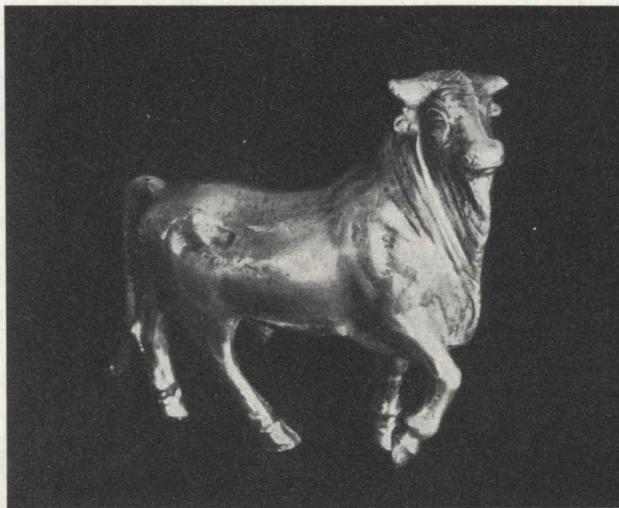


I PREMI TORINO 1964



È già stata data breve notizia, in queste pagine, della relazione della Commissione chiamata dalla Società Ingegneri e Architetti per l'attribuzione dei Premi Torino 1964. Per tale ragione non vi sarebbe più stato motivo di ritornare sull'argomento se la eccezionale importanza dell'avvenimento non ci avesse consigliato di ampliare la cronaca della semplice, ma emozionante, cerimonia svoltasi il 15 maggio scorso nel Salone dei Congressi di Piazza San Carlo, messo a disposizione dall'Istituto San Paolo per quella occasione.

Rileggiamo il bellissimo articolo che Marziano Bernardi, nostro socio onorario, scrisse su « La Stampa » del 27 dicembre 1964: « Per la seconda volta la quasi centenaria Società, fondata nel 1866 da Quintino Sella, ha attribuito i "Premi Torino", istituiti biennali nel 1962 per segnalare persone, società o enti che abbiano onorato con la loro attività il Piemonte. Questi premi, distinti in tre classi concernenti contributi di studio, ricerca e progetto, ini-

ziative e realizzazioni nei vari campi dell'ingegneria e dell'architettura, e opere di interesse e utilità pubblica, non consistono in denaro, ma nella riproduzione in argento del celebre "Toro di Industria", del Museo di Antichità di Torino ».

Marziano Bernardi ha sottolineato che il Premio non consiste in denaro: questa è la parte più spirituale e che dà maggiore valore alla manifestazione. Infatti essa si è ispirata alla tradizione dell'antica Grecia, dove per una semplice corona di alloro gli atleti di tutte le città elleniche si battevano strenuamente. Una volta conquistato il simbolico ramoscello, il vincitore risultava degno di essere celebrato negli immortali poemi di Pindaro e il suo nome veniva consegnato alla Eternità. Un'altra grande manifestazione moderna, ideata dal barone De Coubertin, s'ispira allo stesso principio, le Olimpiadi, che ogni quattro anni richiamano da tutto il Mondo fiumi di persone, in una festa di pace e di amicizia, per acclamare gli atleti di ogni na-

zione, favella e « colore » (i cinque anelli olimpionici rappresentano simbolicamente appunto tutte le razze della Terra amichevolmente intrecciate), che da anni si preparano e competono per vincere solo medaglie tanto più preziose in quanto non hanno alcun valore venale (le « medaglie d'oro » sono solo dorate).

Si tratta, per regolamento, di dilettanti, di persone cioè che praticano lo Sport solo per piacere e con grandi sacrifici, senza avere la minima prospettiva di lucro. Questo fatto rende ancora più pura questa meravigliosa manifestazione di grande civiltà.

La nostra Società si trova in una situazione analoga: essa vive di ideali, di puro spirito e di povertà. Viene pubblicata questa Rassegna, che, possiamo dirlo con orgoglio, nulla ha da invidiare per serietà e importanza alle maggiori riviste specializzate. La sua veste dimessa, ma di grande educazione e decoro, vuol significare: « Nulla concediamo all'adulazione ». La pubblicazione è spedita gratuitamente agli amici Ingegneri e Architetti, che ne hanno l'abbonamento compreso nella quota annua sociale: cinquecento lire per fascicolo, senza contare le numerosissime manifestazioni, visite, gite e conferenze, che ogni anno vengono organizzate e che superano la quarantina.

Chi frequenta le assemblee sociali sentirà, nel commento al bilancio, che sempre e sistematicamente si « spende tutto », nella maniera migliore e più oculata. Quando il denaro non basta, e ciò succede sempre, il Presidente e i Consiglieri si rivolgono agli Amici, senza vergogna di chiedere perché, per lo Spirito e per la Carità, quest'atto di questua acquista valore e merito, e trovano sempre simpatia, comprensione e quanto occorre, « ma non di più », per andare avanti nella loro opera di cultura.

