

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

FIAT
TORINO

**SOCIETÀ
PER AZIONI
UNIONE
CEMENTI**

**MARCHINO
& C.**

≡

**CASALE
MONFERRATO**

NUOVA SERIE . ANNO XXIII . N. 8 . AGOSTO 1969

SOMMARIO

RASSEGNA TECNICA

G. A. PUGNO - *Teatri all'aperto e superfici riflettenti di rinforzo del campo sonoro* pag. 183

C. BOFFA - *Sui parametri influenzanti il comportamento delle lampade fluorescenti operanti ad alti livelli di potenza* . . . » 188

F. PENNACCHIONI - *Il salvataggio dei templi di Abu Simbel* . . . » 191

PROBLEMI

G. BRUSAGLINO - *Problemi dell'automobile elettrica* » 197

INFORMAZIONI

Giovanni Angelo Reycond direttore di « Atti » mezzo secolo fa . . . » 203

REGOLAMENTAZIONE TECNICA » 205

COMITATO DI REDAZIONE

Direttore: Augusto Cavallari-Murat - *Membri:* Gaudenzio Bono, Cesare Codegone, Federico Filippi, Rinaldo Sartori, Vittorio Zignoli - *Segretario:* Piero Carmagnola.

COMITATO D'AMMINISTRAZIONE

Direttore: Alberto Russo-Frattasi - *Membri:* Carlo Bertolotti, Mario Catella, Luigi Richieri

REDAZIONE: Torino - Corso Duca degli Abruzzi, 24 - telefono 51.11.29.

SEGRETERIA: Torino - Corso Siracusa, 37 - telefono 36.90.36/37/38.

AMMINISTRAZIONE: Torino - Via Giolitti, 1 - telefono 53.74.12.

Pubblicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 6.000. - Estero L. 8.000. Prezzo del presente fascicolo L. 600. - Arretrato L. 1.000.

La Rivista si trova in vendita: a Torino presso la Sede Sociale, via Giolitti, 1.

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III

ING. TURBIGLIO & GARIGLIO

TORINO - VIA GATTINARA 11 - TEL. 87.75.96-87.34.95

IMPIANTI A CONVEZIONE
RADIAZIONE

civile ed industriale ad acqua calda

Acqua surriscaldata a vapore

Centrali termiche

Condizionamento dell'aria

Essiccatoi

IMPIANTI IDROSANITARI

SOC.

S.R.L.

RILEVAMENTI AEROFOTOGRAFOMETRICI,
TOPOGRAFICI, GEODETICI, MOSAICATURE
E AGGIORNAMENTI FOGLI DI MAPPA PER
PIANI REGOLATORI, DETERMINAZIONI
ANALITICHE PROFILI E SEZIONI,
FOTOINTERPRETAZIONI

alifoto

10143 TORINO - CORSO TASSONI 4 - TEL. 75.33.62 - 77.31.70

CATELLA

MARMI • GRANITI • PIETRE

Cave proprie - Stabilimenti - Segherie

Torino - Via Montevecchio 27-29 - Tel. 545.720-537.720

DOTT. ING. VENANZIO LAUDI

IMPIANTI RAZIONALI TERMICI

E IDRICO SANITARI

TORINO - VIA MADAMA CRISTINA 62

TELEF. DIREZIONE: 683.226 • TELEF. UFFICI: 682.210

COPERTURE IMPERMEABILI

GAY

di Dott. Ing. V. BLASI

Impermeabilizzazioni e manti
per tetti piani o curvi, cornicioni,
terrazzi, sottotetti, fondazioni.

VIA MAROCHETTI 6. TORINO. TEL. 690.568

DITTA Zaglio Mario

TORINO - Via Monte di Pietà N° 1
Tel. 546.029

Tutti i tipi di CEMENTO comuni
e speciali, Nazionali ed Esteri
CALCE di ogni qualità

GESSI da forma e da Costruzioni

RASSEGNA TECNICA

La « Rassegna tecnica » vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Teatri all'aperto e superfici riflettenti di rinforzo del campo sonoro

GIUSEPPE ANTONIO PUGNO, esaminati gli elementi cui deve ispirarsi la progettazione di un teatro all'aperto, valuta l'efficacia degli specchi acustici impiegati al fine di conseguire un rinforzo del campo sonoro nello spazio utile. Suggestisce, inoltre, alcune soluzioni di forma per il sistema riflettente al variare delle proprietà emissive della sorgente.

Il teatro greco nacque come luogo in cui si doveva vedere bene piuttosto che udire bene. Il nome medesimo di θέατρον derivante del verbo θεάομαι « guardo » fornisce una chiara conferma di questo fatto.

Il χοῦλον approfittava di favorevoli configurazioni del terreno consistenti in colline disposte ad emiciclo e moderatamente degradanti su una zona centrale in cui si svolgeva la scena. Più tardi questo spazio scelto sulla base di mere esigenze di visibilità si sviluppò in una superficie circolare al fine di rendere udibili i cori che accompagnavano l'azione.

Per migliorare le condizioni di ascolto la σχηνή si integrò nel λογαῖον che fu successivamente approfondito e sopraelevato dai romani. L'evolversi della forma del teatro indica la preoccupazione degli antichi ad assicurare dapprima la visibilità, poi il chiaro ascolto della musica e del canto, in seguito l'intelligibilità del linguaggio parlato. È sicuro che gli antichi greci si resero conto della scarsa potenza vocale e della difficoltà di far pervenire agli ascoltatori più lontani il segnale utile in modo percepibile. Le maschere con cui si equipaggiavano non solo erano indossate per accentuare l'espressione del volto, ma soprattutto per sostenere, utilizzando l'effetto di megafono, la potenza della voce.

Nel complesso si può ritenere che da un punto di vista acustico

il risultato fossero molto modesti anche per l'istituirsi di focalizzazioni prossime alla scena prodotte dai suoni rinviati dal χοῦλον. Esso, tra l'altro, aveva la proprietà di riflettere in modo selettivo esaltando componenti pure di lunghezza d'onda uguale al doppio della distanza di due file successive di sedie. Il progetto di un teatro all'aperto oggi deve tener conto delle moderne conoscenze dell'acustica legate alle modalità di propagazione del suono nell'aria libera, all'intelligibilità della parola al variare dei livelli sonori relativi e dei livelli di rumore di fondo.

In generale i risultati non possono essere derivati, così come si fa per gli ambienti chiusi, dall'ipotesi di un mezzo perfettamente calmo, non perturbato. È noto che, quando ciò accade e quando l'assorbimento è trascurabile, la differenza di livello sonoro tra due punti allineati con la sorgente puntiforme e distanti da questa d_1 e d_2 vale:

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{d_1}{d_2} \quad (1)$$

Tuttavia il vento e la non uniforme distribuzione della temperatura possono esercitare una influenza così decisiva da addirittura condizionare la scelta del sito.

Se il vento è una funzione crescente dell'altezza, come ordinariamente capita, le onde procedendo nella direzione e nel senso

del vento sono deviate verso il basso con il vantaggio di un aumento della densità del campo sonoro in prossimità del terreno. L'effetto opposto, consistente in una deviazione verso l'alto del fronte d'onda, si ha quando il senso del suono è opposto a quello del vento. È questo il motivo per il quale, a parità di altre condizioni, l'auditorio all'aperto deve essere orientato in modo che il vento dominante della zona soffi dalla scena al pubblico ascoltatore.

Analoghi effetti di deviazione del fronte di propagazione si producono per distribuzioni non uniformi di temperatura.

Gradienti negativi con l'altezza determinano il distacco del suono dal terreno, gradienti inversi lo trattengono in prossimità. Ciò è da imputarsi alla diversa velocità del suono nei vari strati dell'atmosfera non isoterma esprimibile secondo la relazione:

$$c = \sqrt{\frac{1,4 p \cdot \alpha \cdot T}{\delta_0}}$$

ove c è la velocità di propagazione, p la pressione atmosferica, δ_0 la densità a 0 °C, α il coefficiente di dilatazione, T la temperatura assoluta.

Se la temperatura dell'aria, dunque, in un teatro all'aperto decresce con l'altezza, ed è questo il caso più frequente sia per motivi meteorologici sia per il calore emesso dal pubblico, l'inclinazio-

ne della superficie di ascolto deve essere maggiore di quanto non occorra con aria omogenea. A questi effetti si aggiungono quelli di assorbimento se i tragitti del suono superano un valore critico, come noto, legato alla frequenza della vibrazione ed allo stato termoisometrico dell'aria e quelli di indebolimento del campo sonoro manifestantesi in prossimità di superfici assorbenti.

Per questo ultimo fenomeno occorre che le sorgenti sonore siano sopraelevate rispetto alla platea e che questa si inclini nel fondo molto rapidamente.

Il progetto di un teatro all'aperto esige la definizione della località più appropriata, la forma dell'auditorio congiunta con quella di eventuali specchi sonori ai quali si affida il compito di rinforzare il suono.

In base alle osservazioni esposte, la località deve essere lontana o comunque protetta da ogni rumore esterno e calma sotto l'aspetto dei venti la cui velocità non dovrebbe superare i 15 km/h. Il livello di rumore di fondo, perché sia accettabile, deve essere contenuto entro i 40 dB (A). Un catino naturale a pendici dolcemente inclinate, isolato dai rumori d'automobili, treni, apparecchi, orientato nel modo voluto dal senso della brezza o del vento dominante è da considerarsi un sito favorevole (1).

L'esperienza suggerisce per la zona dell'auditorio inclinazioni non inferiori a 12° affinché il flusso sonoro possa investire tutti gli ascoltatori in modo copioso ed uniforme.

La forma della zona dell'auditorio dipende dalle caratteristiche emissive della sorgente ovvero dal modo con cui essa emette nello spazio. Ciò sta a dimostrare che le soluzioni sono legate alla natura del suono utile ossia al fatto che si tratti di linguaggio parlato, di suono musicale, di canto e così via. Le dimensioni sono limitate da valori ancora accettabili della

(1) Ad esempio in prossimità del mare i teatri all'aperto, di impiego quasi sempre serale, devono tener conto delle brezze che, come è noto, nell'intervallo utile della giornata, procedono in prossimità del suolo dal mare alla terra.

intelligibilità che si ritengono compresi tra il 65 ed il 70 %.

Per un oratore statico quale può essere un conferenziere si può fare affidamento su un solido di emissione, seppure variabile con la frequenza dei suoni componenti la parola, ad asse con direzione pressochè costante. La notevole direzionalità dell'emissione rende gli specchi acustici scarsamente efficaci essendo trascurabile l'energia sonora che incide su di essi. Questi infatti nelle più usuali soluzioni presentano un limitato sviluppo superficiale chiudendosi alle spalle dell'oratore. Un guadagno sensibile potrebbe essere ottenuto disponendo specchi laterali lungo il contorno dell'auditorio e con orientamenti tali da poter effettuare con gli apporti dell'onda riflessa compensazioni dell'onda diretta la quale ad una certa distanza dalla sorgente diventa di intensità insufficiente. Tali specchi consentirebbero, senza ricorrere ad amplificatori elettroacustici, di progettare l'auditorio con dimensioni maggiori e pertanto di renderlo più capace. Gli specchi acustici hanno quindi il compito di aumentare l'intensità energetica del suono, da cui dipende la sensazione, solo nelle zone più discoste dalla sorgente.

La soluzione a conchiglia può rinforzare sensibilmente il suono quando l'attore per esigenze di scena deve assumere posizioni varie tra le quali anche quella con le spalle rivolte all'auditorio. L'ideale sarebbe che il solido di emissione risultante dovuto ai riflettori acustici, quando l'attore volge le spalle al pubblico, sia analogo al solido della persona. In tal modo non si creerebbero variazioni apprezzabili di sensazione sonora al variare della posizione dell'attore il quale, in caso contrario, sarebbe costretto a dosare sapientemente la potenza della voce in funzione dell'assetto che egli assume nei confronti del pubblico ascoltatore.

La distribuzione del suono dovuta ad una sorgente sonora posta sulla scena corredata di riflettori acustici può essere studiata approssimativamente col metodo delle sorgenti virtuali.

Supponiamo che la scena sia contornata da un muro di fondo verticale, da due muri laterali divergenti e da un soffitto inclinato (fig. 1).

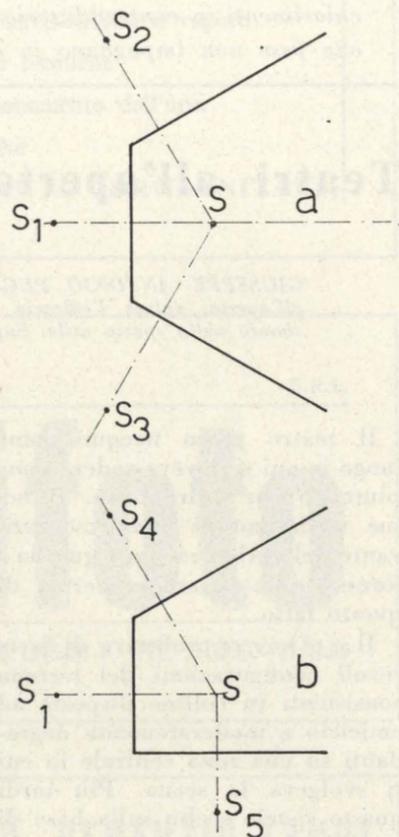


Fig. 1. - Sorgenti reale ed immaginarie per un dispositivo riflettente costituito da un muro di fondo, da due pareti divergenti e da una copertura; a) pianta, b) sezione.

Il sistema si comporta come se fosse dotato di parecchie sorgenti, immagini speculari della sorgente reale rispetto ai piani riflettenti. Quando la sorgente sia l'attore, la direzionalità della sua emissione potrà rendere dominante una sorgente immagine rispetto alle altre, mentre, nel caso dell'orchestra, si potrà pensare ad una uniforme emissione nello spazio e pertanto ciascuna sorgente immaginaria sarà ugualmente importante.

Si ritiene che una capacità di 600 posti seduti possa essere considerata il limite massimo per un teatro all'aperto nel quale vengono rappresentati drammi o commedie parlate; a tale limite corrispondono una profondità massima di 23 metri ed una larghezza massima di 26 metri. Se si co-

struiscono teatri di questo genere con dimensioni maggiori è molto facile che l'auditorio posto nelle zone più lontane riveli difficoltà di comprensione a meno che gli attori non si sottopongano a notevoli sforzi nell'aumento della potenza vocale.

Per teatri all'aperto destinati prevalentemente alla musica è possibile prevedere dimensioni generalmente più grandi per vari motivi. La conchiglia è generalmente più razionalmente attiva nel caso di parecchie sorgenti di scarsa direzionalità, come può essere quella di molti strumenti musicali; inoltre la potenza di questi ultimi è superiore a quella della voce; infine le esigenze all'audizione possono essere meno rigorose. Se per il linguaggio parlato è necessario, allo scopo di avere una buona intelligibilità, che anche le parti più deboli del fonema, le consonanti non vocalizzate, siano chiaramente percepite altrettanto non può dirsi per un programma musicale il quale non è così compromesso dalla perdita di qualche nota di potenza più ridotta delle altre.

A questo punto possono tornar utili alcune considerazioni sulla efficacia degli specchi acustici, sulla loro forma e sulle loro caratteristiche dimensionali. Si indichi con U_0 la densità sonora in una certa zona dello spazio utile che verrebbe ad istituirsi senza la presenza del dispositivo riflettente e con U quella che si raggiungerebbe quando questi mezzi fossero attivi.

Si suole definire rapporto di rinforzo o di amplificazione il rapporto $q = \frac{U}{U_0}$ dal quale l'aumento del livello sonoro corrispondente può essere facilmente dedotto.

Tale aumento ΔS è infatti legato a q dalla nota relazione logaritmica:

$$\Delta S = 10 \log q. \quad (2)$$

Si tratta ora di valutare l'ordine di grandezza di ΔS e del campo in cui esso può variare. A tal fine si supponga che ϵ sia la frazione di energia emessa dal-

la sorgente, in un dato tempo, che cade su detti riflettori; che r ne sia il fattore di riflessione; che detta frazione ϵ , inoltre, sia completamente persa per l'auditorio in assenza degli specchi acustici.

