 à 100 m. q. les portions de radier à maconner; on isolait ces portions au moven de murettes au mortier de ciment prompt. S'il existait des sources de fond dans les zônes ainsi délimitées, on les captait et l'eau en était conduite au dehors soit par des caniveaux en briques, soit par des tuvaux en fer (vieux tubes de chaudières). Les sources captées, on épuisait l'eau restante par baquetage ou par pompe Letestu, on balayait et lavait soigneusement la surface du rocher et l'on maçonnait le plus rapidement possible une épaisseur de 0^m·50 à 0^m·60. La seconde couche venant quelques mètres en arrière, était faite lorsque le ciment de la première avait fait bonne prise et que l'on pouvait balayer et laver la surface de raccordement.

Dans les parties où l'eau surgissait à peu près partout avec abondance et où il était impossible de la canaliser entièrement, la maconnerie de la première couche était très difficile à exécuter: il fallait alors abaisser le plus possible le niveau de l'eau et le fond de la fouille dans les points les plus mauvais, laissant au contraire émerger les parties de rocher sain sur lesquelles on pouvait alors construire à sec: on formait ainsi un fond en creux et bosses permettant pour ainsi dire d'ancrer la maçonnerie au rocher. Dans le petit bassin, partie Sud-Ouest, les entrepreneurs ont en outre assumé le surplus de dépenses pour faire toute l'épaisseur du radier au mortier de ciment, et ils ont construit à la fois l'épaisseur entière du radier.

Il n'y a rien de particulier à dire au sujet des bajoyers; là où cela était possible, on en a collé la maçonnerie au rocher voisin, dans l'espoir d'arrêter ainsi quelques venues d'eau et de diminuer aussi les infiltrations ultérieures à travers la maçonnerie.

On a dû reconnaître que la maçonne. rie à la pouzzolane de Santorin n'était absolument pas imperméable, même - et peut être surtout — avec de très-fortes épaisseurs. Cela se comprend, car ce mortier demande des années pour la combinaison complète de ses éléments, et jusque-là il reste toujours de la chaux grasse en excès qui est promptement dissoute par l'eau, laissant un mortier poreux. Pour remédier en partie à ce défaut, les maçonneries de revêtements furent faites au mortier de ciment, sur un mètre d'épaisseur. Cela n'a pas suffi à arrêter complètement les infiltrations, et c'est probablement heureux, car sans cela l'eau agissant derrière cette paroi de un mètre aurait pu la pousser au vide et la détacher.

Résistance du radier. Accident.—Conformément au projet, le radier a reçu une épaisseur de 1.75 au milieu, qui se

réduit à 1.22 sous les rigoles latérales.

En rélargissant de 2^m· le grand bassin, il eût été logique d'augmenter ces épaisseurs, mais on ne l'a pas fait de crainte qu'un surplus de profondeur - sans rien faire gagner comme qualité du sol de fondation - eût pour conséquence une augmentation du débit des eaux à épuiser. Il eut été plus logique encore de diminuer la profondeur des bassins, gagnant aussi de l'épaisseur par en haut, pour le radier; on pouvait réduire de 0.50 à 0.60 la profondeur du grand bassin et de 1.00 celle du petit, tout en ayant encore des proportions très convenables, surtout pour les navires de construction moderne: l'expérience a montré que les bassins sont trop profonds par rapport à leur largeur.

Le radier avait évidemment un poids propre très-insuffisant pour équilibrer la sous pression, et il ne pouvait pas davantage résister à la flexion. La pression de l'eau atteignait 12000 par m², le poids de la maçonnerie 4000 par m². Pour l'équilibre, il fallait absolument que la sous-pression fût supprimée sur une partie de la surface, par la parfaite adhérence de la maçonnerie sur le rocher

sain.

Dans ce cas, le poids de la maçonnerie venant en diminution de la souspression les conditions de résistance sont les suivantes:

Soit S=B×L la surface d'uue portion de radier de longueur L sur toute la largeur B entre les encastrements dans les bajoyers de part et d'autre.

Si $\frac{S}{n}$ est la partie de cette surface soumise à la sous pression de $12000^{kg}/m^2$, on aura un effort de soulèvement égal à

$$(12000-4000)\frac{S}{n} = 8000\frac{S}{n}$$

La maçonnerie résistera à cet effort:

1º Par son adhérence K kg/m² sur la

surface
$$S\left(1-\frac{1}{n}\right) = S\frac{n-1}{n}K$$

2º Par cisaillement aux encastrements. Prenons la résistance au cisaillement égale à K; elle s'exerce sur une surface $F=2\times1.22\times L$. Mais $L=\frac{S}{B}=\frac{S}{14^m}$, donc: $F=\frac{2.44 \text{ S}}{14}=0.175 \text{ S}$.