Così è stato bello vedere, in questo nostro tempo di materialismo e di ansia per il guadagno, come nove illustri personalità, formanti la Commissione Giudicatrice, si siano riunite in numerose sedute, abbiano valutato, discusso e steso circostanziati verbali, con competenza, saggezza, serietà e impegno, senza compenso alcuno, soltanto per premiare simbolicamente coloro che hanno dedicato tutta una vita alla spirituale missione che si sono prefissi. Sentiamo il dovere di citarli e ringraziarli perché la loro opera è stata rara e preziosa ed i nostri Soci devono avere per loro ammirazione e riconoscenza. Essi sono: MARIO ALLARA, Magnifico Rettore Università di Torino; ANTONIO CAPETTI, Magnifico Rettore Politecnico di Torino; AUGUSTO CAVALLARI-MURAT, Direttore « Atti e Rassegna Tecnica »; UMBERTO CHIERICI, Sovrintendente ai Monumenti; GUSTAVO COLONNETTI, Presidente Emerito Consiglio Nazionale delle Ricerche; GIORGIO DARDANELLI, Presidente Ordine degli Ingegneri; GIULIO DE BENEDETTI, Direttore de « La Stampa »; FLAVIO VAUDETTI, Presidente Ordine degli Architetti; GIORGIO VECCHIATO, Direttore de « La Gazzetta del Popolo ».

« Quest'anno la ristretta commissione di autorevoli esperti scelti dalla Società al di fuori della sua cerchia di Soci, e presieduta dal prof. Colonnetti — continua Marziano Bernardi nel suo articolo — ha deciso all'unanimità, dopo un approfondito esame che ha posto in luce una felice abbondanza di candidati tutti degnissimi: ciò che è molto lusinghiero per Torino, di conferire i premi ai professori Carlo Ferrari e Giuseppe Grosso, ed al dott. Vittorio Viale ».

Com'è stato detto, il Regolamento dei Premi Torino prevede che: « I premi potranno essere assegnati a persone, società od enti che abbiano onorato con la loro attività il Piemonte e si siano distinti in una delle tre Classi seguenti:

A - Opere del pensiero, come contributi di studio, ricerca e progetto.

B - Iniziative e realizzazioni nei vari campi dell'Ingegneria e dell'Architettura.

C - Opere di interesse ed utilità pubblica.

Temi vasti ed impegnativi e pertanto risulta interessante leggere le motivazioni stilate e riassunte da una più vasta relazione:

« **Classe A: CARLO FERRARI** - Professore Ordinario nel Politecnico di Torino, scienziato di fama mondiale nel campo della fluidodinamica e delle applicazioni di essa al volo, maestro di ricercatori insigni, tiene alto il prestigio della Scuola di aeronautica, fondata mezzo secolo fa da Modesto Pannetti.

« **Classe B: VITTORIO VIALE** - Direttore dei Musei Civici torinesi, impeccabile organizzatore di grandiose mostre di risonanza internazionale, riordinatore di storici musei, promotore tenace ed espertissimo collaboratore della costruzione della nuova Galleria Civica d'Arte Moderna ha contribuito, da maestro, alle più moderne ed importanti ricerche e realizzazioni museologiche nel campo della cultura architettonica.

« **Classe C: GIUSEPPE GROSSO** - Docente universitario e pubblico amministratore, tenace propugnatore di importanti iniziative nel campo delle autostrade e dei trafori alpini, ha promosso con lungimirante diuturna opera, la realizzazione di grandiosi lavori, dando un decisivo contributo all'inserimento di Torino e del Piemonte nel quadro delle grandi vie di comunicazione europee ».

Ma, perché la celebrazione del merito sia più completa e dia alla manifestazione tutta la portata che deve avere e lo scopo per cui fu istituita, riportiamo il testo esatto del Verbale stilato dalla Commissione Giudicatrice nella sua seduta conclusiva del 24 dicembre 1964. Le figure spirituali dei vincitori sono esatta-

mente tratteggiate e ne vengono ampiamente elencate le opere e l'attività culturale e scientifica che illustra il nostro Piemonte:

a) **Dott. Ing. Carlo Ferrari.**

Il Dott. Ing. Carlo Ferrari, Professore ordinario di Meccanica applicata alle macchine nel Politecnico di Torino, Vice presidente della nostra Accademia delle Scienze, Socio Nazionale dell'Accademia dei Lincei, Socio di numerose Accademie Straniere, ha dedicato tutta la sua attività, che da un quarantennio svolge nella nostra città, allo studio dei problemi più attuali e meno facili della fluidodinamica applicata all'arte del volo, contribuendo validamente ai progressi di essa.

I suoi lavori, dai più antichi sui profili alari per velocità ultrasoniche, sulle varie specie di strati limite e sulla turbolenza, a quelli più recenti sui fenomeni del flusso transonico, sugli effetti delle al-



La consegna del premio al prof. Ferrari

te temperature in aeronautica e della presenza di radiazioni ionizzanti in un flusso non stazionario, per citarne solo alcuni, hanno meritato al Ferrari una posizione di primo piano nel campo internazionale.