In questi casi il rapporto di amplificazione medio sarà:

$$q = \frac{U}{U_0} = \frac{1 - \epsilon + r\epsilon}{1 - \epsilon} = \quad (3)$$

$$= \frac{1 - \epsilon(1 - r)}{1 - \epsilon} = 1 + \frac{r \cdot \epsilon}{1 - \epsilon}.$$

È appena necessario osservare che il rinforzo diviene tanto maggiore quanto più speculare è il rinvio del suono da parte delle superfici interne del dispositivo. Al limite il rapporto medio di amplificazione diviene:

$$q = \frac{1}{1 - \epsilon} \quad (4)$$

e può assumere tutti i valori compresi tra l'infinito ($\epsilon = 1$; l'energia emessa dalla sorgente è tutta indirizzata dalla sorgente ai riflettori) ed uno ($\epsilon = 0$; l'energia emessa dalla sorgente non interessa neppure in minima parte i riflettori, ma viene direttamente indirizzata all'auditorio). Tanto per fare degli esempi numerici, ammettendo la riflessione totale ed $\epsilon = \frac{1}{2}$, il che può essere consi-

derato un caso riproducibile quando la sorgente sia un'orchestra, si avrebbe un rapporto di rinforzo pari a 2 con un aumento di livello sonoro di soli 3 dB. Il fatto che l'orchestra sia costituita da parecchi strumenti musicali che danno origine nella loro molteplicità ad una emissione risultante uniforme nello spazio porta a ritenere l'esempio numerico prescelto attuale in questo caso e che l'aumento di livello sonoro, invero abbastanza modesto, non sia un valor medio ma che di fatto interessi tutti i punti della zona di ascolto in modo costante ed uniforme. Tale distribuzione uniforme del rapporto di amplificazione, dipendente dalle innumerevoli incidenze e riflessioni, non corrisponde certo ad una soluzione razionale essendo super-

fluo se non dannoso operare un rinforzo in quelle zone prossime all'emissione nelle quali la componente diretta del suono è già in grado da sola di assicurare condizioni ottime di ascolto.

Il vantaggio si presenta particolarmente sensibile quando, a causa della direzionalità del solido di emissione e del suo orientamento, la frazione ϵ può assumere valori molto grandi approssimatisi sempre più all'unità. Se ad esempio per motivi di recitazione l'attore abbandona la posizione frontale per volgersi lateralmente può verificarsi anche il caso che ϵ assuma il valore di 0,9 cui corrisponde un rapporto di amplificazione di 10 ed il cospicuo incremento nel livello sonoro di 10 dB.

In definitiva, dunque, gli specchi acustici sono utili durante la trasmissione di musica da orchestra in quanto permettono di ottenere un miglioramento nella distribuzione dell'energia sonora operando i rinforzi possibilmente da un limite in poi nelle zone più lontane. Il fatto di riversare energia riflessa su una parte soltanto dell'intera superficie dell'auditorio consente dei rinforzi superiori a quelli conseguibili attraverso una distribuzione uniforme.

Da ciò deriva la possibilità molto importante di aumentare, a parità di altre condizioni, la capacità dell'auditorio senza che venga compromessa la chiarezza della percezione. Inoltre è da tener presente che lo specchio acustico permette agli esecutori sulla scena di intendersi in modo più distinto tra loro il che è considerato dai musicanti una proprietà molto desiderabile senza la quale solo un abilissimo maestro d'orchestra potrebbe far sì che tutti suonassero all'unisono ed equilibrassero in modo corretto i loro volumi sonori.

Per il dramma o la commedia parlata lo specchio acustico può mantenere pressochè costante l'intensità del suono nel tempo rendendola, entro certi limiti, indipendente dai movimenti scenici.

Mentre durante le trasmissioni musicali l'apporto dello specchio acustico è continuo nel tempo e deve interessare una parte sola del

piano di utilizzazione in misura crescente con la distanza, durante le rappresentazioni parlate esso è discontinuo e deve interessare, sempre in misura crescente con la distanza, l'intera superficie di utilizzazione.

Il progetto di uno specchio acustico deve impostarsi sulla base di questi requisiti e coordinarsi con quelli legati al sito disponibile, alla illuminazione, alla visibilità, all'attrezzatura strumentale, ecc.

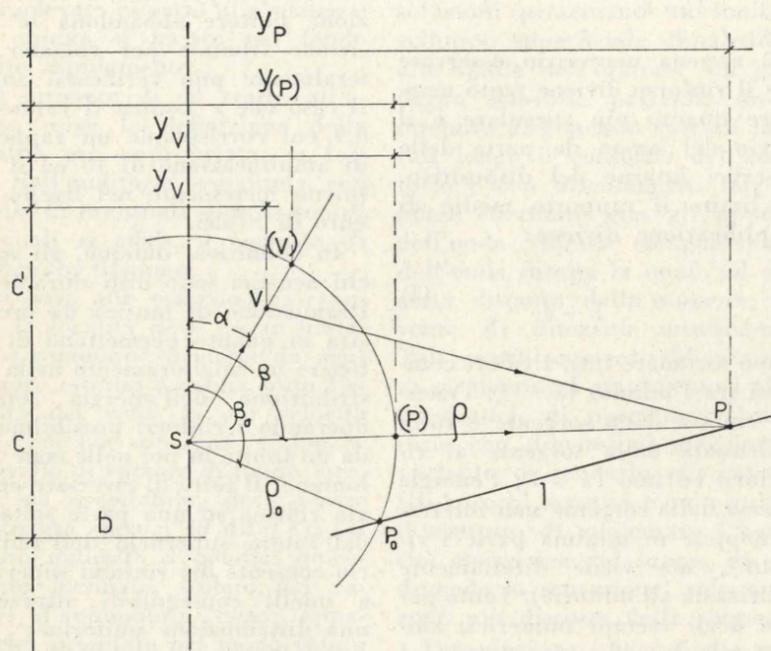


Fig. 2. - La geometria del sistema.

Si è visto che il compito precipuo dello specchio acustico è quello di riversare sull'uditorio l'energia riflessa, altrimenti inevitabilmente persa e di indirizzarla nei punti più lontani della sorgente in cui ancora il pubblico è presente. Ossia occorre compensare la naturale diminuzione dell'intensità energetica del suono diretto man mano che ci si allontani dalla sorgente con un adeguato contributo di intensità energetica del suono riflesso. È chiaro che la forma della superficie riflettente dipenderà in primo luogo dalle caratteristiche di emissione della sorgente e dall'andamento della superficie sulla quale si dispone l'uditorio.

Detta J_0 l'intensità totale che si vuole raggiungere e mantenere costante, detto J_d l'intensità del

suono diretto, detto J_r l'intensità del suono riflesso, la compensazione sarà completa quando per qualunque punto della platea vale la relazione:

$$J_0 = J_d + J_r \quad (5)$$

Nella quasi totalità dei casi pratici ⁽²⁾ e per gli effetti che si ottengono in punti lontani, la sorgente può essere considerata lineare, uniformemente vibrante e

e la distanza dei suoi punti utili più lontani dalla sorgente;

2) la distanza dalla sorgente da cui si vuole effettuare la compensazione;

3) la posizione dei punti estremi dello specchio acustico corrispondente alla posizione dei punti più lontani occupati dal pubblico.

Facendo riferimento alla fig. 2, sia l il profilo ricevente, sia m (non indicato in figura) il profilo dello specchio acustico che si vuole determinare; sia P_0 un punto di l distante q_0 dalla sorgente al di là del quale si desidera attuare la compensazione; sia P il punto di l più lontano da S ; sia V il punto di m corrispondente a P ; sia CC' l'asse attorno al quale devono ruotare l ed m per generare la superficie utile ricevente e la superficie dello specchio acustico; sia S la traccia della sorgente lineare circolare di raggio b . Le altre grandezze sono deducibili dal disegno.

Il profilo dello specchio acustico può essere desunto con il criterio valido per i profili ortofonici proposto dal prof. C. Codegone.

Tenendo presente che nel caso di mezzo perfettamente trasparente si può scrivere

$$J_d = J_0 \frac{y(P) q_0}{y_P q} \quad (6)$$

e

$$J_r = J_0 \frac{y(V) q_0 dx}{dx_n y_P} (1 - a) \quad (7)$$

avendo indicato con dx_n l'incremento normale alla direzione del raggio riflesso del profilo l corrispondente a da e con a il fattore di assorbimento, invero molto piccolo dello specchio acustico, la 5) diviene:

$$J_0 = J_0 \frac{y(P) q_0}{y_P q} + J_0 \frac{y(V) q_0 dx}{dx_n y_P} (1 - a) \quad (8)$$

che semplificata e risolta rispetto a dx_n si presenta nella forma:

$$dx_n = \frac{dx y(V) (1 - a)}{y_P/q_0 - y(P)/q} \quad (9)$$

Sostituendo ai differenziali incrementi finiti la 9) si presta ad una costruzione grafica del profilo dello specchio acustico partendo dal punto V scelto in base a considerazioni varie tra le quali sono quelle inerenti alla disponibilità di spazio, di illuminazione, di visibilità e così via.

Tale costruzione è indicata in fig. 3.

Si supponga ad esempio che per la configurazione del sito o per altri motivi il profilo sia una spezzata costituita da un tratto orizzontale e da un tratto inclinato. Siano conosciuti, inoltre, la traccia S della sorgente, il più lontano punto P_1 corrispondente a V_1 ed il punto P_0 al di là del quale si vuole la compensazione. Si traccino per S due semirette di cui una r_1 passante per V_1 e l'altra r_2 formante con questa un angolo $\Delta\alpha_1$ del resto arbitrariamente scelto; si congiunga inoltre V_1 con P_1 . SV_1P_1 deve essere il percorso del suono riflesso incidente in P_1 . Si tracci la bisettrice dell'angolo esterno β_1 della SV_1P_1 ; essa interseca la r_2 in V_2 . Il tratto V_1V_2 è il primo lato della poligonale che individua il profilo dello specchio acustico.

Utilizzando la 9) si calcoli l'incremento $\Delta x_{n,1}$ e lo si disponga con un estremo in P_1 ed ortogonale alla V_1P_1 come indicato in figura.

La retta congiungente V_2 con l'altro estremo di $\Delta x_{n,1}$ interseca il profilo ricevente nel punto P_2 corrispondente a V_2 . Procedendo di pari passo si sviluppa la poligonale fino al punto P_0 al di là del quale, per ipotesi, non è più necessario indirizzare suono riflesso essendo quello diretto già in grado da solo di sostenere una chiara sensazione.

Per un ulteriore rinforzo il profilo può essere completato (parte a tratteggio in figura) fino al piano di calpestio dando origine ad una soluzione che si avvicina sempre più agli schemi più ricorrenti di conchiglia di orchestra.

Tali schemi, più semplici, sibbene meno razionali di quelli sopra proposti, sono costituiti, co-

me già visto in figura 1, da un muro di fondo di solito piano cui possono affiancarsi delle pareti laterali la cui divergenza è legata alla larghezza del muro di fondo ed alla larghezza dell'auditorio. L'aggiunta di queste pareti laterali, benchè favorevoli al rinforzo, conferiscono una spiccata direzionalità al sistema riflettente; esse non devono mai essere parallele al fine di evitare l'istituzione tra esse di riflessioni

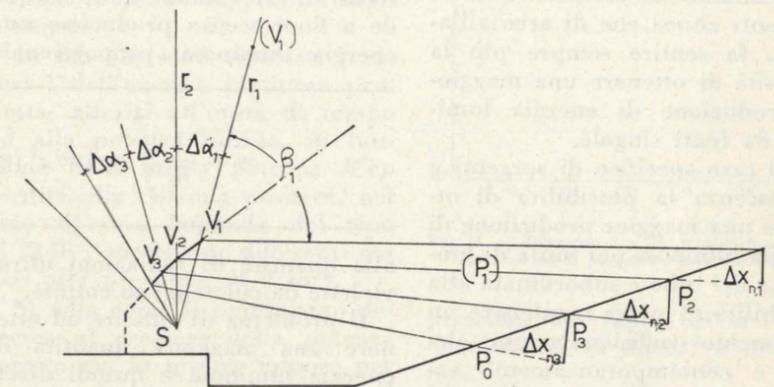


Fig. 3. - Metodo grafico per il tracciamento del profilo dello specchio acustico.

multiple che danno origine ad un « flutter echo » rauco e disturbante.

Un riflettore superiore continuo può integrare l'azione svolta dalla parete di fondo purchè ad esso venga data una giacitura appropriata.

Come criterio indicativo ci si può basare sul fatto che il suono riflesso deve avere una direzione sensibilmente parallela al profilo dell'auditorio. Se ϑ è l'inclinazione del profilo si può, dunque, disporre lo specchio di copertura con l'inclinazione di $45^\circ + \frac{\vartheta}{2}$ o

leggermente inferiore essendo questo il valore da attribuirsi al tratto zenitale rispetto alla sorgente affinché si verifichi la condizione di parallelismo accennata.

Se il profilo ricevente è molto inclinato o se vasta è la superficie dell'orchestra può verificarsi che la differenza tra il maggior tragitto riflesso e quello diretto che gli corrisponde superi la ventina di metri con il grave inconveniente della formazione di eco.

Per eliminare questo vizio sono

state proposte soluzioni nelle quali la superficie dello specchio di copertura ed eventualmente delle superfici laterali non è continua, bensì costituita da striscie interne inclinate secondo angoli voluti dal profilo ortofonico o più semplicemente uguali a $45^\circ + \frac{\vartheta}{2}$ mentre l'insieme dello specchio può assumere una inclinazione più ridotta. Affinchè tali bande riflettano il suono in base alla propria incli-

nazione e non già a quella media della copertura occorre che siano rispettate alcune condizioni dimensionali.

Tali striscie infatti devono presentare una larghezza sufficientemente grande rispetto alla lunghezza del suono riflesso; tale larghezza, per rendere efficace la striscia nei confronti della gamma dei suoni più importanti per la parola, deve essere dell'ordine di 120 cm.

Inoltre per evitare riflessioni selettive sarà un criterio corretto quello che porta all'adozione di striscie di larghezza non uniforme.

Torino, 6 luglio 1969.

Giuseppe Antonio Pugno

BIBLIOGRAFIA

- CESARE CODEGONE, *Acustica architettonica*, V. Giorgio, Torino, 1960.
 CESARE CODEGONE, *Ortophonic surfaces*, in « Jour. Ac. Soc. Am. », vol. 29, n. 8, pag. 885, 1957.
 V. O. KNUDSEN e C. M. HARRIS, *Le projet acoustique en Architecture*, Ed. Dunod, 1957.

Sui parametri influenzanti il comportamento delle lampade fluorescenti operanti ad alti livelli di potenza

CESARE BOFFA (*) esamina il comportamento delle lampade a fluorescenza in corrispondenza ad alti livelli di produzione di energia luminosa; discute i fattori influenzanti la produzione di radiazioni ultraviolette da parte del plasma che si genera in tali lampade e illustra le loro prestazioni al variare del tipo di gas raro contenuto nella lampada. Esamina infine gli effetti delle variazioni della pressione dei vapori di mercurio e di quella del gas raro, sulle caratteristiche di avviamento delle lampade stesse.

Introduzione.

La tendenza moderna di ricorrere in misura sempre più estesa all'illuminazione artificiale, sia di ambienti chiusi che di aree all'aperto, fa sentire sempre più la necessità di ottenere una maggiore produzione di energia luminosa da fonti singole.

Nel caso specifico di sorgenti a fluorescenza la possibilità di ottenere una maggior produzione di energia luminosa per unità di lunghezza del tubo è subordinata alla possibilità di poter mantenere un rendimento sufficientemente elevato e contemporaneamente caratteristiche di avviamento soddisfacenti.

Un aumento della produzione di energia luminosa ottenuto aumentando semplicemente la potenza fornita alla lampada provoca alterazioni della temperatura delle pareti del bulbo e conseguenti deviazioni dal valore ottimo della pressione dei vapori di mercurio e del rapporto tra la pressione degli stessi e quella del gas raro o della miscela di gas rari contenuti nella lampada.

Tali deviazioni provocano sensibili riduzioni di rendimento; d'altro canto nel variare le pressioni dei vapori di mercurio e dei gas rari in modo che raggiungano il valore ottimo in regime stazionario di funzionamento, occorre tener presente che le caratteristiche di avviamento della lampada sono sensibilissime a variazioni di tali pressioni.

Pertanto si devono prendere in considerazione entrambi i problemi ed analizzare sia i fattori da cui dipende la produzione di energia luminosa, sia quelli che influenzano le caratteristiche di avviamento della lampada.

(*) Cesare Boffa, Istituto di Fisica Tecnica, Politecnico di Torino.

Fattori influenzanti la produzione di radiazioni ultraviolette.

È noto che le sostanze fluorescenti di uso comune nelle lampade a fluorescenza producono una energia luminosa proporzionale

$$v_i = \frac{1}{n_e} \int_0^x v_{ey} [\pi \sigma_{yi}^2(\varepsilon) n_y + \pi \sigma_{si}^2(\varepsilon) n_s] n_e(\varepsilon) d\varepsilon \quad (1)$$

alla quantità di radiazioni ultraviolette da cui vengono colpite.

Il problema di riuscire ad ottenere una maggiore quantità di energia luminosa è quindi direttamente collegato a quello di riuscire a produrre una maggiore quantità di tali radiazioni.

La radiazione ultravioletta prodotta dal plasma di una lampada

$$v_i = \frac{2}{e} \left[\frac{2(KT_e)^3}{\pi m_e} \right]^{1/2} (n_{Hg} \delta \gamma_{si}) \{ 3 \bar{f}'_{\gamma} (\varepsilon_{yi} + 2) + 5 \bar{f}'_s (\varepsilon_{si} + 2) \} e^{-\varepsilon_i} \quad (2)$$

a fluorescenza risulta dall'interazione degli elettroni ad alta temperatura con gli atomi dei vapori di mercurio a bassa pressione.