La résistance totale au cisaillement sera 0,175 KS

On aura pour l'équilibre:

$$KS\left(0,175 + \frac{n-1}{n}\right) = 8000 \frac{S}{n}$$

$$K = \frac{8000}{1.175 n - 1}$$

Pour n=1, c'est à dire toute la surface S soumise à la sous-pression, on aurait pour K (cisaillement à l'encastrement) une valeur évidemment inadmissible; mais d'ailleurs la maçonnerie se romprait de suite par flexion.

On en conclut que n doit être voisin de 2, c'est à dire qu'environ la moitié de la surface doit être soumise à la souspression et que dans l'autre partie la maçonnerie doit adhérer fortement au rocher.

Ces conditions se sont trouvées en bonne partie réalisées, sauf dans la zône amont du grand bassin où de grandes surfaces du radier se trouvèrent fondées sur le magma marneux dont nous avons parlé; à côté de sources très-fortes, ce terrain laissait suinter l'eau un peu partout.

A la mise en pression du bassin, la charge étant d'environ 10m; cette partie du radier se rompit sur 55m de longueur. Peut-être y eut-il brusque ouverture d'une fissure très voisine du fond, mais non découverte par les fouilles? Peut être aussi s'est-il produit un effet de coup de bélier, par remplissage subit d'une crevasse précédemment obstruée? En tous cas, vu la nature du terrain, la rupture pourrait s'expliquer sans ces causes accidentelles; en faisant la souspression égale à 1000 dans la formule qui donne K, on voit que K=6000kg/m² ou 0,6kg/em² pour n=1.7, c'est-à dire lorsque la surface soumise à la sous-pression est égale aux 6/10 de la surface totale. Or

0,6kg/cm² est une valeur forte pour la résistance au cisaillement d'une maçonnerie mixte, moitié au ciment, moitié à la pouzzolane, et une valeur très-forte pour la résistance au décollement entre maçonnerie et rocher de mauvaise qualité.

La rupture s'est produite très-nettement, après décollement, comme celle d'une poutre encastrée, aux appuis et au

milieu.

Dans certains endroits la maçonnerie en se soulevant a entraîné des parties du sol de fondation, ce qui prouve comme l'ont démontré ensuite les travaux de reconstruction, qu'il était inutile de chercher un meilleur terrain en fondant plus bas. La vraie solution consistait plutôt à rester 0.50 à 0.60 plus haut, où le terrain était moins hétérogène, en diminuant d'autant la profondeur des bassins, comme nous l'avons dit déià.

Le radier brisé et les parties immédiatement voisines furent reconstruits sur 65^m de longueur. Sur 14^m de longueur où le terrain se trouva très mauvais, on lui donna 4^m d'épaisseur au milieu en le construisant en forme de voûte renversée dont l'extrados était en moellons têtués. Le reste recut 2m·50 d'épaisseur au milieu, avec deux tranchées longitu· dinales descendant à 1,50 plus bas; la partie supérieure de la maçonnerie fut armée d'un réseau de rails relié par des tirants en fer rond à d'autre rails ancrés de part et d'autre dans le rocher formant les parois des tranchées. On a réalisé ainsi une solidarisation complète de la maconnerie et du rocher.

Toute cette reconstruction a été faite au mortier de ciment et cette partie ne présente pour ainsi dire pas traces d'in-

filtrations

Depuis lors les bassins ont été la majeure partie du temps sous pression, une fois pendant 8 mois consécutifs, sans aucun accident nouveau.

Rélargissement de l'entrée du grand bassin. — Dans le but de permettre au cuirassé «Avéroff» l'utilisation du grand bassin, on procéda à l'élargissement de l'entrée, en même temps que se faisait la reconstruction du radier soulevé. Ce travail a nécessité la démolition et réfection des maçonneries sur une assez forte épaisseur; la reconstruction fut faite au

mortier de ciment, et là aussi, il ne se produit pas d'infiltrations; cet exemple, joint à celui du batardeau et à celui du radier reconstruit montre qu'une maçonnerie, pour être étanche par elle-même c'est-à-dire sans enduit empêchant l'entrée de l'eau, doit être faite au mortier de chaux hydraulique ou de ciment.

Chambre des Machines. — L'exécution des fondations de cette chambre, justement à l'endroit où arrivaient toutes les eaux à épuiser, fut un travail très difficile. Au-dessus des fondations, les parties renfermant les puisards et les tuyaux d'aspiration des pompes et portant les bâtis des machines, furent exécutées en béton et l'entreprise chargea Mr A. D. Zachariou de ce travail; un réseau de poutrelles en fer relie toutes les parties de cette construction, de façon qu'elle résiste par son poids entier à la sous-pression qui s'exerce sous les voûtes des puisards.

Les murs de côté sont constitués par les bajoyers des bassins, construits auparavant, et au mortier de pouzzolane. On a essayé de les étancher au moyen d'un enduit intérieur, mais comme il subit la pression derrière lui, il n'est pas complètement imperméable. On a utilisé la cérésite et le heimalol pour augmenter l'étanchéité de tous les enduits de ciment.

La chambre des machines est surmontée par un bâtiment très simple, couvert en ruberoïde, et agencé surtout de façon à ménager une lumière abondante. Il renferme un pont-roulant pour les machines.