L'Università di Providence (U. S. A.) lo volle per un anno suo docente nei corsi di dottorato: la sua partecipazione è sempre sollecitata nei convegni internazionali a più alto livello scientifico di meccanica applicata, di aeronautica, di astronautica.

Torino può essere orgogliosa di annoverare tra i suoi cittadini uno

scienziato che altre sedi universitarie italiane e straniere giustamente le invidiano.

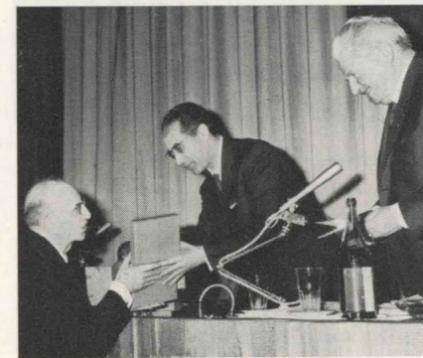
b) **Dott. Vittorio Viale.**

L'opera svolta da Vittorio Viale a favore della cultura storico-artistica in Piemonte è nota ed ammirata non soltanto a Torino, ma in tutta Italia ed all'estero. Si può dire che dal 1930, cioè da quando assunse la direzione dei Musei civici torinesi, tutte le maggiori imprese in tale settore a Torino, siano state da lui promosse ed impeccabilmente organizzate. Basti ricordare le grandi mostre del « Gotico e Rinascimento in Piemonte », del 1938-39, del « Barocco Piemontese » del 1939; di nuovo del « Barocco Piemontese », del 1963, dotata di un monumentale catalogo da lui diretto, mostre di fondamentale importanza per lo approfondimento degli studi sull'arte piemontese alle quali si affiancò per molti anni l'eccezionale attività del Viale presidente della « Società piemontese di archeologia e belle arti » ch'egli riuscì a mantenere in vita sotto altro provvisorio aspetto di « Centro di studi » quando il regime fascista la sopresse.

Ma tali grandiose manifestazioni non sarebbero state possibili senza un adeguato organismo museologico, che prima del 1930 a Torino non esisteva. Si deve infatti a Vittorio Viale la trasformazione, fra il 1931 ed il 1934, del Palazzo Madama nell'attuale Museo civico d'arte antica, un lavoro di estrema difficoltà splendidamente riuscito, che implicò una perfetta conoscenza dei problemi museologici ed al tempo stesso una singolare attitudine alle soluzioni architettoniche di preesistenti ambienti: qualità che anche la sistemazione ed il riordinamento dei Musei vercellesi, « Leone » e « Borgogna », pure affidati al Viale, misero in luce.

Cotesta attitudine ad unificare in una precisa visione le esigenze strumentali di un museo ed i caratteri funzionali di un edificio rifulse poi dopo la guerra quando si trattò di restituire a Torino

la sua Galleria civica d'arte moderna, vecchia costruzione da oltre mezzo secolo « provvisoria », cui il nuovo direttore già aveva apportato ogni possibile modificazione, e che i bombardamenti avevano distrutto. In questa occasione il Viale impegnò tutte le sue energie non soltanto perché la sede della Galleria fosse ricostruita, ma perché la sua struttura si adeguasse al gusto moderno. La complicata elaborazione del bando per il concorso nazionale del progetto fu da lui studiata nei minimi particolari fra il 1949 ed il 1950; ed allorché nel 1952 i due giovani architetti Bassi e Boschetto furono proclamati vincitori della gara, egli per sette anni fu prodigo della sua esperienza verso i progettisti, con essi collaborando instancabilmente e suggerendo opportune modificazioni per la realizzazione dell'opera, che venne inaugurata dal Presidente della Repubblica il 31 ottobre 1959.



La consegna del premio al dott. Viale

A Vittorio Viale va dunque riconosciuta, oltre la insigne sua specializzazione negli studi artistici per cui è già stato autorevolmente salutato maestro di quanti, nell'ultimo trentennio si dedicarono ad indagini dell'arte piemontese, anche tutta una serie di iniziative e realizzazioni in un campo attinente all'architettura, almeno sotto l'aspetto col quale questa si pone al servizio della museologia.

E di quale importanza esse siano state, lo prova il fatto che, sia a Palazzo Madama sia alla Galle-

ria civica d'arte moderna, da tempo sono in atto iniziative culturali che, sempre per merito del Viale, hanno risonanza internazionale.

c) **Prof. Giuseppe Grosso.**

Nato a Torino nel 1906, Ordinario di Diritto Romano all'università di Torino dal 1935, e dal 1945 Preside della Facoltà di Giurisprudenza. Romanista di fama internazionale è Socio dell'Accademia dei Lincei e dell'Accademia delle Scienze di Torino di cui ne è stato presidente.

— Consigliere Comunale di Torino dal 1946 al 1960

— Presidente della Provincia di Torino dal 1951 al 1964

— Presidente dal 1951 dell'Unione Regionale Province Piemontesi

— Presidente dal 1962 dell'Unione Province d'Italia

— Promotore e Presidente dal 1948 dell'Istituto di Ricerche Economiche Sociali « Aldo Valente ».