La temperatura degli elettroni [1] determina quale frazione di essi possieda energia sufficiente ad eccitare atomi di mercurio consentendo quindi ad essi di emettere, nella successiva transizione al livello energetico più basso, radiazioni nel campo dell'ultravioletto, in particolare radiazioni di risonanza con una lunghezza d'onda di 2537 Å. [2].

Assumendo che l'energia degli elettroni del plasma in una lampada a luminescenza abbia una distribuzione maxwelliana e che il processo di ionizzazione degli atomi di mercurio avvenga in due stadi [3] cioè che essi vengano prima eccitati mediante una collisione e poi ionizzati in una seconda collisione, il numero v_i di

ioni prodotti al secondo sarà dato dall'integrale, esteso al campo di energia degli elettroni, della velocità degli elettroni per la densità degli atomi eccitati e per la sezione di collisione per la ionizzazione di tali atomi.

Si ottiene pertanto:

in cui ε rappresenta l'energia dell'elettrone, $\pi \sigma_{yi}^2(\varepsilon)$ e $\pi \sigma_{si}^2(\varepsilon)$ sono le sezioni di collisione per la ionizzazione, da parte di elettroni aventi energia ε , di atomi nello stato 6^3P_1 o 6^3P_2 , assumendo che le popolazioni negli altri livelli energetici siano trascurabili.

Adottando per le sezioni di collisione le espressioni indicate in ref. 3 ed eseguendo l'integrazione si ottiene:

in cui:

$$\bar{f}'_{\gamma} = \frac{1 + 5BC(1 + D)}{3B + (1 + 5BCD)(1 + A)} \quad (3)$$

$$\bar{f}'_s = \frac{3B(1 + D) + (1 + A)}{3B + (1 + 5BCD)(1 + A)} \quad (4)$$

$$A = (3 e^{-\varepsilon_{\gamma}}) / (1,33 K_{\gamma} \bar{n}_e T_{eff}) \quad (5)$$

$$B = (K_{\gamma s} e^{-\varepsilon_{\gamma}}) / K_{\gamma} \quad (6)$$

$$C = (K_{\gamma s} e^{-\varepsilon_s}) / K_{\gamma s} e^{-\varepsilon_{\gamma}} \quad (7)$$

$$D = K_{\gamma} / K_s \quad (8)$$

I valori dei vari K devono essere ottenuti per integrazione, estesa alla distribuzione di energia degli elettroni, del prodotto della velocità degli stessi per la sezione di collisione dell'atomo [4] nelle condizioni in cui tale collisione si verifica.

Per quanto riguarda il calcolo di τ_{eff} si rimanda alle ref. [5, 6, 3]. Assumendo che la perdita di ioni avvenga attraverso un processo di diffusione ambipolare [7] ed eguagliando il numero di ioni prodotti in un secondo, [eq. (2)] al numero di ioni che vengono perduti si ottiene:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{2,4}{R} \right)^2 \left(\frac{\pi m_e}{2 e V_i} \right)^{1/2} \left(\frac{\mu_i}{n_{Hg} \gamma_{si} \delta} \right) = \varepsilon_i^{-1/2} \{ 3 \bar{f}'_{\gamma} (\varepsilon_{yi} + 2) + 5 \bar{f}'_s (\varepsilon_{si} + 2) \} e^{-\varepsilon_i} \quad (9)$$

Il primo termine della eq. (9), generalmente indicato con θ dipende dalla natura e dalla pressione del gas contenuto nella lampada, in quanto da esse dipende il valore della mobilità μ degli ioni, della pressione di valore del mercurio e dal raggio R del tubo della lampada.

Il secondo membro dell'eq. (9) è funzione della temperatura degli elettroni.

In fig. (1) è rappresentata appunto la dipendenza di θ dalla temperatura degli elettroni [3].

Il valore di θ dipende, come detto, dal valore della mobilità μ degli ioni di mercurio nel gas raro contenuto nella lampada: un aumento del valore di tale mobilità risulta in un aumento della temperatura degli elettroni e quindi della produzione di radiazione ultravioletta.

La mobilità degli ioni di mercurio decresce al crescere della massa specifica del gas inerte contenuto nella lampada. Essa è pertanto massima nell'elio e decresce passando dal neon all'argon al cripto ed allo xeno.

Un metodo quindi per aumentare il valore della temperatura degli elettroni è quello di usare come gas inerte elio o neon anziché argon [8]: ciò consente di ottenere una maggior produzione di energia luminosa con rendimenti più elevati.

In fig. (2) è rappresentata, per una lampada del tipo T 12,48", per un valore della pressione di mercurio pari a 6×10^{-3} torr ed un valore della pressione del gas inerte di 1 torr, la relazione tra densità e temperatura degli elet-

troni e la produzione di radiazione ultravioletta, per i diversi gas rari presenti nella lampada.

Come si può notare la temperatura di saturazione degli elettroni è tanto più alta quanto più è leggero il gas, in tutto il campo dei valori di densità, in accordo con la teoria sopra esposta.

Nella presente analisi si sono trascurate le perdite dovute agli urti elastici tra elettroni ed atomi del gas raro, che tendono ad annullare il guadagno ottenuto dall'aumento della temperatura degli elettroni.

In fig. (3) sono riportati i valori ξ dell'energia luminosa prodotta, riferiti all'unità di tempo ed alla potenza fornita, in funzione della stessa potenza Wcp fornita alla colonna positiva, nel caso di una lampada del tipo T 1248", contenente differenti gas rari alla pressione di 2 torr.

Si nota come il rendimento decresca al crescere della potenza fornita ma in misura minore per il neon che per gli altri gas rari esaminati.

Influenza del valore della pressione dei vapori di mercurio.

Il valore della pressione dei vapori di mercurio ha effetto sia sul rendimento della lampada che sulle sue caratteristiche di avviamento.

Si è riscontrato che, ai fini del rendimento, il valore ottimo della

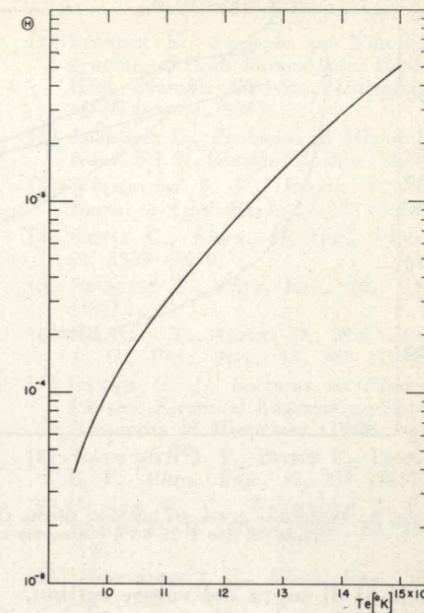


Fig. 1 - Relazione tra la temperatura degli elettroni ed il parametro adimensionale.

pressione dei vapori di mercurio deve essere tra 6×10^{-3} e 10×10^{-3} torr.

In una lampada convenzionale tale valore si ottiene limitando il valore della potenza della stessa in modo che la temperatura delle pareti, in condizione di regime ed in normali condizioni ambientali, raggiunga il valore di circa 40-45 °C.

Quando la lampada opera a livelli di potenza maggiori, il valore di tale temperatura aumenta e di conseguenza il valore della pressione dei vapori di mercurio

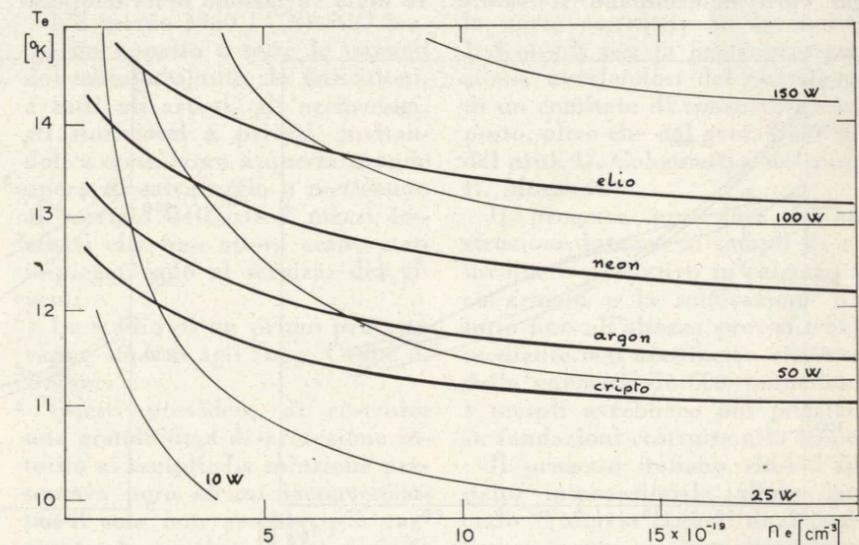


Fig. 2 - Relazione tra densità e temperatura degli elettroni e la radiazione ultravioletta prodotta in una lampada T 12 48", contenente gas rari alla pressione di 1 torr e vapori di mercurio alla pressione di 6×10^{-3} torr.

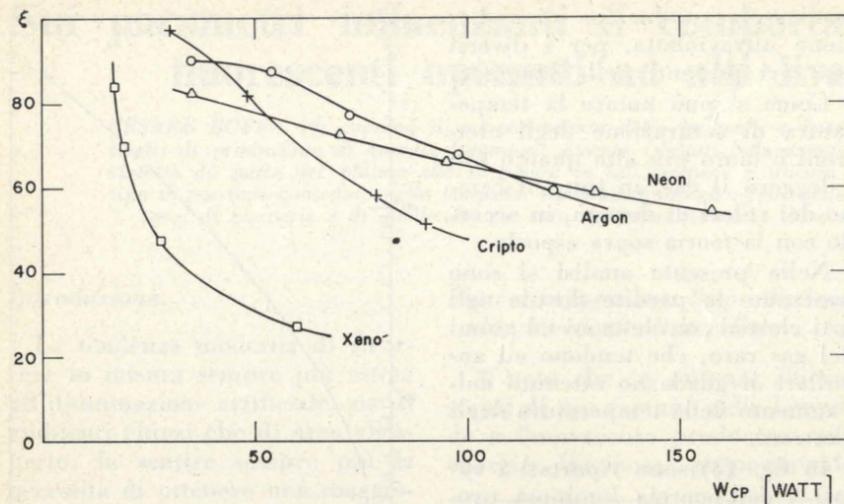


Fig. 3 - Produzione di energia luminosa riferita alla potenza nella colonna positiva, per una lampada del tipo T 12 48", contenente vari gas rari alla pressione di 2 torr.

sale al di sopra del valore ottimo. È sufficiente però che anche una piccola zona della lampada sia mantenuta alla temperatura ottima, aumentandone lo scambio di calore con l'esterno o diminuendo il flusso di calore verso di essa dall'interno, affinché parte del mercurio si condensi in tale « punto freddo » [8, 9] e la pressione di vapore diminuisca di conseguenza.

Lampade utilizzanti tale accorgimento sono descritte in ref. (9).

Come accennato precedentemente il valore della pressione di mercurio influenza anche le condizioni di avviamento delle lampade a fluorescenza. Più precisamente la relazione tra la pressione del mercurio e quella del gas raro determinano il valore

della differenza di potenziale necessaria ad iniziare sia la scarica luminescente che il regime d'arco, caratteristico delle condizioni operative normali delle lampade a fluorescenza [10].

Il fig. 4 è rappresentata la relazione tra la differenza di potenziale necessaria ad iniziare la scarica luminescente e la temperatura ambiente e quindi la pressione dei vapori di mercurio.

L'aumento del potenziale necessario ad iniziare la scarica luminescente, che si riscontra al diminuire della pressione dei vapori di mercurio, è dovuto essenzialmente alla diminuzione del numero di atomi di mercurio ionizzabili.

In fig. 5 è rappresentato l'effetto della variazione della tempera-

tura ambiente sul potenziale necessario ad iniziare il regime d'arco.

Si nota come, nell'intervallo compreso tra 35 e 0 °C la diminuzione della pressione dei vapori di mercurio causi un aumento del potenziale nel caso della lampada contenente gas raro ad una pressione di 3 torr mentre si verifica il fenomeno opposto nel caso la pressione del gas raro sia di 1 torr.

Nel primo caso l'effetto principale della diminuzione della concentrazione degli atomi di mercurio è una riduzione delle collisioni ionizzanti con gli atomi di mercurio stessi, tale che una maggior percentuale degli atomi del gas raro deve essere ionizzata perché si raggiunga il necessario stato di ionizzazione finale della lampada.

Il confronto dei risultati ottenuti con lampade contenenti solo argon oppure una miscela di argon ed elio conferma questa spiegazione. Infatti le prime mostrano un aumento del potenziale al decrescere della pressione di mercurio meno rapido di quello caratteristico delle lampade contenenti una miscela di argon ed elio, il cui potenziale di ionizzazione è di 24,6 volt mentre quello dell'argon è di 15,8 volt.

Nel caso della lampada contenente gas raro alla pressione di 1 torr la conseguenza principale della diminuzione della concentrazione degli atomi di mercurio è un aumento del cammino libero

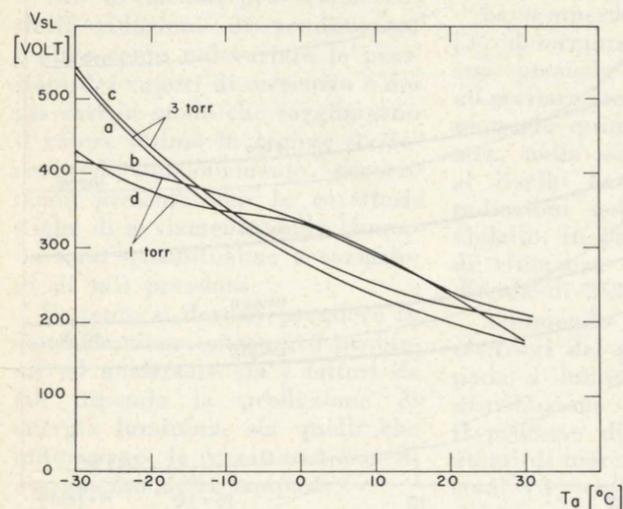


Fig. 4 - Differenza di potenziale necessaria ad iniziare la scarica luminescente per una lampada 72 T 12 contenente 100/100 di argon (linee a, b) oppure una miscela di 85/100 argon e 15/100 elio (linee c, d).

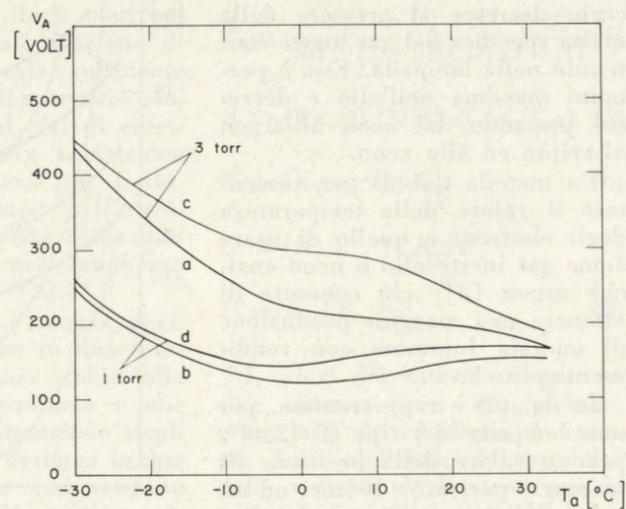


Fig. 5 - Differenza di potenziale necessaria ad iniziare il regime d'arco a caratteristica negativa, per una lampada 72 T 12 contenente 100/100 di argon (linee a, b) oppure una miscela di 85/100 argon e 15/100 elio (linee c, d).

medio per le collisioni elettroniche con atomi di mercurio e quindi un aumento del numero totale di collisioni ionizzanti, con conseguente riduzione del potenziale necessario ad iniziare il regime d'arco.

Nell'intervallo di temperatura compreso tra 0 e -30 °C l'ulteriore diminuzione nella concentrazione degli atomi di mercurio richiede un aumento di potenziale per tutti due i tipi di lampade esaminate, a causa della necessaria ionizzazione degli atomi del gas raro in luogo degli atomi di mercurio.

Conclusioni.

L'andamento della produzione di energia luminosa per unità di lunghezza di una lampada a fluorescenza comporta una riduzione

di rendimento che può essere minima ricorrendo all'uso di gas rari leggeri.

La pressione dei vapori di mercurio deve essere mantenuta a valori convenientemente bassi anche quando la lampada opera ad alti valori di potenza e ciò è ottenibile grazie alla creazione di un punto cosiddetto punto freddo.

Infine si è visto come la pressione dei vapori di mercurio e quella del gas raro contenuto nella lampada influenzino grandemente le caratteristiche di avviamento delle lampade a fluorescenza e debba essere dedicata alla loro scelta estrema cura, soprattutto in relazione alle condizioni ambientali in cui tali lampade devono operare.