Chenal d'accès. — Un canal de 80 m. de largeur et 9 m. de hauteur sous basses eaux donne accès aux deux bassins.

Les deux côtés du chenal entament le rocher sur une hauteur allant de zéro à 5 m. Ce dérochement, prévu pour un volume de 1430 m. cubes d'après les sondages préalables, dépassa en réalité 2000 m. cubes. Il fut exécuté par mines verticales percées, d'abord avec une, puis avec deux perforatrices à vapeur Ingersoll, montées sur chalands. La vapeur était fournie par des chaudières verticales. La longueur des trous variait de 0.30 jusqu'à 3 à 4^m dans les parties hautes où il fallait faire le sautage en deux repri-

ses. L'explosif employé était de la dynamite n° 1 et l'allumage se faisait à l'électricité.

Deux causes rendirent ce travail long et coûteux: la forme en double biseau des parties à dérocher, et la nature du rocher, très dur à la surface, tandis qu'audessous sa consistance était souvent trop molle pour un travail convenable de la perforatrice et pour un bon rendement de l'explosif; le nettoyage des trous, au lieu d'être automatique, devait être fait continuellement par un scaphandrier.

D'autre part les vents, l'agitation de la mer, l'entrée de navires dans les bassins, etc., entravèrent beaucoup la bonne marche du travail.

Démolition du batardeau. - Ce travail, fait en partie avant, en partie simultanément avec les dérochements du chenal, a été exécuté par les mêmes movens, à cette différence près que la perforatrice faisait des trous à peu près de même profondeur toujours; profondeur faible d'ailleurs car dans une maçonnerie, le nettoyage des trous devient vite impossible; la résistance de la maçonnerie était telle aussi que la charge de grands coups de mines eût vite dépassé la limite imposée par la prudence à telle proximité des bassins et surtout de la chambre des machines toujours sous pression.

On avait d'avance démoli à sec, bien entendu, la paroi intérieure du mur, jusqu'à conserver l'épaisseur de 4,50 nécessaire pour résister à la poussée de 10^m de hauteur d'eau. Il est resté ainsi environ 2600 m. cubes à démolir sous l'eau.

Entre démolition et dérochement sous l'eau, la dépense en dynamite et amorces électriques a dépassé 20000 Drs.

Infiltrations dans les bassins. — On a beaucoup parlé des infiltrations qui se produisent dans les bassins. Cela tient moins à leur volume réel qu'au fait que les redans des bajoyers étant horizontaux, ils restent couverts d'une couche d'eau qui s'écoule difficilement.

En réalité le volume total des eaux entrant dans les bassins a été trouvé de 166 m. cubes par heure lors de la réception provisoire, les entrées étant encore fermées par le batardeau; à la réception définitive 20 à 21 mois plus tard, le débit était de 192 m. cubes à l'heure. La différence de 26 m. cubes ou 7 litres — seconde provient des venues d'eau par les bateaux — portes. Néanmoins, pour comparer avec d'autres bassins de radoub de la Méditerranée, nous adopterons le chiffre total de 192 m. cubes; il donne, pour une surface mouillée de 11100 m², 17 litres par m² et par heure. Le bassin de Tarente donne 10 litres, ceux de Venise 15 litres, ceux de Gênes, 39, de la Spezia 41 et enfin celui de Messine 292.

Les bassins du Pirée se trouvent donc dans de très bonnes conditions. Il est d'ailleurs admis (voir Laroche) que la puissance à prévoir pour les pompes d'entretien est de 50 à 100 chevaux parbassin. Or au Pirée la puissance totale nécessaire n'atteint pas 20 chevaux même en comptant seulement 50 % de rendement des pompes, conduites et moteurs.

Coût des bassins. — Les travaux exécutés par les soussignés ont été payés 4.110.000 Drs. Avec les autres dépenses pour les bateaux portes et les machines, la fourniture d'eau douce avant 1906, les droits d'entrée, l'outillage d'exploitation, les clôtures, bâtiments accessoires, etc., le coût total des deux bassins ne dépassera guère 5 millions de drachmes.

Il est permis d'affirmer que cette dépense est faible, surtout dans les circonstances locales où l'on se trouvait. Les deux bassins accolés de Gênes ont été payés à la Société de Construction 7 millions, plus la concession de l'exploitation pendant 35 ans; ils ont coûté à la Société près de 8 millions. Comme comparaison des grandeurs, le volume total de l'eau contenue dans les deux bassins est moins de 1 ½ fois le même volume dans les bassins du Pirée.

A la Spezzia, quatre bassins ont coûté ensemble 7,800.000 Frs; mais ils n'ont que 110^m de longueur, avec une seule installation de machines, et la construction a été faite dans des conditions favorables, le sol de fondation étant de l'argile compacte et toute l'excavation ayant pu être faite par dragage.

L. PETITMERMET ET C. RASPINI Ingénieurs-entrepreneurs.