Cavaliere di Gran Croce dell'ordine al merito della Repubblica.

Ideatore e promotore delle maggiori iniziative piemontesi autostradali e di trafori nel quadro delle vie di grande comunicazione internazionale quali:

l'autostrada Ceva-Savona, l'autostrada Torino-Valle d'Aosta, l'autostrada Torino-Piacenza, il traforo del Gran San Bernardo, il traforo del Frejus.

Ha dato il suo competente ed efficace appoggio alla realizzazione del raddoppio dell'autostrada Torino-Milano e dell'autostrada Ceva-Fossano, nonché all'iniziativa del traforo del Ciriogio tra Cuneo e Nizza valutandone l'importanza per il collegamento tra Torino e Marsiglia.

In conformità al piano di inserimento di Torino nel quadro delle grandi comunicazioni europee, quale presidente della provincia di Torino, ha dato un deciso impulso alla sistemazione della rete stradale della provincia realizzan-

do un importante complesso di lavori su strade secondarie.

La consegna è avvenuta solo il 15 maggio scorso perché era nostro desiderio che fosse proprio il Ministro del Tesoro, on. Colombo, che già nel 1962 aveva consegnato la prima terna dei Premi Torino all'ing. Gabrielli, all'arch. Piniinfarina e alla Fiat, a premiare i vincitori di questa seconda edizione.

La cerimonia fu semplice e solenne. Il presidente della nostra Società, ing. Richieri, ha rilevato infatti, porgendo il suo saluto ai convenuti, che «la presenza del ministro Colombo dà un carattere di continuità alla iniziativa dei Premi Torino, voluta dalla Società degli Ingegneri e degli Architetti nella ricorrenza dei suoi novantanove anni di vita». «Mi auguro a nome dei Soci — ha proseguito — che sia ancora l'on. Colombo a consegnare quelli del 1966».

L'ing. Mario Catella, già presidente della nostra Società ed ora presidente della Commissione organizzatrice dei Premi, ha affermato: «Con essi si vogliono onorare e segnalare uomini meritevoli per le loro benemerite scientifiche, culturali e amministrative ed insieme per le loro qualità umane e spirituali».

Il Presidente della Commissione giudicatrice, prof. Colonnetti, ha quindi letto le motivazioni per i tre premiati.

Prima di consegnare i premi, il ministro Colombo si è detto lieto di questa occasione e cerimonia che «ha un grande significato per il nostro Paese, soprattutto per il contributo che i premiati hanno dato nel campo delle Scienze, dell'Arte, e della pubblica amministrazione. Essi sono concreti strumenti di sviluppo per la città di Torino e contributo di alto valore alla intera società».

«La mia vuol essere una parola di riconoscimento e di ringraziamento — ha proseguito — per quanto il prof. Grosso, l'ing. Ferrari e il dott. Viale hanno fatto, per lo sforzo di una vita intera per la scienza, la cultura e l'interesse pubblico fatto senza retorica». Questa assenza di retorica è tipica del nostro carattere piemontese.

«Tale sforzo è stato certamente un adempimento verso la società e l'umanità, ma lo è maggiormente nel momento in cui la ricerca affannosa della società del benessere attutisce i valori umani e morali. In un momento come questo, la esaltazione di tali valori ha un suo profondo significato».

La cerimonia ha avuto termine lietamente con molti applausi per i premiati, che sono stati affettuosamente festeggiati da un pubblico costituito dai Soci, da eleganti signore, da autorità invitate, e da autorevoli specialisti e amici dei vincitori.



La consegna del premio al Sindaco prof. Grosso

Ora sta per iniziare il centesimo anno di vita della nostra Società: sarà un anno molto importante sotto tutti gli aspetti. In primo luogo esso segnerà la lunga attività a favore della scienza e della cultura del nostro sodalizio; poi saranno effettuate delle manifestazioni di grande rilievo. Il Consiglio della Società ha costituito un apposito Comitato per celebrare l'avvenimento con un programma di attività culturale particolarmente interessante. È un comitato che lavora assiduamente e con molto impegno, già da qualche mese. I primi numeri del programma sono stati già concretati e gli altri sono in via di definizione.

Per i nostri lettori possiamo fare alcune indiscrezioni: alla fine del mese di settembre avrà luogo

un Convegno sul Metodo ad alto livello e sul piano internazionale; esso vedrà riuniti in elevata discussione due scienziati, due ingegneri, due architetti e due industriali, specialisti dell'argomento. Saranno tre giornate interessantissime dedicate a questi attualissimi problemi.

Seguirà una manifestazione dedicata al Canavese di ieri e di oggi; cioè alla rievocazione della architettura e della storia di quella regione, alla pianificazione e alla strutturazione per l'avvenire di quel territorio. Completeranno i dibattiti alcune gite e sopralluoghi nella bella zona piemontese.