Cesare Boffa

BIBLIOGRAFIA

- [1] PFENDER E., *Lectures on Thermodynamic of High Temperature Gases*, Heat Transfer Division, University of Minnesota (1967).
- [2] CODEGONE C., *Problemi di Illuminazione*, Ed. V. Giorgio, Torino (1950).
- [3] WAYMOUTH J. F., BITTER F., in *Journ. of Appl. Phys.*, 27, 122 (1956).
- [4] KENTY C., *Journ. of Appl. Phys.*, 21, 1309 (1950).
- [5] HOLSTEIN T., *Phys. Rev.*, 83, 1159 (1951).
- [6] HOLSTEIN T., ALPERT D., McCUBREY A. O., *Phys. Rev.*, 85, 985 (1952).
- [7] OSKAM H. J., *Lectures on Plasma Physics*, Electrical Engineering Dept. University of Minnesota (1968).
- [8] WAYMOUTH J. F., BITTER F., LOWRY E. F., *Illum. Eng.*, 52, 257 (1957).
- [9] GUNGLE W. C., WAYMOUTH J. F., HOMER H. H., *Illum. Eng.*, 52, 262 (1957).
- [10] HEFFERNAN J. C., *Illum. Eng.*, 58, 731 (1963).

IL SALVATAGGIO DEI TEMPLI DI ABU SIMBEL

FRANCESCO PENNACCHIONI fornisce indicazioni sui lavori esecutivi più significativi per il salvataggio dei templi egiziani di Abu Simbel in occasione dello sbarramento del Nilo con la celebre diga di Assuan. La relazione è stata oggetto di una conferenza in Società.

I due templi di Abu Simbel (Grande e Piccolo Tempio) sono tra i più suggestivi e meglio conservati monumenti dell'epoca faraonica. Furono fatti erigere da Ramsete II con ogni probabilità verso l'anno 1260 a. C.

Il Grande Tempio è scavato in una collina che domina la sponda sinistra del Nilo. La sua facciata è adornata da quattro statue alte 20 metri, che rappresentano Ramsete. Il tempio si sviluppa all'interno della collina con statue gigantesche del faraone, bassorilievi e decorazioni raffiguranti le sue gesta, la sua famiglia e le vicende del suo regno. In fondo alla nicchia vi sono tre divinità: Ptah, Amon, Re-Horakti e lo stesso faraone. Due volte all'anno, in marzo e in settembre, il sole del mattino si spinge fino ad illuminare le quattro divinità.

A nord del Grande Tempio fu ricavato il Piccolo Tempio, dedicato alla regina Nefertari.

Dopo il regno di Ramsete lo splendore e la grandezza dell'Egitto andarono declinando. I templi furono abbandonati e solo nel 1813 J. L. Burkhart li riscoprì. Nel 1817 l'italiano Bolzoni li disinquinò completamente.

Il decreto del Governo egiziano che prevedeva la costruzione della grande diga di Assuan (più propriamente diga di Sadd El Aali) e la formazione del lago Nasser, rimetteva in pericolo i due monumenti che sarebbero stati sommersi dall'invaso che si sarebbe creato. La costruzione della diga di Assuan è stata iniziata nel 1960; l'invaso sarà completato entro il 1970.

L'8 marzo 1960 l'UNESCO lanciò un appello a tutte le nazioni del mondo, a tutte le Istituzioni, a tutti gli artisti, gli archeologi, gli storici ed a privati, invitandoli a concorrere a questa grande opera di salvataggio e mettersero al servizio dell'arte i mezzi immensi che fino allora erano stati impiegati solo al servizio dei viventi.

Lo studio di un primo progetto venne affidato agli Ingg. Coyne & Bellier.

Questi prevedono di costruire una grande diga di protezione intorno ai templi. La soluzione presentava però alcuni inconvenienti: il sole non avrebbe più raggiunto la nicchia delle divinità e sarebbe stato inoltre necessario prosciugare continuamente le ac-

que di filtrazione tra la diga e i templi.

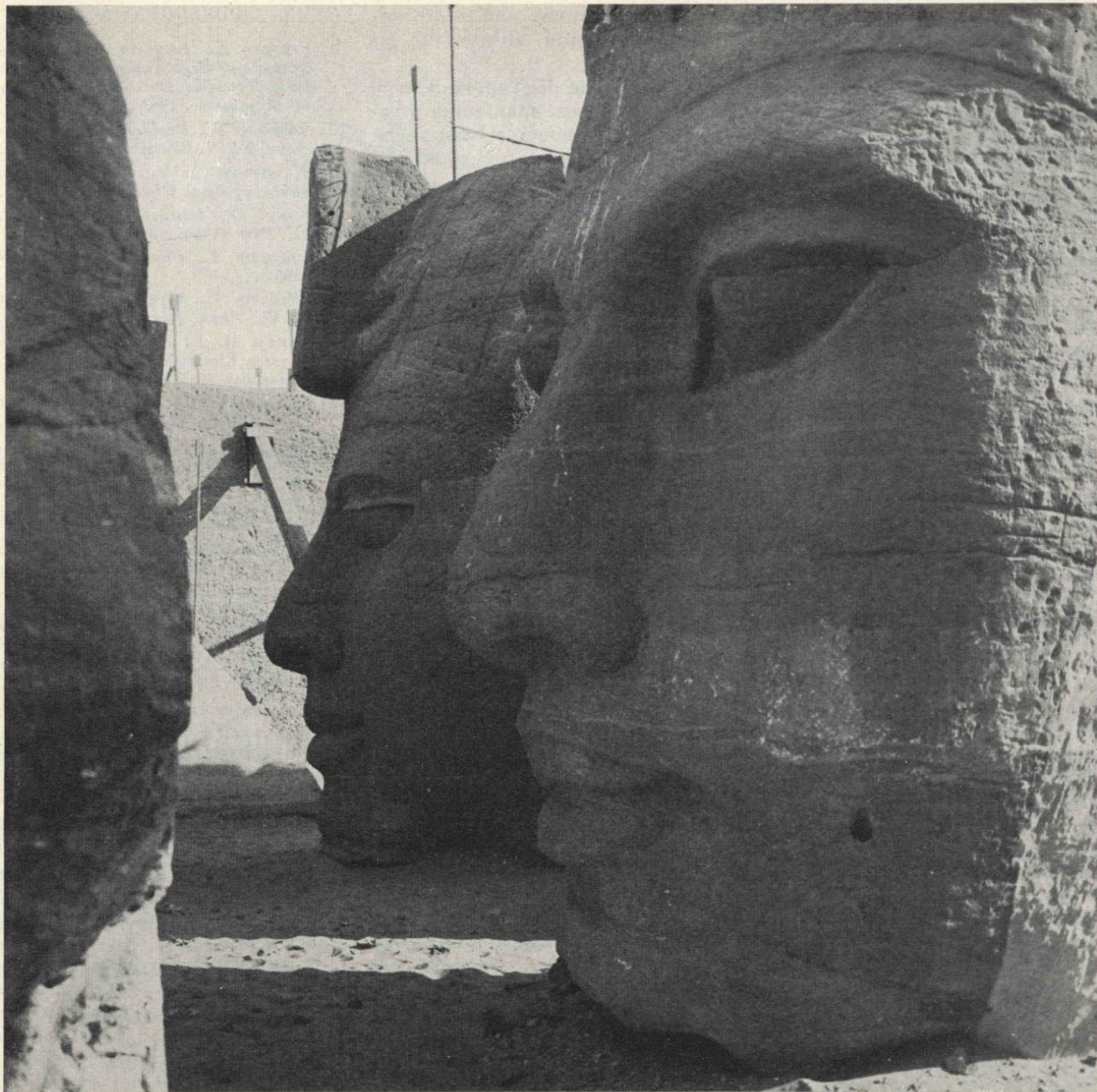
Per ovviare a questi inconvenienti l'architetto e archeologo italiano prof. Gazzola, ideò un sistema che avrebbe mantenute intatte le strutture del tempio e permesso al sole il consueto appuntamento.

Il progetto presentato all'UNESCO fu elaborato dalle imprese italiane Lodigiani e Impresit per la parte costruttiva e la società Italconsult per la parte progettazione, avvalendosi del contributo di un comitato di consulenti composto, oltre che dal prof. Gazzola, dal prof. G. Colonnetti e dal prof. R. Morandi.

Il progetto prevedeva la costruzione intorno ai templi di un involucro protettivo in calcestruzzo armato e la sollevazione del tutto fino all'altezza preventivata, mediante 600 martinetti, ciascuno della capacità di 500 tonnellate. I templi avrebbero poi poggiano su fondazioni costruite allo scopo.

Il progetto italiano vinse l'appalto internazionale allora lanciato. Tuttavia ragioni finanziarie non ne permisero la realizzazione.

Fu prescelto invece un secondo progetto presentato dallo studio



svedese Vättembygguadsbyn che prevedeva il taglio dei templi in blocchi da portare a quota sicura e, quindi, la fedele ricostruzione con gli orientamenti originali.

Il contratto per l'esecuzione dei lavori civili per il salvataggio venne affidato alla «Joint Venture Abu Simbel» e i lavori furono iniziati nella primavera del 1964.

Costituirono la Joint Venture la Hochtief di Essen che si sarebbe occupata della direzione generale, officine, servizi, contabilità e della costruzione del cofferdam; la Grands Travaux de Marseille, di Parigi, a cui sarebbero stati affi-

dati la viabilità, parte della demolizione e della rierezione e la centinatura dei soffitti; la Sentab e Skanska Cementgiutemberg di Stoccolma, che avrebbe tenuto la amministrazione, curato il controllo dei costi e l'ufficio tecnico; la Atlas del Cairo, che si sarebbe interessata al villaggio e ai servizi; la Impregilo di Milano che avrebbe curato le operazioni topografiche, lo smontaggio e la rierezione dei templi e la costruzione della collina artificiale.

La Joint Venture si trovò a dover affrontare subito due grossi problemi: la immediata costru-

zione di un cofferdam di protezione contro la rapida crescita del livello dell'invaso e il trasporto dei materiali al cantiere che doveva sorgere a 300 km. a sud di Assuan.

Infatti, i macchinari e i materiali arrivarono via mare ad Alessandria, proseguivano con battelli fluviali di servizio regolare fino ad Assuan.

La Joint Venture dovette procurarsi natanti, chiatte e rimorchiatori, oltre a due speciali battelli di fabbricazione europea, adatti al trasporto e alla conservazione delle provviste necessarie al cantiere. Furono inoltre acqui-

stati due aeroplani capaci ciascuno di quattro passeggeri per il trasporto rapido di personale e merce leggera. Fu costruita una pista di atterraggio lunga 700 metri.

Fu anche necessario costruire un villaggio per il personale europeo e locale tenendo conto delle particolari caratteristiche meteorologiche e geografiche del luogo.

Condizioni meteorologiche:

Temperatura dell'aria	1965	1966	1967
Media	28 °C	29 °C	26 °C
Massima	50,5 °C	47 °C	47 °C
Minima	6 °C	5 °C	4 °C
Umidità relat.	23%	26%	31%

Pressione atmosferica: variabile da 740 a 750 mm.

Vento: direzione N-NE, velocità max. 47 nodi = 88 km/h

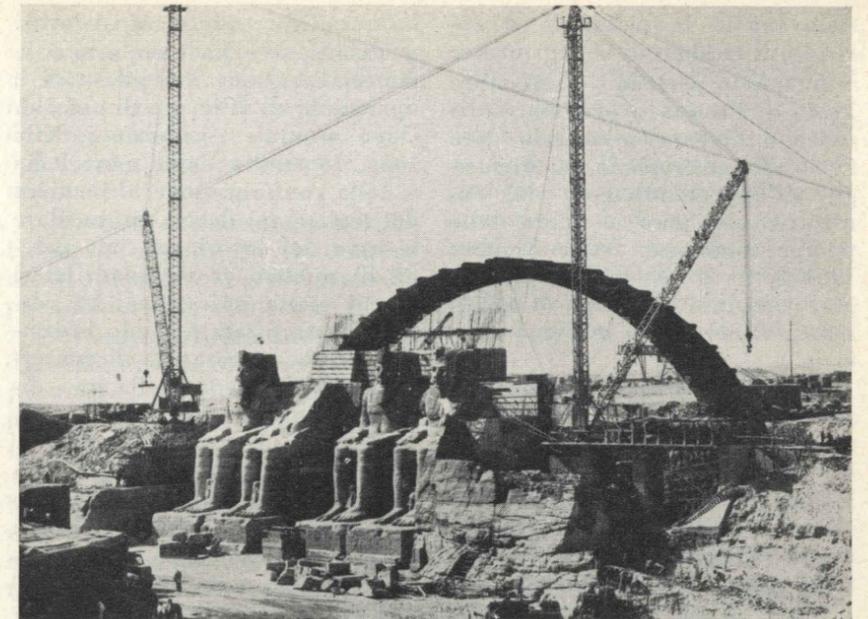
Pioggie: meno di 1 mm. per anno.

Nel villaggio potevano abitare 54 famiglie europee e 111 persone senza famiglia, 60 famiglie locali e 2000 operai senza famiglia. Furono costruiti un ospedale capace di 32 posti letto, un club, una piscina, negozi e impianti sportivi.

L'impianto per l'acqua potabile e industriale pompava acqua dal Nilo per mezzo di tre pompe da 60 mc/h ciascuna. L'acqua veniva trasportata in una tubazione di 6" fino all'impianto di purificazione. Questo si componeva di tre vasche di 20 x 6 x 1,5 metri per la mescolazione, flocculazione e sedimentazione. L'acqua passava quindi in una piccola vasca e poi ai filtri a pressione per l'ultima purificazione e deodorazione. Per evitare sovrappressioni e per costituire una riserva, venne costruita nella colonna una cisterna e l'acqua che tracimava da questa venne usata per il ricambio nella piscina.

La produzione di energia elettrica è affidata a sei generatori tipo Polymer Man da 300 KWA ciascuno.

Il ritardo nell'appalto dei lavori aveva estremamente ridotto il tempo a disposizione per l'esecuzione della prima fase dei lavori. L'acqua del Nilo avrebbe raggiunto la quota 125 e quindi inondato i templi nell'aprile 1964. Il pericolo fu ovviato con la costruzione di un cofferdam di protezione dalle acque.



Il cofferdam, a sezione trapeziforme, è costituito da un corpo di sabbia fino alla quota 122 e da un rivestimento sovrastante fino all'altezza del coronamento. Il diaframma di tenuta era costituito da due serie di palancole metalliche, la prima delle quali è infissa nel fiume fino a incontrare gli strati impermeabili di roccia a una profondità di circa 12 metri, e la seconda collegata alla prima da un cordolo di cemento armato posto a quota 122,5 che ha raggiunto quota 134,5, mezzo metro sotto la quota massima di coronamento. Le palancole impiegate erano del tipo Larssen V per la parte più profonda e tipo Larssen III per la parte al di sopra del cordolo.

Il cofferdam è stato dotato di un accurato sistema drenante. Il complesso dei dreni è stato interrotto da un sistema di pompe sommerse disposte ad asse parallelo rispetto a quello della diga ad una profondità media di 10 metri. Le acque, assieme a quelle provenienti sia dai tunnel che dai filtri, venivano convogliate ad una stazione di pompaggio generale, quindi, attraverso pompe di più grossa portata, venivano scaricate nel Nilo.

I lavori di costruzione e completamento del cofferdam vennero iniziati nel maggio 1964 e ultimati nel febbraio successivo. Prima di essi si era proceduto alla

costruzione della strada di collegamento alla cava e contemporaneamente fu eseguito il completo rilievo del fondo del Nilo interessato dal cofferdam.

La strada di collegamento, lunga 800 metri e larga 6, è stata realizzata con la compattazione della miscela umida di materiali sabbiosi e limo. I materiali occorrenti per la costruzione del cofferdam sono stati forniti da una serie di cave di sabbia e rockfill. I materiali per filtri e calcestruzzi sono stati ottenuti vagliando depositi alluvionali.

Le cave avevano la seguente attrezzatura meccanica: nella cava rockfill operavano tre compressori Atlas-Copco PR600 da 17 mc/min., che fornivano aria a quattro wagon-drills e a 12 martelli pneumatici, tre bulldozers, sei Dumpers Henschel HS34 da 10 mc, due escavatori Demag BL 323 da 2 mc; nella cava di sabbia operavano due bulldozers Cat. D7, due pale Cat. 977 e tre Dumpers Henschel HS34 da 10 mc.

I lavori preliminari si sono svolti nel modo seguente: prima di tutto si è proceduto alla stesura di un corpo di sabbia per tutta la lunghezza delle fondazioni e quindi si è passati al rivestimento e alla copertura con rockfill a quota 123.

Gran parte di questa prima fase è stata eseguita scaricando direttamente i materiali nell'acqua del fiume. Successivamente si

sono infisse le palancole e costruito il cordolo di collegamento.

In questo periodo — settembre 1964 — l'acqua aveva ripreso a salire e divenne necessario dare avvio alla costruzione dei drenaggi, all'approfondimento dei cunicoli e alla posa in opera delle pompe sommerse. Nel novembre 1964 tutto il sistema di drenaggio, comprese le pompe di aggotamento, entravano in pieno esercizio.

Era indispensabile che tutte le aree interessate dai lavori venissero coperte da una rete di coordinate che ne garantissero il collegamento, essenziale per il buon risultato di tutti i lavori, per la ricostruzione dei templi e di tutte le opere ad essi connesse.

L'operazione di triangolazione

ha quindi preceduto tutti i lavori nel cantiere e ha comportato la materializzazione dei pilastri e operazioni di rilievo e di calcolo. Dopo accurate ricognizioni della zona, lo studio della morfologia e della conformazione altimetrica del terreno, si decise di vincolare le aree dei lavori con una catena di quattro grossi quadrilateri la cui esatta ubicazione dei vertici è stata fissata tenendo in considerazione la garanzia di conservazione, lontananza delle zone direttamente interessate ai lavori, facile accesso.

La cartografia necessaria è stata realizzata con l'adozione di due tipi di carte con equidistanza di un metro tra le curve di dislivello: il primo tipo in scala 1/200 per i lavori di dettaglio e il se-

condo in scala 1/500 per i lavori di massima.

Servendosi di poligonali tacheometriche collegate ai pilastri della triangolazione fondamentale, si è coperta tutta l'area interessata ai rilievi con nuovi capisaldi, il cui raggio utilizzabile non era mai superiore a 80 metri.

Complessivamente sono stati rilevati 210.000 punti e circa 700 mila mq di terreno, con una densità media di 0,3 punti/mq.

I rilievi architettonici sono costituiti essenzialmente da piante e sezioni delle camere e delle facciate con una gran quantità di particolari: una volta materializzato l'asse dei templi con una serie di punti fissi, da questi si sono diramate le poligonali di collegamento delle varie camere. È seguita quindi la materializzazione delle linee di base e di quelle delle sezioni. Dai punti fissi si è proceduto al rilievo di dettaglio. Questi secondi punti venivano fissati sopra un pezzo di garza precedentemente incollato al corpo da rilevare in modo che, una volta tagliato ogni singolo blocco, esso avesse dai tre a quattro riferimenti fissi i quali a loro volta venivano contrassegnati per la loro facile individuazione. In ultima analisi, sono stati applicati tutti i sistemi e i metodi di rilievo che la topografia operativa consente.

Questi lavori sono durati complessivamente otto mesi. La produzione totale è stata di 500.000 punti.

Completati i rilievi furono predisposti i relativi disegni in scala 1/20 i quali costituiscono ora la più fedele e completa documentazione dei templi di Abu Simbel. Alla fine dei lavori, questi disegni sono stati affidati al Centro di Documentazione dei Monumenti dell'Antico Egitto.

Sulla base di questi disegni si sono determinati i tagli da eseguire. Si decise innanzitutto di mantenere integri i profili delle figure. I blocchi furono divisi in tre categorie: Blocchi Templi - provenienti direttamente dalle strutture e dalle facciate di questi; Blocchi A - provenienti dalla cornice rocciosa; Blocchi B e BC - provenienti da aree non immediatamente adiacenti ai templi e dalle cave.

Blocchi Templi: in ognuno di questi blocchi vennero fissati tre segnali per le letture angolari e altimetriche in modo che, una volta rimosso, ogni blocco avesse le tre coordinate XYZ indispensabili per la ricostruzione.

Giornalmente, dopo i rilievi sul posto, venivano calcolate in ufficio le coordinate XYZ.

Finiti tutti i rilievi, il blocco veniva trasportato nell'area di stoccaggio e veniva preparata una sua particolare « cartella clinica ».

Blocchi tipo A: per questo tipo di blocchi il rilievo era prevalentemente tacheometrico in modo da creare una documentazione numerica attraverso la quale formare disegni speciali da utilizzare per la ricostruzione. Anche di questi blocchi venivano rilevati gli elementi più importanti, forma, dimensioni, linee di taglio e spigoli sui quali venivano poi materializzati con la vernice punti per la rilevazione delle coordinate.

Blocchi tipo B e BC: non interessando il particolare di ogni singola unità, si è rilevata l'intera area anziché il singolo blocco. Anche in fase di ricostruzione questo tipo non ha richiesto elevata precisione.

La roccia di Abu Simbel è una arenaria dalle seguenti caratteristiche:

- a) resistenza a compressione:
 - arenaria sana:
 - perpendicolare alla stratificazione 60÷200 kg/cmq;
 - parallela alla stratificazione: 40÷120 kg/cmq;
 - arenaria saturata:
 - resistenza minima: 10 kg/cmq;
 - dopo iniezione di materiali plastici, circa 50 kg/cmq;
- b) resistenza alla flessione: 4÷12 kg/cmq;
- c) resistenza al taglio: 4÷15 kg/cmq;
- d) modulo di elasticità:
 - perpendicolare alla stratificazione 40.000÷100.000 kg/cmq;
 - parallelo alla stratificazione 50.000÷150.000 kg/cmq.

La roccia appare quindi piuttosto cattiva, con possibilità di fessurazione dei blocchi tagliati per la tensione del rilascio.

Furono prese tutte le precauzioni per effettuare sia lo scavo di sbancamento, che il taglio dei blocchi, senza produrre lesioni e danneggiamenti.

Lo scavo ebbe la seguente successione:

a) scavo di sbancamento sopra i templi, eseguito con bulldozers muniti di ripper e grossi martelli pneumatici (130.000 mc);

b) scavo delicato fino a 0,8 m dal soffitto, eseguito con martelli pneumatici di tipo leggero, del peso di circa nove chilogrammi (22.000 mc);

c) separazione dei soffitti dalle pareti e parziale smantellamento con seghe elettriche a catena tipo Novello e seghe a mano tipo Sandvick;

d) scavo delicato di trincee dietro le pareti, seghe elettriche e martelli pneumatici (4100 mc);

e) smantellamento soffitti e pareti.

Durante questi lavori le facciate sono state protette con un riempimento di sabbia. Un tunnel metallico permetteva l'accesso ai templi.

Per rendere possibile il taglio e la ricostruzione dei soffitti, è stato necessario usare 280 tonnellate di puntelli di acciaio messi in compressione con martinetti iniettati con boiaccia di cemento. Tra i blocchi e i puntelli erano state poste protezioni di gomma-piuma e legno.

Il taglio dei blocchi è avvenuto mediante seghe a catena e, per le parti decorate, con seghe a mano.

I blocchi tagliati (dimensioni da 5 a 10 mc) venivano sollevati da derricks aventi capacità di 20 e 30 tonnellate e bracci da 40÷20 metri. Ganci in acciaio venivano fissati ai blocchi mediante malta cementizia e con resina epossidica. Gli spigoli dei blocchi erano protetti per evitare danni durante il trasporto al deposito.

I derricks posavano i blocchi su speciali low loaders che trasportavano il materiale al deposito dove una gru a ponte li posava nel posto loro assegnato.

Nel deposito i blocchi venivano ancorati e protetti adeguatamente.

Furono smantellati in totale (compresa anche la roccia formante la cornice dei templi) 8834

blocchi di arenaria, di cui 1041 propri dei due templi.

Di questi ultimi 886 dovettero essere rinforzati a causa del cattivo stato della roccia di cui erano formati. Il rinforzo venne effettuato con barre di acciaio del diametro di 6÷32 mm e con iniezioni di resine epossidiche.

Le operazioni di questo genere furono più del doppio di quelle che si erano previste nel contratto.

La ricostruzione dei templi richiedeva un esatto rilevamento delle zone in cui si doveva effettuare la ricostruzione e successivamente la costruzione alle spalle dei due monumenti delle cupole di supporto per le colline artificiali.

I templi sono stati traslati delle seguenti quantità: X + 132,980; Y + 160; Z + 65 per il Gran Tempio, e Z + 67 per il Piccolo Tempio.

Per ovviare al dubbio di un eventuale non parallelismo fra i nuovi e i vecchi assi, furono eseguite operazioni di controllo tra i corrispondenti punti dei nuovi e dei vecchi assi, riferendoli ad un punto fisso. Le misure, eseguite cinque volte da due operatori lontani e collegati con la radio, diedero valori sempre uguali.

Oltre ad avere la certezza del perfetto posizionamento degli assi dei templi (confermato d'altronde quando il sole illuminò la parete ovest della camera del santuario nel giorno e nell'ora stabiliti) si è anche avuta la conferma della bontà dei dati provenienti dalla triangolazione fondamentale.

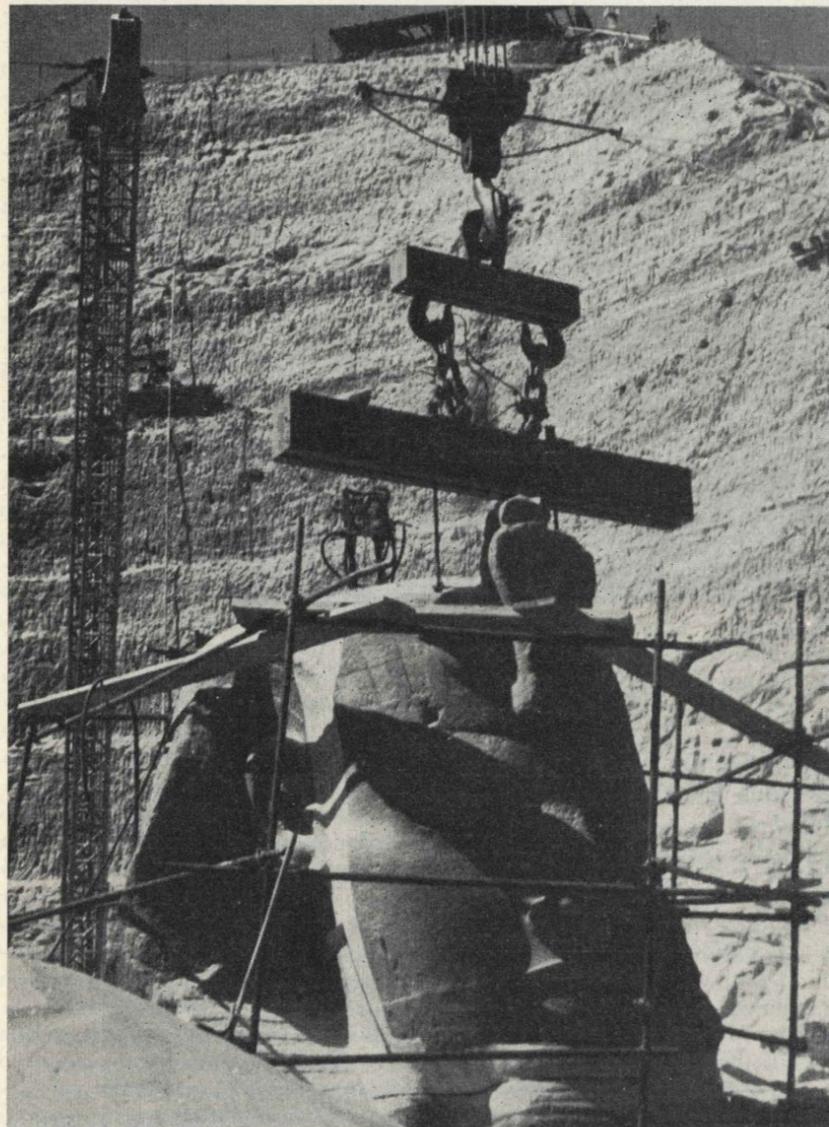
Ha avuto quindi inizio il lavoro di ricostruzione.

Prima che il blocco fosse messo in posizione per un primo controllo venivano preparate le direzioni da verificarsi sopra i punti fissi; per successivi tentativi si portavano quindi i tre punti fissi nella posizione spaziale richiesta dalle tre coordinate.

Le due cupole in cemento armato erano necessarie per sostenere il materiale formante le colline artificiali.

Sono state appositamente preparate due centine reticolari metalliche con elementi a sezione trapezoidale.

Ogni centina venne messa in





Carpenteria per fondazioni	4.500 mq
Carpenteria per cupole	11.500 mq
Totale calcestruzzo gettato	10.500 mc
Armatura metallica	692 tonn

La costruzione della collina in strati compatti dello spessore di un metro, ha proceduto parallelamente alla rierezione dei templi.

Per il Piccolo Tempio fu possibile, grazie alla costruzione di una rampa di accesso laterale, terminare la collina contemporaneamente alla rierezione dei blocchi. Per il Grande Tempio fu necessario costruire una strada che portasse al vertice e, quindi, a ricostruzione compiuta, si è dovuto procedere a ritroso e cancellare la strada per terminare i lavori di finitura e modellamento.

Bisognava ora restaurare l'aspetto primitivo dei monumenti cancellando le linee di taglio dei 1041 blocchi.

Un gruppo di venti specialisti locali ha provveduto al riempimento dei punti tra i blocchi della zona A e un altro gruppo di venticinque specialisti, sempre locali, ha eseguito il riempimento dei giunti tra tutti i blocchi del gruppo B e BC.

A causa della grande luminosità e quindi del pericolo di falsare i colori, il lavoro all'esterno si è svolto solo nelle prime ore del mattino e nel tardo pomeriggio.

Questo lavoro è stato iniziato nel luglio 1967 e completato nel settembre 1968, con un totale di 90.000 ore lavorative.

Come si è visto, un'opera grandiosa, straordinaria, è stata compiuta anche, e forse soprattutto, grazie al lavoro degli italiani. Il nostro lavoro si è fatto onore, si è messo in luce, l'inventiva dei nostri esperti si è affermata.

Ma c'è qualcosa al di là e al di sopra dei rapporti materiali che si possono mobilitare con campagne come quella lanciata dall'UNESCO: il vero valore è lo spirito di solidarietà internazionale che è prevalso e che è stato determinante di fronte al pericolo di perdere per sempre un'opera di così grande importanza.

Francesco Pennacchioni

posizione per mezzo di martinetti idraulici, quindi è stata posata la cassetta di fondo preparata con pannelli metallici prefabbricati: così il primo arco cilindrico venne gettato.

Dopo quindici giorni, scaricando i martinetti, venne liberata la struttura che venne fatta scorrere per mezzo di martinetti di trazione su una rotaia e messa in posizione per il successivo arco della parte cilindrica (massimo calaggio della centina 16 cm; massima traslazione 5 m).

Per la parte sferica è stata usata la medesima centina, divisa in due parti, e lo stesso principio, mantenendo però fissa l'estremità superiore.

Tutti gli archi intermedi sono stati gettati per mezzo di cassette sospese.

A causa dell'elevata temperatura dell'aria, gli inerti sono stati raffreddati prima dell'impasto con il calcestruzzo tramite un sistema a circolazione d'acqua. Per evitare inoltre danni durante il processo di presa dei calcestruzzi, è stato installato un impianto di raffreddamento e più di 4400 m di tubazioni a circolazione di acqua fredda sono stati immersi nelle diverse sezioni della cupola.

Quantità relative alla costruzione della cupola:

Scavi per fondazioni (roccia)	8.000 mc
-------------------------------	----------

P R O B L E M I

Problemi dell'automobile elettrica

GIAMPIERO BRUSAGLINO nella conferenza del 27 maggio 1969, ha prospettato questioni relative alla trazione elettrica nei veicoli automobilistici. L'argomentazione ha suscitato particolare interesse.

La vettura elettrica ha fatto più volte parlare di sé in diversi frangenti della storia dell'automobile.

Alla fine dello scorso secolo l'auto elettrica fu alla ribalta per i suoi pregi di semplicità e affidabilità di funzionamento superiori a quelli allora ottenibili dal motore a benzina.

Durante l'ultima guerra i veicoli elettrici trovarono impiego per la difficoltà di approvvigionamento di carburanti.

In quella circostanza la FIAT realizzò alcune trasformazioni di veicoli convenzionali in veicoli elettrici con accumulatori al piombo. Sono da ricordare la Topolino, la 1500 ed alcuni tipi di autocarri.

Da qualche tempo si riparla di veicoli elettrici come uno dei mezzi per risolvere i problemi che si stanno ponendo nei grossi agglomerati urbani ed inoltre per gli indubbi vantaggi che la trazione elettrica può offrire rispetto ai mezzi tradizionali.

I problemi delle aree urbane vanno affrontati con adeguata lungimiranza; la loro soluzione non deve essere vista soltanto in funzione delle immediate esigenze contingenti, ma deve rientrare in un inquadramento più vasto correlato con le prevedibili necessità future di trasporto di persone e di merci.

Tra i problemi immediati da risolvere per le aree urbane stanno in primo piano la necessità di ridurre il tasso di inquinamento atmosferico e la rumorosità.

E problemi di questa importanza potrebbero di per sé essere sufficienti ad incoraggiare lo sviluppo dei veicoli elettrici.

Ma, andando un po' più avanti nel tempo, una veduta più ampia e avveniristica dei problemi della circolazione urbana propone un inquadramento organico e razionale dei mezzi di trasporto, tra i quali i veicoli elettrici pos-

sono trovare una loro ragione di essere.

Si pensi ad esempio alla eventuale necessità di precludere ai veicoli convenzionali la circolazione in determinate aree urbane, quali centri storici, centri direzionali, zone verdi, per ragioni di inquinamento, di rumorosità o di traffico.