Pare certa una commemorazione dell'apporto dato alla scienza e all'ingegneria dai grandi tecnici militari piemontesi durante un secolo. Un'altra riguarderà le maggiori opere di canalizzazione dell'Ottocento.

Nel quadro della commemorazione dei grandi piemontesi, che furono nostri Soci, si passerà possibilmente in rassegna tutta la vita pubblica e le grandi imprese attuate a Torino e in Piemonte durante un secolo. Le grandi esposizioni della fine del secolo scorso e del principio di questo, nonché quella del 1928, che vide nascere in Italia l'architettura razionale.

Il «taglio» di via Pietro Micca, la Stazione di Porta Nuova, il traforo ferroviario del Frejus saranno oggetto di rievocazione. Le grandi avventure «industriali», che portarono Torino all'attuale grandezza e al suo benessere, verranno opportunamente illustrate.

Le idee sono molte e molte saranno le realizzazioni che la nostra Società si ripromette di effettuare. Ma troppo non possiamo dire, perché parlare della nostra futura attività sarebbe come promettere quanto non siamo ancora sicuri di realizzare. Certo è che le manifestazioni saranno numerose e importanti, degne del Centenario della nostra Società, che verrà concluso con la solenne consegna dei Premi Torino 1966.

Enrico Pellegrini

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

QUADRIPOLI E DOPPI-BIPOLI (note quasi didattiche)

RINALDO SARTORI, richiamate le definizioni di quadripolo (sistema con quattro morsetti) e di doppio-bipolo (sistema con due coppie di morsetti), segnala la convenienza di adoperare una nomenclatura chiara e differenziata. Le analogie e le differenze fra i due tipi di sistemi vengono messe in evidenza studiando il collegamento di due doppi-bipoli in serie-serie, serie-parallelo e parallelo-parallelo; si trovano le condizioni perché il collegamento avvenga senza interazione e se ne discute la possibilità che siano soddisfatte da sistemi di diversa natura.

1. — Un quadripolo elettrico è un sistema chiuso collegato elettricamente all'esterno per mezzo di quattro morsetti (o poli), attraverso i quali avviene scambio invertibile (cioè positivo o negativo) di corrente e quindi di potenza elettrica. Con questa definizione non si pone alcuna limitazione alla modalità dello scambio, cioè si considerano le correnti ai morsetti tra loro indipendenti; ma in pratica i quadripoli vengono molto spesso adoperati con modalità che impongono limitazioni alle correnti riducendone i gradi di libertà e in particolare una di queste modalità presenta importanza pratica e concettuale così grande da giustificare lo sviluppo di una teoria autonoma. Nello svolgimento della quale viene ordinariamente conservata la denominazione di quadripolo, nonostante che i sistemi oggetto della teoria, pur essendo effettivamente quadripoli, vengano considerati sotto una luce particolare, che lascia in ombra fino a ignorarle alcune proprietà del sistema che non interessano la modalità limitata di funzionamento. Ne deriva qualche difficoltà di esposizione e qualche confusione di concetti, che si eviterebbero adottando sistematicamente una diversa nomenclatura, come si fa quando per esempio si distingue la proiezione di un og-

getto su un piano dalla rappresentazione tridimensionale dell'oggetto stesso.

A illustrare la convenienza di questa diversa nomenclatura, adottata da tempo anche in alcuni testi didattici ⁽¹⁾ e seguita da non pochi autori di scritti sull'argomento, sono dedicate queste brevi note, nel corso delle quali verrà illustrato più a fondo un problema particolare con qualche conclusione che non sembra sia stata ancora enunciata pubblicamente.

In generale si farà riferimento per semplicità a funzionamento in regime stazionario, (correnti e tensioni costanti nel tempo), ma è chiaro che le stesse considerazioni si estendono immediatamente al caso di regime sinusoidale (sostituendo ai simboli delle correnti e delle tensioni costanti quelli dei vettori che rappresentano le corrispondenti grandezze sinusoidali di data frequenza e sostituendo alle resistenze, alle conduttanze, ai rapporti reali di correnti e di tensione rispettivamente le impedenze, le ammettenze e i rapporti complessi) e anche al caso di grandezze comunque variabili nel tempo (considerando per le tensioni e le correnti le rispettive trasformate di Laplace e per il resto le impedenze, le ammettenze e i

⁽¹⁾ E. BOTTANI - R. SARTORI, *Elettrotecnica*, C. Tamburini, Milano.

rapporti di tensione e di corrente generalizzati), purché si faccia riferimento a sistemi normali invariabili, per i quali vale il principio di sovrapposizione degli effetti, come si può fare in ogni caso se ci si limita a considerare piccole perturbazioni intorno a una condizione di regime stazionario.