Si può pensare in questi casi ad esempio ad una organizzazione di piccoli veicoli elettrici preposta al trasporto di persone e di merci, che possono essere messi a disposizione del pubblico con sistemi di noleggio automatico.

Sempre nell'ambito delle necessità future sussiste il problema di ricercare nuove sorgenti di energia in alternativa a quella degli idrocarburi, che non sono inesauribili.

I veicoli elettrici possono risolvere il problema utilizzando l'energia prodotta da centrali nucleari.

Altre ragioni di riproporre la trazione elettrica automobilistica sono inoltre rappresentate dalla possibilità di realizzare veicoli di più agile guida nel traffico urbano e di modeste necessità di manutenzione.

È stata elencata una serie di vantaggi a favore della vettura elettrica; esiste però il ben noto rovescio della medaglia, che è costituito dai limiti delle sorgenti di energia. In questi limiti risiede praticamente l'unica ragione per cui i veicoli elettrici non hanno trovato finora applicazione al di fuori di limitati settori di impiego, quali veicoli per servizi pubblici urbani, veicoli per consegna di merci a domicilio (particolarmente in Inghilterra), piccoli veicoli per spostamenti o trasporti in aree circoscritte (aerporti, officine, parchi), carrelli trasportatori, elevatori, golf-carts, treni locali (come si usano in Germania), ecc.

SORGENTI DI ENERGIA

Affronterò come primo il punto fondamentale della questione, quello delle sorgenti di energia, senza pretendere di esaurire l'argomento, che meriterebbe per la verità un'approfondita trattazione a parte.

Darò una succinta panoramica delle sorgenti di energia, soffermandomi particolarmente sulle loro possibilità applicative e sulle prospettive che si intravedono per il loro sviluppo futuro.

Nello studio di impostazione generale di un veicolo elettrico, occorre considerare alcune caratteristiche base della sorgente di energia:

Sotto il profilo prestazioni del veicolo interessano:

- l'energia specifica;
- la potenza specifica;
- il tempo per la ricarica o, più in generale, per il rifornimento di energia.

Sotto il profilo economico interessano:

- la durata (che nel caso di un accumulatore si esprime in cicli);
- il costo iniziale;
- il costo di manutenzione.

I primi due parametri, energia e potenza specifica, sono quelli che condizionano direttamente autonomia, velocità e accelerazione del veicolo.

Per alcune categorie di veicoli le prestazioni richieste possono essere limitate al punto di rendere sufficienti le convenzionali batterie al piombo. È il caso di veicoli per spostamenti in aree circoscritte, come ad esempio l'interno di stabilimenti.

Per altri veicoli il peso delle sorgenti di energia può non costituire un problema ed essere addirittura desiderato per ragioni di aderenza, come nel caso dei carrelli elevatori e dei treni.

La vettura elettrica invece si presenta come molto esigente sotto questi aspetti.

Anzi, proprio nella misura in cui possono essere raggiunte queste caratteristiche delle sorgenti di energia, che condizionano le prestazioni, si possono definire diversi settori di impiego dell'automobile elettrica.

È chiaro infatti che una sorgente di energia in grado di assicurare un'autonomia di alcune centinaia di chilometri ad una velocità superiore ai 100 km/h potrebbe far pensare alla vettura elettrica per uso non solo urbano. Ma anche solo considerando l'impiego urbano, è necessario che la vettura raggiunga un livello minimo di prestazioni per risultare «compatibile» con quelle convenzionali, ossia possa inserirsi nel traffico adeguandosi alle sue esigenze, senza scompensi. Viceversa pensando ad un'area urbana riservata a sole vetture elettriche, con un traffico non più imposto da vetture convenzionali, le esigenze di prestazioni possono venire ridimensionate e lasciare la priorità, ad esempio, a considerazioni di carattere economico.

Le sorgenti di energia elettrica autonome possono essere distinte in accumulatori, o batterie secondarie e generatori elettrochimici, o pile a combustibile, in base alla modalità di re-energizzazione, rispettivamente per via elettrica o per rifornimento di combustibile.

Accumulatori.

Fra i molti modi di presentare gli accumulatori, il più opportuno a questo punto, mi sembra quello di fare riferimento ai parametri fondamentali già considerati: energia e potenza specifica, per dare diretto rilievo alle possibilità applicative.

Gli accumulatori attualmente disponibili sono quelli convenzionali al piombo, quelli alcalini al Cd-Ni o Fe-Ni e quelli a base di argento, Ag-Zn e Ag-Cd, accumulatori cioè del tipo metallo-metallo, con elettrolito acquoso.

Come si nota dalla figura, gli accumulatori al piombo offrono ben poco come caratteristiche di energia specifica. Per dare una idea concreta delle prestazioni ottenibili da una vettura equipaggiata con batterie al piombo dirò che una vettura del peso totale di 1000 kg richiede per una autonomia di 50 km ad una velocità media di 50 km/h, circa 300 kg di batterie al piombo,

che corrispondono a una energia installata totale di circa 10 KWh.

Gli accumulatori alcalini equivalgono praticamente a quelli al piombo come valori di energia specifica; offrono però in media una più elevata potenza specifica, hanno maggiore durata e, con opportuni accorgimenti costruttivi, non richiedono manutenzione; sono per contro assai più costosi (3-4 volte tanto) in misura non proporzionale alla loro maggiore durata.

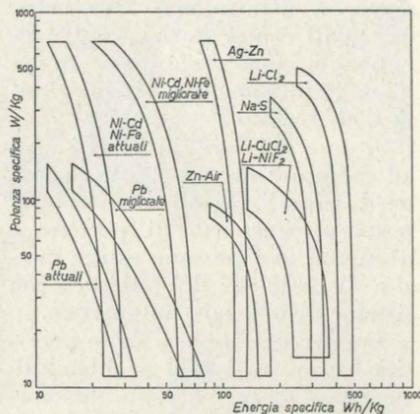


Fig. 1 - Energia e potenza specifica per i vari tipi di accumulatori.

Riguardo alla potenza specifica d'altra parte, le minori possibilità unitarie delle batterie al piombo, sono automaticamente compensate dalla necessità di prevedere un determinato peso per raggiungere una certa autonomia.

Pensando ai 300 kg considerati prima, una simile massa di batterie, di sia pur limitata potenza specifica, è in grado di erogare potenze totali rilevanti, sia in modo continuativo che in transitorio, al punto da rendere la vettura ampiamente compatibile nel traffico urbano, vale a dire con una velocità massima di 70 ÷ 80 km/h e con tempi di accelerazione da fermo a 50 km/h dell'ordine di 10 secondi.

Gli accumulatori a base di argento hanno buone caratteristiche; sono però da scartare a priori per il costo eccessivamente elevato, in relazione alla loro durata (sono prevedibili come massimo 500 cicli), pur tenendo conto del possibile recupero dell'argento; una produzione di grande serie, che potrebbe consentire una

riduzione dei costi, non è d'altra parte pensabile per la insufficiente disponibilità di argento.

L'impiego di queste batterie negli studi sulla trazione elettrica si può quindi solo concepire allo scopo di simulare possibili future sorgenti di energia di analoghe caratteristiche, ma naturalmente accessibili come costo.

Accennerò ora brevemente alle prospettive future sulla base delle ricerche che vengono sviluppate in più parti del mondo, particolarmente negli U.S.A.

Una prima strada percorribile è quella dell'affinamento delle batterie attualmente disponibili, al piombo e alcaline.

L'energia specifica della batteria al piombo negli ultimi venti anni è passata da 18 a 30 Wh/kg.

Siamo ancora lontani dal limite teorico di 166 Wh/kg. È chiaro che questo traguardo rimarrà sempre alquanto lontano, non potendo evitare di includere nell'accumulatore elementi teoricamente passivi, ma essenziali per l'utilizzazione pratica, intendo dire i separatori, i connettori, il contenitore; e non accettando d'altra parte di compromettere la durata, con la riduzione di consistenza di determinate parti vitali, quali ad esempio lo spessore delle piastre.

Comunque alcuni ricercatori parlano di concrete possibilità realizzative fino a valori di energia specifica dell'ordine di 70 ÷ 80 Wh/kg. (vedi figura 1).

Si ha già notizia di recenti progressi in Giappone con batterie da 55 Wh/kg.

Analogo affinamento può essere pensato per gli accumulatori alcalini, al Ni-Cd e Ni-Fe (vedi figura 1), per i quali la differenza fra i valori teorici e pratici dell'energia specifica è ancora più sensibile (rispettivamente 240 per la coppia Ni-Cd e 300 per la Ni-Fe, contro i 25 ÷ 35 Wh/kg attuali).

I maggiori sforzi di ricerca sono però rivolti allo studio di nuovi tipi di accumulatori, con i quali si conta di raggiungere prestazioni decisamente superiori.

Esistono diversi indirizzi di ricerca sviluppati particolarmente

negli U.S.A.; si propongono accumulatori con elettrodi ed elettrolito di varia natura e di diverso stato fisico. Nominerei gli accumulatori utilizzando metalli elettrochimicamente molto attivi come gli alcali e gli alcalino-terrosi e con elettroliti organici; accumulatori con elettrolito costituito da sali fusi o con elettrodi allo stato fuso. Con questi ultimi accumulatori si pensa di raggiungere energie specifiche fino a 15 volte tanto quelle degli attuali accumulatori al piombo.

Si tratta però di valori solo ipotizzati sulla base del limite teorico di energia specifica e di extrapolazioni da risultati di prove su piccoli prototipi.

Per i tipi di accumulatori che impiegano componenti allo stato di fusione sussistono grossi problemi, che vanno dalla necessità di un'alta temperatura di lavoro alle misure di sicurezza contro la possibilità di miscele tonanti fra i componenti stessi in caso di avaria della cella.

Citerò infine come fonte degna di rilievo la batteria zinco-aria che, pur non raggiungendo le caratteristiche delle precedenti, tuttavia sembra comportare minori problemi per una possibile affermazione tecnologica.

Batterie di questo tipo sono già impiegate per scopi militari, ad esempio dagli americani in Vietnam, sia pur in forma non ricaricabile.

Pile a combustibile.

Altro interessante indirizzo di ricerca è rappresentato dalle pile a combustibile cioè da quei generatori elettrochimici in grado di convertire direttamente in energia elettrica l'energia chimica di alcuni combustibili.

Per questa loro proprietà le pile a combustibile costituiscono in teoria una sorgente di energia autonoma di grande interesse per la trazione elettrica e anche per altre applicazioni speciali (quali impieghi militari o aerospaziali).

Per questo da molti anni vengono sviluppate ricerche sulle «fuel cells» in più parti del

mondo, e particolarmente negli U.S.A., con investimenti di capitali ingenti, anche sotto la spinta delle Società Petroliere interessate all'impiego degli idrocarburi.

Nel 1967 si sono spesi negli U.S.A. circa 60 milioni di dollari.

Anche in questo settore esiste una grande molteplicità di indirizzi di studio e di realizzazioni sperimentali.

Mi limiterò a considerare l'aspetto applicativo, e farò a questo riguardo una distinzione base fra due categorie di impieghi:

— impieghi speciali per i quali non interessa il fattore economico; si possono in questo caso usare combustibili, comburenti e catalizzatori costosi e anche di difficile reperibilità. Esistono già in questo settore esempi di applicazioni che possono essere definiti correnti, come quelle aerospaziali, militari, esplorazione subacquea, stazioni autonome isolate, ecc.

— Impieghi di grande diffusione, nei quali rientrerebbe la trazione elettrica; qui l'economia, la reperibilità dei materiali, la manipolabilità dei combustibili rivestono un ruolo fondamentale e condizionano la scelta di determinati indirizzi di ricerca.

Quali combustibile e comburente in questo caso non possono essere accettati idrogeno e ossigeno, come si richiederebbe per l'optimum di resa della pila, ma occorre pensare agli idrocarburi o sostanze contenenti idrogeno e all'aria atmosferica.

Nasce a questo punto la necessità di estrarre l'idrogeno dal combustibile, con un annesso impianto di craking e di insufflare aria con un compressore.

La pila a combustibile dalla semplice cella originaria si complica per conseguenza di organi ausiliari proprio dove le esigenze di semplicità, di ingombro e di peso sono più imperative.

Pertanto le «fuel cells» risultano di difficile applicabilità anche per il loro notevole ingombro. I valori di potenza specifica (giacché a questo solo parametro

si può in questo caso fare riferimento) sono decisamente inferiori a quelli degli accumulatori.

Sistemi ibridi.

Parlando di potenze specifiche si è visto che questo parametro costituisce un problema, oltre che per le pile a combustibile, anche per alcuni tipi di accumulatori, ad esempio gli accumulatori a metalli alcalini con elettrolito organico e quelli metallo-aria.

Le esigenze di impiego su di un determinato tipo di veicolo richiedono un dimensionamento delle sorgenti di energia correlato alla potenza massima.

Questo fatto escluderebbe a priori un certo numero di sorgenti di energia.

Un modo per ovviarvi è quello di associare alla sorgente di energia principale una batteria di potenza connessa in tampone con la precedente, realizzando così quello che viene denominato sistema ibrido.

La sorgente di energia principale può allora essere progettata come potenza per il valore medio previsto per il funzionamento del veicolo, e tenere conto dell'intero fabbisogno energetico; la batteria tampone sarà invece progettata per la potenza massima e terrà conto del fabbisogno energetico dei transitori con potenza eccedente la media.

Per la funzione di batteria tampone servono accumulatori a bassa resistenza interna quali gli accumulatori alcalini al Ni-Cd o Ni-Fe.

La bassa resistenza interna di queste batterie consente che i continui scambi di energia con la sorgente principale e con l'impianto di trazione avvengano con la rapidità necessaria e con un elevato rendimento.

Un particolare sistema ibrido si ha impiegando come sorgente di energia principale un gruppo elettrogeno azionato da un motore termico.

Il sistema è una via di mezzo tra il veicolo «tutto elettrico» e quello convenzionale e costituisce un modo per risolvere il problema dell'inquinamento atmosferico.

co in misura notevole anche se non radicale.

Effettivamente un motore termico funzionante alla potenza media, che per un veicolo da città può essere dell'ordine di un terzo o di un quarto di quella massima, dà origine, con particolari accortezze, ad una emissione sensibilmente ridotta.

Dal punto di vista economico un tale sistema risulta più oneroso di un motore convenzionale per il numero di macchine impiegate e per la catena dei relativi rendimenti. Questo aggravio economico non trova adeguata contropartita nel miglioramento del consumo specifico ottenibile facendo funzionare il motore termico a regime quasi costante.

Si può allora considerare il sistema ibrido sotto un altro aspetto, pensando ad un veicolo alimentato fondamentalmente da batterie o dotato di un piccolo gruppo elettrogeno ausiliario.

In questo caso la parte preponderante dell'energia verrebbe attinguta dalla rete durante la ricarica a veicolo fermo; il gruppo elettrogeno consentirebbe un aumento dell'autonomia e costituirebbe in ogni caso una sorgente di energia di emergenza.

Sistemi misti di questo tipo possono essere allestiti con macchine di diversa natura e fra loro connesse con vari sistemi di regolazione: i motori primi possono essere motori termici a benzina, diesel, o turbomotori; i generatori, i motori elettrici e relativi sistemi di regolazione possono essere a corrente continua o corrente alternata.

Si può anche pensare a condizioni di impiego variabili subordinatamente alle esigenze delle varie aree urbane; ad esempio il gruppo elettrogeno potrà venire escluso nei centri cittadini ove il problema dell'inquinamento è più imperativo, mentre sarà inserito nelle zone a minore densità di circolazione.

Al termine di questa breve situazione panoramica sulle sorgenti di energia, in cui è stato dato maggiore risalto ai parametri energia specifica e potenza

specificata, interessa ricordare che un altro elemento fondamentale per la valutazione delle possibilità di impiego è rappresentato dal tempo di ricarica degli accumulatori.

Questo parametro deve essere considerato come intimamente legato al valore di energia specifica. È chiaro infatti che un accumulatore di limitata energia specifica, tale cioè da fornire soltanto una limitata autonomia, potrebbe risultare ugualmente interessante se potesse essere ricaricato agevolmente in breve tempo. Viceversa un accumulatore di elevata energia specifica che richiedesse più di una notte per la ricarica non sarebbe considerabile per un impiego pratico.

La modalità di ricarica più semplice è naturalmente quella che consiste nell'attingere l'energia dalla rete di distribuzione.

Qualora questo processo di ricarica risultasse troppo lungo, si potrebbe pensare di sostituire gli accumulatori nel loro complesso o parti di essi.

Così negli accumulatori metallo-aria prima considerati, possono venire sostituiti gli elettrodi ossidati, mentre un analogo procedimento può essere attuato per gli accumulatori al piombo. Si possono inoltre ricordare i cosiddetti accumulatori «slurry», recentemente ideati.

In questi accumulatori i materiali attivi sono in sospensione nello elettrolito e gli elettrodi hanno la sola funzione di collettori di corrente. La ricarica di dette batterie può allora avvenire mediante il semplice ricambio dell'elettrolito.

Da tutto questo risulta evidente che la eventuale diffusione dei veicoli elettrici in aree urbane dovrà essere accompagnata da una adeguata pianificazione dei punti di appoggio per la ricarica, qualunque ne sia la modalità.

Nel caso delle batterie «slurry» con ricarica a sostituzione di elettrolito, basterebbe disporre di opportune stazioni di servizio sostanzialmente non diverse dalle attuali, mentre per le batterie con elettrodi sostituibili, o addirittura nel caso di batterie inte-

ramente da sostituirsi, occorrerebbe una organizzazione più complessa.

Anche la ricarica per pura via elettrica richiederebbe in ogni caso una revisione della rete di distribuzione per adeguare la fornitura della energia ai valori di potenza necessari.

D'altra parte, poichè tale energia verrebbe spillata prevalentemente nelle ore notturne, ne risulterebbe un più razionale impiego della potenzialità produttiva delle centrali elettriche.

MOTORI DI TRAZIONE E SISTEMI DI REGOLAZIONE

Il problema delle sorgenti di energia è senza dubbio il principale, in quanto condiziona alla base le possibilità di affermazione della vettura elettrica. Si affianca però un altro problema, molto importante, che è quello della razionale utilizzazione dell'energia disponibile a bordo.

Questo secondo problema riguarda il motore di trazione ed il relativo impianto di regolazione, costituenti nel loro insieme il sistema di trazione.

Distinguerò i sistemi di trazione con regolazione elettromeccanica e sistemi con regolazione elettronica.

Sistemi di trazione con regolazione elettromeccanica.

I sistemi elettromeccanici utilizzano motori in corrente continua; non mi soffermerò su quelli con motore eccitato in serie e regolazione a variazione di resistenza del circuito di macchina o a commutazione di batterie, pur osservando che questi sistemi di trazione sono tuttora in uso su molti veicoli elettrici urbani fra cui i «delivery van» inglesi. Osserverò che, stante la bassa velocità di questi veicoli, tali sistemi di regolazione, anche se dissipativi o discontinui, sono accettabili in quanto rustici, affidabili e poco costosi.

La guida di una vettura si presenta per contro molto più esigente: per questo occorre pensare a sistemi di regolazione più raffinati.

Un primo sistema prospettabile è quello con regolazione sulla eccitazione indipendente.

In questo sistema viene impiegato un motore ad eccitazione composta, in cui uno degli avvolgimenti è alimentabile indipendentemente.

Il circuito di macchina non contiene alcun elemento dissipativo; la regolazione della velocità è affidata solo alla variazione della corrente dell'avvolgimento di eccitazione indipendente.

Questa variazione può venire effettuata mediante un piccolo reostato, in quanto la corrente da regolare è di valore ridotto rispetto a quella assorbita dal motore. L'energia spesa per la regolazione risulta praticamente trascurabile ed il rendimento del sistema di trazione si identifica con quello del motore, che può assumere valori prossimi al 95 %, anche per macchine di potenza dell'ordine di soli 10 kW.

Con questo sistema si realizza la variazione di velocità del motore in modo continuo entro un campo di valori, che, con opportuni accorgimenti di progetto, può risultare sufficientemente ampio.

Il sistema offre inoltre, come naturale conseguenza, la possibilità di frenatura dinamica a ricupero di energia con un effetto frenante analogo a quello dei motori a pistoni; infatti, in condizioni di sovraeccitazione rispetto alla velocità imposta dalla vettura, il motore passa senza discontinuità al funzionamento da generatore.

In questo sistema la velocità del motore non può scendere al disotto di un determinato regime, corrispondente alla massima eccitazione; di conseguenza l'impianto va integrato con un cambio e relativa frizione. Ciò malgrado il sistema presenta indubbi vantaggi di rusticità, di economia e di elevato rendimento globale, oltre a quelli già accennati derivanti da una regolazione continua e progressiva con frenatura a ricupero; vantaggi che lo rendono interessante per molte applicazioni, in particolare se lo si intende associare ad una tra-

missione automatica o semiautomatica.

Volendo però realizzare su questa base un sistema «tutto elettrico», eliminando cioè frizione e cambio, si può pensare di aggiungere una regolazione sul circuito di macchina che consenta la variazione del regime del motore da velocità nulla fino alla velocità minima di inizio della regolazione sul campo indipendente.

Questa regolazione nella sua forma più semplice è una regolazione reostatica, che comporta una certa dissipazione di energia alle basse velocità del motore; tuttavia, con il progetto di un motore ad elevato grado di elasticità, tale cioè da sfruttare al massimo la parte di regolazione non dissipativa, e con una opportuna scelta dei rapporti di trasmissione, l'inconveniente può essere contenuto entro limiti accettabili e viene compensato dagli altri vantaggi del sistema.

Se in futuro poi si venisse a disporre di sorgenti di energia più generose delle attuali, il problema del rendimento risulterebbe ridimensionato e la perdita di energia nella parte di regolazione reostatica potrebbe essere accettata in cambio dei numerosi vantaggi del sistema.

Un modo meno dissipativo per effettuare la regolazione sul circuito di armatura è costituito da un impianto elettronico.

Sistemi di trazione con regolazione elettronica.

Esaminando questi sistemi mi soffermerò piuttosto sulle loro possibilità applicative anziché sui problemi circuitali, che richiederebbero una trattazione a parte.

Un sistema già diffuso e applicato su taluni tipi di carrelli elevatori, delivery van, ecc., è quello che impiega un motore a corrente continua con regolazione ad impulsi.

Nel sistema di regolazione a impulsi l'energia della batteria viene inviata al motore, che normalmente è un motore ad eccitazione in serie, tramite diodi controllati al silicio.

Variando il rapporto ON/OFF

si varia la tensione media applicata alla macchina e conseguentemente la sua velocità.

L'energia dissipata nell'impianto di regolazione è limitata alle perdite nei semiconduttori.

Il sistema è adatto in pratica fino a potenze dell'ordine di 10 CV, campo in cui sono impiegabili senza difficoltà i normali semiconduttori di potenza reperibili sul mercato.

La maggioranza degli indirizzi di ricerca sulla trazione elettrica automobilistica prevede impianti in c.c., in quanto è tale la sorgente di energia disponibile a bordo.

Riguardando il problema sotto l'aspetto dell'utilizzazione di questa energia, cioè del motore di trazione, si può preferire ad un motore in c.c. a collettore, il più semplice e rustico motore ad induzione in c.a. Per tale motore, in quanto privo di collettore, non sussistono i relativi limiti meccanici e di commutazione; è quindi possibile realizzare unità di grande potenza specifica grazie all'elevato numero di giri.

Sorge però il problema di adeguare l'impianto di regolazione alle esigenze del motore.

Occorre trasformare l'energia della batteria da corrente continua a corrente alternata; quindi effettuare su questa le necessarie regolazioni.

Velocità e coppia del motore asincrono possono essere regolate controllando la frequenza di sincronismo e lo scorrimento; questo entro un determinato campo di velocità, al di sotto del quale è necessaria anche una regolazione di tensione.

Tutte queste regolazioni devono essere naturalmente coordinate da segnali provenienti da rilevatori di velocità e di coppia applicati al motore.

La regolazione risultante è continua e progressiva, con possibilità di frenatura a ricupero in tutto il campo di velocità.

Tali caratteristiche sembrano essere quelle ideali per la trazione elettrica; tuttavia si profilano alcuni aspetti negativi non trascurabili:

— limitato rendimento globale per le numerose elaborazioni di

energia e per il dimensionamento del motore stesso se progettato per alte velocità;

— notevole complessità di circuiti e di apparecchiature ausiliarie, anche per la necessità di evacuare la potenza dissipata nei vari organi, compreso il motore;

— costo elevato per il grande numero di componenti, costo non paragonabile con quello degli altri sistemi di trazione.

Il sistema potrebbe presentare motivi di interesse per veicoli di grande potenza, in cui l'importanza degli organi ausiliari può risultare nell'insieme percentualmente meno rilevante, o per quelle applicazioni dove il costo è subordinato all'impegno di soddisfare a imperative esigenze funzionali.

Nuovi orientamenti sui sistemi di trazione.

I sistemi di trazione fin qui descritti utilizzano motori di tipo concettualmente noto, potremmo dire convenzionali, anche se progettati con particolari accorgimenti atti ad esaltarne determinate caratteristiche.

I relativi impianti di controllo sono di conseguenza concepiti sulla base della necessità di adattare le caratteristiche del motore alle esigenze di guida del veicolo, elementi questi non sempre facilmente conciliabili.

Si può pensare a questo punto di affrontare ex novo il problema del sistema di trazione unitariamente inteso e di rivedere la concezione di progetto del motore rendendola più aderente alle esigenze del veicolo mediante una più razionale regolazione; si può cioè considerare l'architettura del motore come intimamente connessa col sistema di regolazione.

In particolare pensando ad impianti di tipo elettronico si potrà cercare di condizionare la struttura del motore in funzione dello sfruttamento ottimo dei componenti. Alcuni ricercatori stanno attualmente sviluppando studi per questa via.

Possibilità realizzative di veicoli elettrici per città.

Alla luce di quanto è stato esaminato sia pure sommariamente,

vediamo ora quali sono le prospettive di realizzazione di veicoli elettrici per città.

Ho già detto che per certi impieghi vengono convenientemente utilizzati veicoli elettrici; si tratta di veicoli lenti per distribuzione delle merci, servizi urbani, ecc.

Per quanto riguarda le vetture, la loro possibilità di affermazione è condizionata alla disponibilità di una adatta sorgente di energia. Potrebbero tuttavia sorgere opportunità di compromessi per la risoluzione di determinati problemi urbani.

In certi casi anche una sorgente di energia poco generosa, ma economicamente conveniente, potrebbe risultare accettabile se adeguatamente supportata da una razionale organizzazione per il rifornimento della energia. Questo può anche imporre per la vettura una determinata concezione architettonica diversa da quella convenzionale, in modo ad esempio da rendere agevole la sostituzione degli accumulatori o di parti di essi.

Possiamo comunque tratteggiare a grandi linee la fisionomia della vettura elettrica per città: deve soddisfare a determinati requisiti di ingombro adatti ai problemi della circolazione e del parcheggio.

Pensando ad una vettura compatibile con quelle convenzionali, questa deve essere dotata soprattutto di buona accelerazione piuttosto che di elevata velocità. Deve essere manovrabile; si può chiedere alla vettura elettrica una guida più agevole di quella di una vettura convenzionale nelle varie condizioni del traffico, anche se sostanzialmente non dissimile da questa, tenendo presente la necessità di coesistenza di entrambe le vetture nell'uso urbano ed extraurbano.

Inoltre la vettura elettrica per città, pensata appunto come seconda vettura, deve rientrare entro determinati limiti economici, riguardanti sia la spesa iniziale che quella di esercizio; questo compatibilmente con un livello imprescindibile di affidabilità, di abitabilità e di estetica.

Pensando invece ad una vettu-

ra non necessariamente compatibile, ossia destinata ad un traffico in particolari zone, con condizioni da essa stessa imposte, si può essere meno esigenti come prestazioni, in velocità e accelerazione; si possono quindi accettare sorgenti di energia non brillantissime; e si possono per contro pretendere doti di manovrabilità del tutto particolari, come ad esempio la rotazione della vettura su se stessa, doti sommamente desiderabili in determinate angustie dei centri urbani.

Terminerò accennando alle possibilità realizzative di autobus urbani. Sotto l'aspetto sistema di trazione, il problema si presenta più complesso di quello delle vetture per le elevate potenze in gioco.

È questo un caso in cui può risultare proficuamente applicabile il sistema di trazione in corrente alternata che ho prima menzionato. Possono essere previsti motori asincroni di dimensioni tali da consentirne l'applicazione nelle ruote.

Il problema della sorgente di energia può, sotto un certo aspetto, risultare agevolato dal fatto che il veicolo circola su un percorso obbligato.

Si può pensare a sostituzioni di accumulatori in opportune stazioni e a ricariche parziali durante le soste, prevedendo accumulatori a rapida ricaricabilità.

La batteria di trazione potrebbe inoltre essere ricaricata durante la circolazione su determinate tratte da una rete di tipo filoviario. Si possono anche prevedere sistemi misti con batterie di trazione alimentate da un gruppo elettrogeno azionato da un motore diesel o da un turbomotore.

Come nel caso delle vetture, anche per il problema dell'autobus è fondamentale l'aspetto economico, riguardato qui soprattutto come costo di esercizio.

Trattandosi però di un veicolo per servizio pubblico, certi sistemi più onerosi del motore termico convenzionale potrebbero essere accettati per soddisfare a determinate esigenze delle comunità urbane.

Giampiero Brusaglino

INFORMAZIONI

GIOVANNI ANGELO REYCEND

DIRETTORE DI "ATTI" MEZZO SECOLO FA

Mezzo secolo fa dirigeva la rivista Atti della Società degli Ingegneri e Architetti in Torino Giovanni Angelo Reyceud. A titolo preparatorio di cenni biografici e bibliografici si riportano qui di seguito alcune rievocazioni rintracciate sulla letteratura tecnica.

Nato a Torino il 27 gennaio 1843, morto a Torino il 26 novembre 1925.

Diplomato ingegnere alla Scuola d'applicazione per gli Ingegneri di Torino nel 1865. Dapprima insegnante di disegno nelle Scuole medie. Fondò la Scuola d'arti e mestieri di Torino della quale fu Presidente. Fu Presidente della Scuola San Carlo, oggi Scuole tecniche operaie S. Carlo. Fondatore della Scuola professionale di costruzioni edilizie che porta il suo nome. Dal 1877 al 1919 fu professore di Architettura nel Politecnico di Torino. Del Politecnico di Torino fu Direttore incaricato dal 1902 al 1905.

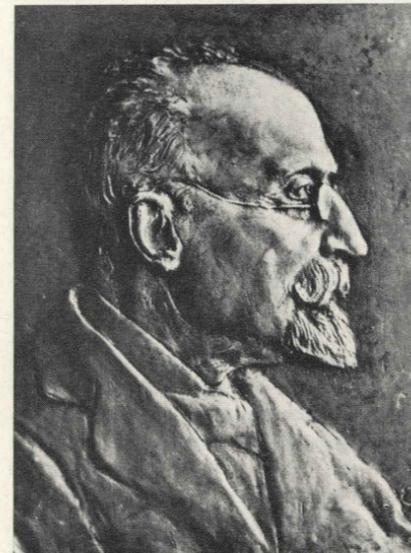
(Dall'Annuario del Politecnico di Torino, 1968)

* * *

L'ingegnere Reyceud è il Presidente effettivo della Esposizione italiana di architettura, Torino 1890, è il professore di architettura della Scuola d'applicazione degli Ingegneri, ed è anche notissimo ai nostri lettori, per la parte ragguardevole da lui presa come espositore alla Mostra del 1884.

Come professore è riuscito a risolvere molte difficoltà; come architetto ha presso a poco i pregi stessi del Petiti e del Rivetti. Accuratissimo sempre nei particolari, che studia e disegna con sentimento d'arte, non gli riesce sempre di ottenere quell'effetto di grandiosità che dovrebbe nascere dal campeggiare delle linee principali. Nel 1884 aveva esposto il ricco caseggiato del conte Gani, nel quale il lusso dei materiali, la grazia delle linee, e la profusione delle parti decorative, concorrono insieme all'armonia dei colori a fare della casa Gani un edificio sui generis che ha del palazzo sontuoso e della casa da pigione ad un tempo; ed aveva esposto il villino Bellia (via Assietta) che è una delle costruzioni più riuscite e simpatiche dell'antica Piazza d'Armi (Rivista tecnica, pag. 347, figg. 481-83).

Ora il Reyceud ha limitato la sua mostra al più recente e più importante suo lavoro che è l'Istituto Nazionale



Giovanni Angelo Reyceud

per le Figlie dei Militari, sorto oltre Po presso la barriera di Casale (fig. 37).

(Così il SACHERI G., *Le mie impressioni sulla Esposizione italiana di Architettura*, Torino, 1890).

* * *

Del prof. Reyceud io vorrei saper rievocare la mite figura, farlo rivivere per qualche istante fra noi col suo sorriso buono e cortese, dar risalto all'opera che Egli ha compiuto, per lo più in silenzio e che forse molti oggi hanno dimenticato per lo straniamento della vita attiva che Egli si era imposto in questi ultimi anni.

Il primo e più vivo ricordo che io serbo di Giovanni Angelo Reyceud è quello dei miei anni di gioventù, quando con un gruppetto di colleghi, che dell'architettura avevano fatto lo studio prediletto, seguivo i Corsi che Egli professava dalla Cattedra della Scuola degli Ingegneri del Valentino.

Alle sue lezioni, chiare, precise, ordinate, come Egli era in ogni suo atto della vita, seguivano frequenti colloqui nel suo gabinetto dove sottoponevamo

alla sua critica acuta e sagace i nostri progetti di scuola.