2. — Ciò posto, è chiaro che un quadripolo, quando si vogliono studiare gli scambi elettrici ai morsetti, presenta tre gradi di libertà nelle correnti e rispettivamente nelle tensioni; cioè delle quattro correnti entranti nel quadripolo attraverso i morsetti tre sole sono indipendenti, essendo identicamente zero la somma delle quattro correnti entranti, mentre delle sei tensioni misurabili tra le sei possibili coppie di morsetti tre sole sono indipendenti, essendo le sei tensioni esprimibili come differenze tra i potenziali di tre morsetti qualsivogliano rispetto al quarto. Per ragioni di simmetria, in relazione a quanto si dirà in seguito, si assumono le correnti indipendenti e le tensioni indipendenti indicate nella figura 1, in cui le correnti cicliche I_1 e I_2 coincidono con le correnti entranti nel quadripolo rispettivamente dai morsetti 1 e 2, mentre la corrente entrante dal morsetto 3 risulta $I_3 - I_2$ (cioè la corrente cicli-

ca I_3 risulta la somma della corrente I_2 con la corrente entrante dal morsetto 3) e la corrente entrante dal morsetto 4 risulta $-I_1 - I_3$, mentre i potenziali dei morsetti 1, 2, 3 rispetto al morsetto 4 risultano rispettivamente $V_1, V_2 + V_3, V_3$.

Naturalmente il quadripolo impone per proprio conto un legame tra queste due terne di variabili indipendenti, per cui, quando si suppone che non si verificano altri scambi invertibili tra il sistema e l'esterno, oltre quelli che avvengono attraverso i morsetti, cioè che il sistema sia passivo (privo di generatori), il funzionamento esterno del quadripolo è definito da tre relazioni, che si possono scrivere per esempio nella forma:

$$(1) \begin{cases} V_1 = R_{11}I_1 + R_{12}I_2 + R_{13}I_3 \\ V_2 = R_{21}I_1 + R_{22}I_2 + R_{23}I_3 \\ V_3 = R_{31}I_1 + R_{32}I_2 + R_{33}I_3 \end{cases}$$

Il quadripolo è quindi in generale definito, per quanto riguarda il funzionamento esterno (nulla si dice di quanto avviene all'interno) da nove parametri indipendenti che si riducono a sei se il sistema soddisfa la condizione di reciprocità (cioè, si dirà, presenta accoppiamenti reciproci), perché in tal caso si ha: $R_{12} = R_{21}, R_{13} = R_{31}, R_{23} = R_{32}$.

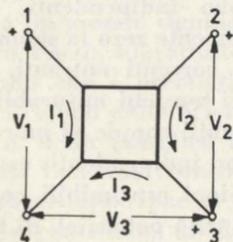


Fig. 1 - Tensioni e correnti indipendenti di un quadripolo.

Il significato fisico dei parametri delle equazioni (1) è evidente: ognuno è il rapporto tra una tensione e una corrente quando le altre due correnti sono zero (resistenze dirette e mutue a vuoto), cioè quando il quadripolo è alimentato da un solo generatore,

collegato a una coppia di morsetti corrispondente a una delle tre tensioni indipendenti, mentre gli altri due morsetti sono lasciati isolati.

Ovviamente in luogo del sistema di equazioni (1) si possono adoperare, per caratterizzare il funzionamento del quadripolo, molti altri sistemi equivalenti (sono in tutto venti), deducibili risolvendo tutte o alcune delle tre equazioni rispetto a tutte o ad alcune correnti. Nel seguito saranno utili in particolare i due sistemi seguenti:

$$(2) \begin{cases} I_1 = G_{11}V_1 + G_{12}V_2 + \beta_{13}I_3 \\ I_2 = G_{21}V_1 + G_{22}V_2 + \beta_{23}I_3 \\ V_3 = \gamma_{31}V_1 + \gamma_{32}V_2 + \frac{1}{G_{33}}I_3 \end{cases}$$

$$(3) \begin{cases} V_1 = K_{12}V_2 + R_{c1}I_1 + r_{13}I_3 \\ I_2 = G_{v2}V_2 + H_{21}I_1 + \beta_{23}I_3 \\ V_3 = \delta_{32}V_2 + r_{31}I_1 + r_{33}I_3 \end{cases}$$

dove, con evidente significato fisico, si ha:

$$\begin{aligned} G_{11} &= R_{22}/\Delta_R & G_{12} &= -R_{12}/\Delta_R & \beta_{13} &= (-R_{13}R_{22} + R_{23}R_{12})/\Delta_R \\ G_{21} &= -R_{21}/\Delta_R & G_{22} &= R_{22}/\Delta_R & \beta_{23} &= (-R_{23}R_{11} + R_{13}R_{21})/\Delta_R \\ \gamma_{31} &= R_{31}R_{22} - R_{32}R_{21}/\Delta_R & \gamma_{32} &= (R_{32}R_{11} - R_{31}R_{12})/\Delta_R \\ 1/G_{33} &= \beta_{13}R_{31} + \beta_{23}R_{32} + R_{33} & \Delta_R &= R_{11}R_{22} - R_{12}R_{21} \\ K_{12} &= R_{12}/R_{22} & R_{c1} &= R_{11} - R_{12}R_{22}/R_{22} & r_{13} &= R_{13} - R_{23}R_{12}/R_{22} \\ G_{v2} &= 1/R_{22} & H_{21} &= -R_{21}/R_{22} & \beta_{23} &= -R_{23}/R_{22} \\ \delta_{32} &= R_{32}/R_{22} & r_{31} &= R_{31} - R_{32}R_{21}/R_{22} & r_{33} &= R_{33} - R_{23}R_{32}/R_{22} \end{aligned}$$

3. — Si può ora precisare che la particolare modalità di funzionamento, a cui si è fatto riferimento in principio, è quella in cui un dato quadripolo viene adoperato esclusivamente per stabilire un collegamento tra due bipoli (del resto qualsivogliano) connessi separatamente a due coppie distinte, e determinate una volta per tutte, di morsetti del quadripolo. In tal caso si dirà che il quadripolo viene adoperato come doppio-bipolo.