Confesso che in quel tempo le sue lezioni sull'architettura tecnica, forzatamente analitiche e riguardanti un soggetto per sua natura arido, per quanto rese simpatiche dal suo modo di esporre garbato, mi son talvolta apparse incolori. Forse ciò proveniva dal contrasto col modo di insegnare più dinamico del suo assistente Brayda, che i suoi allievi adoravano, e forse anche più da quella baldanza innata nella gioventù, che ci dava l'illusione di essere predestinati nella vita a crear capolavori, senza che comprendessimo la necessità di quegli studi minuziosi che egli faceva.

Ma di poi, la riflessione, l'esperienza della vita e dell'insegnamento, il confronto con altre scuole, mi hanno convinto della bontà di quel metodo analitico ed ordinato del Reyceud, fatto persuaso della necessità per l'architetto di conoscere anzitutto perfettamente gli elementi delle fabbriche ed i sistemi costruttivi usati in ogni tempo, per potersi poi rivolgere con sicurezza allo studio della composizione architettonica organica dei progetti.

Il Reyceud è stato un'ottimo professore, non solo perchè aveva le particolari qualità che sono necessarie per l'insegnamento, ma perchè amava i giovani: « Amare e farmi riamare dai miei giovani allievi, questa è la ragione del piacere che io ho provato nell'insegnamento da me professato per tanto tempo con inesausto interessamento ». Così esclamava il Reyceud quando, raggiunti i limiti di età, nominato Professore Emerito, lasciava quella Cattedra che aveva tenuto con plauso, ringraziando coloro che prendevano parte alla seduta tenutasi in suo onore nella grande aula del Politecnico.

Della profonda conoscenza acquistata dal Reyceud degli insegnamenti e degli ordinamenti necessari per creare buoni architetti Egli ha dato prova quando, coll'approvazione di quella chiara mente che è S. E. Boselli, promosse e fissò i programmi della Sezione di Architettura che ebbe breve vita nel Politecnico di Torino. Egli aveva infatti saputo con chiara visione temperare nella più giusta misura l'insegnamento dell'Arte coll'insegnamento della scienza, creando in tal modo un'organismo veramente adatto allo scopo, come se ne ebbe prova dai primi ed attivi risultati che questa Scuola ha dato negli ottimi elementi che ne erano usciti.

Purtroppo questo prezioso strumento di coltura architettonica, che così util-

mente avrebbe potuto provvedere per creare tecnici capaci di degnamente cooperare nel presente febbrile periodo di edificazione, è stato infranto. Nè fu questa una delle minori amarezze che il Reyceud provò nella vita, amarezza divisa con lui da pochi insegnanti di quella Scuola che con rara abnegazione si dichiaravano pronti a gravosi sacrifici personali pur di veder conservata a Torino quella istituzione che ritenevano promettente nei risultati, ed utile alla Patria.

Perchè l'architettura è veramente la Madre delle Arti, ed i monumenti e gli edifici architettonici sono sempre stati l'espressione più eloquente e più viva della grandezza e della potenza di un popolo. Così, Roma parla ancora oggi a tutto il Mondo colla potenza suggestiva delle rovine dei suoi templi, degli acquedotti, delle terme, dei suoi circhi, dei Fori delle sue città, piantati ovunque, suggello imponente della sua grandezza anche alla soglia dei deserti africani.

Ed è perciò veramente doloroso dover constatare la trascuranza con cui viene considerato oggidì nel nostro paese il problema della formazione di quegli artefici, la cui genialità è insufficiente senza il fondamento di adatti studi artistici e scientifici, e la indifferenza dimostrata dalla generalità del pubblico colto torinese per la soppressione della Scuola a cui il Prof. Reyceud aveva dato vita.

Il Reyceud non disdegnò però l'insegnamento anche più umile, anzi, dimostrò di riconoscere l'importanza dell'insegnamento delle scuole professionali. Giovane, insegnò il disegno nelle Scuole serali. Più tardi Egli fondava e tenne sino alla fine della Sua vita la Presidenza della Scuola Professionale di Costruzioni Edilizie, come aveva presieduto la Scuola di San Carlo e fondato la Scuola di Arti e Mestieri.

Nel campo dell'insegnamento, il Reyceud insegnò ai suoi allievi lo studio dei Monumenti del passato, e nella Biblioteca del Gabinetto di Architettura della Scuola di Ingegneria resta tutt'ora una serie di bei rilievi che Egli aveva fatto fare dagli allievi di Edifici monumentali del Sei e Settecento, della nostra Torino, attorno ai quali Egli andava frattanto raccogliendo colla sua compiuta solerzia e cura notizie e documenti. Egli vagheggiava infatti (e ne fece anche proposta alla nostra Società) di promuovere una pubblicazione che conservasse memoria delle migliori fabbriche sorte in quel periodo nella nostra città. Purtroppo il Reyceud non ha

potuto compiere questa fatica: ed è veramente da rimpiangersi, poichè sicuramente Egli ci avrebbe lasciato un lavoro diligente e prezioso. Tanto più è spiacevole perchè Egli sapeva scrivere di cose architettoniche e di Arte con genialità, così da rendere gradita ed interessante anche ai profani la lettura dei suoi scritti. Basti qui ricordare la sua bella illustrazione della *Scala delle Forbici a Palazzo Reale*, costruita dal Juvarra, e quella del *Palazzo Paesana*, gli opuscoli di studio per la *Creazione di scuole di architettura*, il suo studio sulle *Falde dei tetti*, la Monografia illustrativa della sua *Chiesa della Salute*, la diligente *Cronistoria della Società degli Ingegneri ed Architetti in Torino durante il suo primo cinquantenario di vita* ed i suoi scritti di collaborazione che hanno visto la luce sul *Monitore tecnico*, sulla *Edilizia Moderna*, nella *Rivista di Arte decorativa Moderna*, ecc. Anche nel campo professionale svolse una notevole attività e le sue fabbriche, in cui cercava temperare elementi del nostro rinascimento nei suoi vari periodi, sono sempre corrette e dignitose. Così Egli progettò il grandioso fabbricato per l'Istituto nazionale delle Figlie dei Militari, il Tempio votivo della N. S. della Salute (rimasto incompleto), restaurò il Palazzo Ottolenghi in via del Carmine, diede i progetti della casa Gani e della Palazzina Compans in corso Vittorio Emanuele, della villa Mazzucchetti sul corso Galileo Ferraris, delle case Scioldo e Martore all'angolo dei corsi Re Umberto e Oporto, della casa Florio in via Genova, senza contare altre opere minori.

Promosse e presiedette la Prima Esposizione di Architettura in Torino che ebbe sì mirabile successo, presiedette all'Esposizione d'Arte Sacra del 1898, fu membro per molti anni del Consiglio di Amministrazione dell'Istituto delle Figlie dei Militari, Consigliere Comunale di Torino, tenne anche l'Assessorato ed a lui si deve la pubblicazione di un interessante Notiziario sui « Provvedimenti Edilizi della Città di Torino », tenne per parecchi anni la Direzione della Scuola degli Ingegneri di Torino.

Disse bene un suo biografo, che fu pure suo allievo ed assistente, il nostro collega prof. Betta, che « tutto Egli faceva con interesse, con solerzia sempre fresca, senza fatica: perciò le sue opere riescono chiare, ordinate, impeccabili ».

Si spense silenziosamente e quasi inavvertito si staccò da noi chiudendo la sua lunga laboriosa giornata con quella dignità e serenità che erano state norme

costanti nella sua vita. Noi ben possiamo dire che Egli, seguendo i suggerimenti di un illustre filosofo, in vita ha sempre operato come se la Patria gli fosse riconoscente, come se il Mondo fosse equanime, come se la pubblica opinione fosse chiaroveggente, come se la vita fosse giusta, come se tutti gli uomini fossero buoni. Oggi il nostro pensiero riconoscente ricorda con affetto il Maestro sereno e buono e gli porge l'estremo « Vale » reverente. Come nella leggenda greca, Egli ha portato alto la sua face in vita. Ispiriamoci al suo esempio e cerchiamo anche noi di portarla colla stessa sua serena bontà e con la operosità sapiente con cui Egli la tenne accesa, per poterla passare, quando l'ora sarà venuta, ai nostri posteri, con l'animo tranquillo del giusto.

GIOVANNI CHEVALLEY

(dal Bollettino Soc. Piem. Archeologia e Belle Arti, Torino, 1-2, 1926).

* * *

Giovanni Angelo Reyceud, Professore emerito della nostra Scuola, si spegneva in Torino il 26 novembre 1925, dopo di avervi tenuto la cattedra di Architettura per oltre quaranta anni, e cioè dal 1881 al 1887 in qualità di Professore Straordinario, e poi fino al 1919 in qualità di Professore Ordinario.

Egli, da umili principii, salì con un progresso quieto, calmo e sereno fino al vertice della sua via.

Figlio di un professore di disegno delle Scuole serali torinesi, nipote di uno zio libraio, pure nipote di un tecnico insigne, l'Ingegnere Carlo Mosca, autore del noto ponte sulla Dora, incominciò, egli pure, fra i giovani ed i libri da una parte, ed una intensa attività professionale dall'altra, un intreccio di vita, elevata nella professione, fruttifera di una esperienza contingente nell'insegnamento, che andò man mano sviluppandosi in un intreccio che, volta a volta, faceva emergere il chiaro insegnante ed il professionista riputato.

I suoi primi passi furono umili; insegnò egli pure disegno nelle nostre Scuole serali, e poi non si staccò mai più, fino alla morte, da questa sua passione gentile, di elargire ai più poveri di spirito e di coltura la sua sapienza, di comunicare a questi laboriosi nostri cooperatori la luce che egli aveva chiara nella mente. Subito subito fondò la Scuola di Arti e Mestieri, della quale restò Presidente della fiorentissima Scuola S. Carlo; e più tardi, già avanti nell'età, fondò ancora con giovanile entusiasmo la Scuola professionale di Costruzioni Edilizie, che lo chiamò a suo

Presidente nato e che si è fregiata, dopo la sua dipartita, del suo nome illustre.

E, quasi in risonanza di questa sua gentile generosità didattica, egli amò essere consigliere di amministrazione di quella cavalleresca istituzione, che Vittorio Emanuele II alloggiò nella Villa della Regina per l'istruzione e l'educazione delle Figlie dei Militari Italiani. Egli contribuì col consiglio e con l'opera al progresso dell'Istituto, essendo dovuto a lui il grandioso edificio, che ai piedi della collina su cui sorge la Villa della Regina, e verso la Barriera di Casale, venne eretto dal 1885 al 1888, per alloggiarvi la Casa Magistrale, il Giardino d'Infanzia e la Casa Professionale di detto Istituto.

Ma pure il campo più difficile dei pubblici incarichi lo trovò operoso ed onesto lavoratore, avendo egli coperto le cariche di Consigliere Comunale e di Assessore per l'Istruzione ed i Lavori Pubblici di Torino, e, nella nostra Scuola, l'Ufficio di Direttore negli anni 1903-1905.

Il Sodalizio degli Ingegneri di Torino lo ebbe socio promotore Presidente due volte, negli anni 1894-95 e 1907-8-9, e gli affidò il delicato compito di tesserne la storia cinquantenaria.

La sua vita professionale si staccò nobilmente dalla consuetudine del mestiere oscuro, e si illuminò di quella cultura che si connaturava con lui, nelle cure diurne del suo insegnamento.

Le sue opere principali, oltre all'Istituto delle Figlie dei Militari, il palazzo del Conte Gani sul corso Vittorio Emanuele, la palazzina Mazzucchetti sul corso Galileo Ferraris, la palazzina Compans pure sul corso Vittorio Emanuele, la casa Florio in via San Francesco d'Assisi, la casa Scioldo in corso Re Umberto, e corona di tutte, la Chiesa di Nostra Signora della Salute nel Borgo Vittoria, a gloriosa memoria dei Caduti e della vittoria del 1706, rispecchiano schiettamente il suo temperamento, che, nella forma artistica, ci ripete quello che le sue lezioni e la sua vita ci insegnavano; chiarezza di pensiero, cultura di mente, misuratezza di sentimento, correttezza di modi, che sbocciò felicemente, si direbbe naturalmente, in quello stile, diciamo pure, caratteristico del suo tempo, che fu denominato eclettico. Però non possiamo tacere lo slancio più potente ed ammirabile che, oggi meno di domani quando la sua opera riceverà l'intelligente e rispettoso suo compimento, si sente altare nelle gigantesche proporzioni della sua concezione massima, la Chiesa di N. S. della Salute, e che ci fa quasi

pensare ad una misteriosa possanza, che il suo ingegno tenesse nascosta fra le pieghe della sua innata, riservata garbatezza.

Il suo gusto ed il suo giudizio critico, ebbero occasione di esplicitarsi in numerose pubblicazioni fra cui ricordiamo le monografie sul Palazzo Paesana e sulla Scala delle Forbici al Palazzo Reale, e gli articoli sparsi su Riviste a cui attivamente collaborò quali *l'Edilizia moderna* e *l'Arte decorativa moderna*.

Ma il suo spirito vigile, pure in quei tempi atoni dell'ultimo Ottocento, non si fiaccava negli adattamenti degeneratori, e con una sensibilità indefinita, ma sana, sapeva mantenere sè, ed amava trattenerne gli altri, in un'aurea sfera di verità e purezza. Mancava ai suoi tempi il travolgente compito risolutivo dei giorni nostri, ma egli fu uno di quelli che, con luminosa energia, mantenne pura la fiamma dell'arte nostra.

Le sue iniziative per l'Esposizione di Architettura del 1890 e di Arte Sacra nel 1898, ma soprattutto per l'Esposizione di arte decorativa moderna del 1902, sono squilli frementi, che ancora echeggiano nell'aria, e si accordano con le note più garrule della nuova giovinezza.

Questo stesso amore per la sua arte gli dettò i pensieri più accreditati, ed ancora ben quadrati oggi, che egli, nella sua Proposta per un nuovo ordinamento delle Scuole di Architettura in Italia mandò al Congresso dei docenti Ufficiali di Architettura a Venezia nel 1903.

Il desolato abbandono in cui erano stati lasciati gli studi e le Scuole di Architettura in Italia non trovò mai in Giovanni Reyceud la passiva acquiescenza. Egli sempre fu vigile osteggiatore della sciatteria ufficiale e, quando il nostro Politecnico riordinò i suoi studi di Architettura, egli con S. E. Paolo Bosselli, promosse una istituzione di Studi così organica e viva, che ha fatto onore al nostro Istituto ed alla nostra città, ed ha avuto dagli ottimi frutti raccolti la migliore delle sanzioni.

Ma noi, oltre e sopra tutto, dobbiamo inchinarci dinnanzi alla memoria di Giovanni Reyceud Professore di Architettura della nostra Scuola.

Dobbiamo pensare che egli, in più di quarant'anni di insegnamento, plasmò due generazioni di Ingegneri Architetti italiani nella principale Scuola di Ingegneria del Regno; e dobbiamo confortare la sua memoria col riconoscimento che il suo insegnamento chiaro, onesto, alto e illuminato ha contribuito a mantenere negli Architetti italiani del suo tempo un tono di arte misurata e nobile, egualmente lontana dagli eccessi caduchi e dalle influenze esotiche che ha permesso lo svolgersi spontaneo delle nuove forme che oggi vanno adattandosi all'espressione del nostro sentimento e del nostro più vibrante rinnovato gusto nazionale.

PIETRO BETTA

(dall'Annuario 1927-28 della R. Scuola di Ingegneria di Torino).

REGOLAMENTAZIONE TECNICA

NUOVE UNIFICAZIONI

(pubblicate dal 1° gennaio al 30 giugno 1969)

C.D. 31 : 656.2 - *Dati statistici ferroviari*.

UNI 6448-69: Rilevamento e segnalazione dei dati statistici relativi a ferrovie con attribuzione per singole linee o tronchi di linea (fascicolo unico di 13 tabelle).

C.D. 536.51 : 542.2 - *Termometri di precisione per laboratorio*.

UNI 6429-69: Termometri di precisione per laboratorio, di vetro, con riempimento di liquido - Principi generali di costruzione (fascicolo unico di 5 tabelle).

UNI 6430-69: Idem - Tipo lungo, massiccio (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6431-69: Idem - Tipo corto, massiccio (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6432-69: Idem - Tipo lungo, con scala interna (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6433-69: Idem - Tipo corto, con scala interna (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 62-229.2 - *Attrezzi per fissare*.

UNI 5855-69: Boccole fisse per guida utensili e per sede boccole ricambiabili o intercambiabili (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5856-69: Boccole ricambiabili per guida utensili (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5857-69: Boccole intercambiabili per guida utensili (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 620.198 - *Trattamenti superficiali chimici ed elettrochimici*.

UNI 6404-69 P: Trattamenti superficiali chimici ed elettrochimici - Misurazione dello spessore locale dei depositi metallici e degli strati di ossido - Metodo microscopico (fascicolo unico di 2 tabelle) (Sostituisce UNI 4237).

UNI 6405-69 P: Idem - Prova di aderenza dei depositi elettrolitici mediante intagli a reticolo (Sostituisce UNI 4242).