È evidente che uno stesso quadripolo può dare origine a tre doppi-bipoli distinti, come è illustrato nella figura 2. Perciò quando si parla di un dato doppio-bipolo, si deve intendere che sia assegnato il quadripolo e che sia stato precisato a quale dei tre doppi-bipoli, da questo deducibili, si vuol fare riferimento.

Nel seguito, finché si tratteranno questioni generali, si farà riferimento alla situazione della figura 2-a, tenendo conto che in linea generale le tre possibilità sono del tutto equivalenti, perché la numerazione dei morsetti è del tutto arbitraria, e che del resto, noto il quadripolo con i suoi nove parametri (sei nel caso di accoppiamenti reciproci), i tre diversi doppi-bipoli sono tutti univocamente determinati.

Se si togliesse la limitazione che le due coppie di morsetti devono essere distinte, si aumenterebbe di altri quattro il numero dei doppi-bipoli. Ma questi altri, che avrebbero un morsetto in comune tra le due coppie, sono in effetti tripoli ottenuti lasciando inutilizzato (con corrente zero) uno dei quattro morsetti del quadripolo. Ma un tripolo costituisce una struttura completa, molto semplice,

perfettamente definita in tutte le possibili modalità di collegamento con l'esterno, per cui le difficoltà che possono sorgere nell'adoperare i doppi-bipoli, mancano completamente nel caso dei tripoli. Pertanto qui non ci si occuperà dei tripoli, ma soltanto dei doppi-bipoli.

Ora un doppio-bipolo (come del resto anche un tripolo) ha, come tale, soltanto due gradi di libertà nelle correnti e rispettivamente nelle tensioni. Infatti per ognuna delle due coppie di morsetti la corrente, coincidendo con quella del bipolo connesso a quella coppia, entrante da un morsetto è uguale e opposta a quella entrante nell'altro; si è quindi introdotto un vincolo in più fra le correnti e pertanto le correnti indipendenti di un doppio-bipolo so-

no soltanto due: le due correnti dei due bipoli collegati, cioè le due correnti definibili una per una coppia di morsetti.

Con riferimento alle figure 1 e 2-a si vede che nel doppio-bipolo, essendo i collegamenti con l'esterno soltanto quelli dei due bipoli, la corrente I_3 è sempre identicamente zero e quindi le correnti del doppio-bipolo sono sempre soltanto le correnti I_1 e I_2 , come è indicato nella figura 3.

Qualche dubbio, potrebbe sorgere a proposito delle tensioni, che anche nella figura 3 sono ancora tre, perché la tensione V_3 tra i morsetti 3 e 4, anche se non interessa il comportamento dei due bipoli collegati per mezzo del doppio-bipolo, in effetti esiste. Ma, dopo aver applicato due tensioni del tutto arbitrarie, una V_1 tra la coppia 1-4 di morsetti e una V_2 tra la coppia 2-3, non è più possibile applicare una terza tensione arbitraria tra i morsetti 3-4, perché in generale si verrebbe a violare la condizione relativa alle correnti, per cui la tensione V_3 viene determinata dalle altre due.

Ciò risulta ben confermato dal-

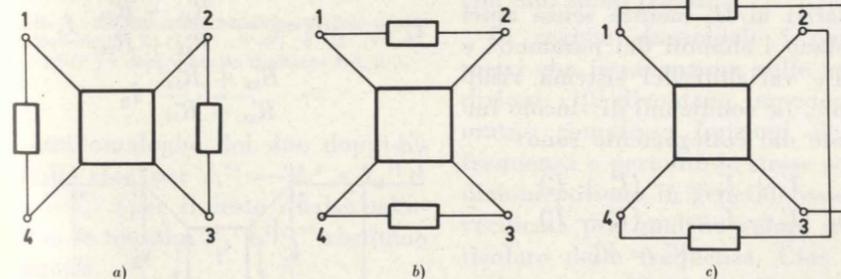


Fig. 2 - Doppi-bipoli desunti da uno stesso quadripolo: a) tra le coppie di morsetti 1-4, 2-3; b) tra le coppie 1-2, 3-4; c) tra le coppie 1-3, 2-4.

l'esame delle equazioni (1) (o di un qualsiasi altro sistema equivalente). Quando il quadripolo viene adoperato come doppio-bipolo tra le coppie di morsetti 1-4, 2-3, le equazioni del doppio-bipolo si ottengono dalle (1) o dalle (2) o dalle (3) ponendo $I_3=0$; in conseguenza le prime due di ogni terna sono le equazioni di funzionamento del doppio-bipolo, cioè quelle che legano tra loro le correnti e le tensioni dei due bipoli

interconnessi, mentre la terza fornisce, per ogni coppia di valori delle due variabili indipendenti (cioè di due qualsiasi delle variabili V_1, V_2, I_1, I_2), il valore della tensione V_3 , che in generale peraltro non interessa.

Le equazioni del doppio-bipolo si possono dunque scrivere per esempio in una delle forme:

$$(4) \begin{cases} V_1 = R_{11}I_1 + R_{12}I_2 \\ V_2 = R_{21}I_1 + R_{22}I_2 \\ V_3 = R_{31}I_1 + R_{32}I_2 \end{cases}$$

$$(5) \begin{cases} I_1 = G_{11}V_1 + G_{12}V_2 \\ I_2 = G_{21}V_1 + G_{22}V_2 \\ V_3 = \gamma_{31}V_1 + \gamma_{32}V_2 \end{cases}$$

$$(6) \begin{cases} V_1 = K_{12}V_2 + R_{c1}I_1 \\ I_2 = G_{v2}V_2 + H_{21}I_1 \\ V_3 = \delta_{32}V_2 + r_{31}I_1 \end{cases}$$

e le formule di trasformazione sono ancora quelle date sopra, nelle quali i parametri che riguardano il solo funzionamento come doppio-bipolo (cioè i parametri rimasti nelle equazioni (4), (5), (6)) si trasformano gli uni negli altri indipendentemente dai rimanenti parametri (i coefficienti di I_3 nelle (1), (2), (3)), che dunque caratterizzano proprietà estranee al doppio-bipolo.

Un collegamento di questo tipo si attua sempre quando si uniscono doppi-bipoli in cascata, cioè quando si collegano in parallelo una coppia di morsetti di un doppio-bipolo con una dell'altro e si adoperano le coppie di morsetti rimaste libere come coppie di morsetti del doppio-bipolo risultante. Pertanto non ci si occuperà nel seguito di questo caso.

Ci si vuole invece occupare dei collegamenti serie-serie, parallelo-parallelo e serie-parallelo, che sono illustrati nelle figure 4, 5, 6, a proposito dei quali si conosce una discussione completa ⁽¹⁾, svolta

4. — Se ora si considerano i possibili collegamenti tra due o più quadripoli allo scopo di costi-

tuire una struttura più complessa, è chiaro che, se di ogni quadripolo si conoscono i nove parametri, non esistono problemi concettuali: basta scrivere le relazioni tra correnti e tra tensioni imposte dai vincoli introdotti mediante il collegamento e quelle imposte dal modo particolare con cui si vuol far funzionare il sistema composto; queste relazioni, associate ai sistemi, per esempio del tipo (1), validi per ogni quadripolo componente consentono di ricavare le equazioni di funzionamento del sistema composto. I calcoli possono essere lunghi e laboriosi, ma non sono concettualmente difficili.

Qui però interessa il caso in cui il sistema composto debba essere un doppio-bipolo formato riunendo due altri doppi-bipoli e si vogliono cercare le condizioni in cui i parametri del doppio-bipolo risultante siano esprimibili per mezzo dei soli quattro parametri caratteristici dei doppi-bipoli componenti. In questo caso, non intervenendo a determinare le proprietà del sistema composto i parametri dei componenti estranei al funzionamento di questi come doppi-bipoli, gli stessi componenti continuano a funzionare come doppi-bipoli anche dopo il collegamento, cioè si può dire che si attua un collegamento di doppi-bipoli senza interazione.

Un collegamento di questo tipo si attua sempre quando si uniscono doppi-bipoli in cascata, cioè quando si collegano in parallelo una coppia di morsetti di un doppio-bipolo con una dell'altro e si adoperano le coppie di morsetti rimaste libere come coppie di morsetti del doppio-bipolo risultante. Pertanto non ci si occuperà nel seguito di questo caso.

Ci si vuole invece occupare dei collegamenti serie-serie, parallelo-parallelo e serie-parallelo, che sono illustrati nelle figure 4, 5, 6, a proposito dei quali si conosce una discussione completa ⁽¹⁾, svolta

⁽¹⁾ L. WEINBERG, *Network analysis and synthesis*, McGraw Hill Book Company Inc. 1962.

tuttavia mettendo in relazione parametri non corrispondenti dei doppi-bipoli componenti e nella quale non sono segnalate alcune interessanti conclusioni, che verranno riportate più avanti, e una trattazione recente ⁽¹⁾ limitata a considerazioni particolari. Evidentemente non è necessario considerare anche il collegamento parallelo-serie, perché, essendo la numerazione dei morsetti del tutto arbitraria, coincide con quello della figura 6. Inoltre è assolutamente indifferente indicare con 4' e 4'' e rispettivamente con 3' e 3'', come si è fatto nelle figure, i mor-

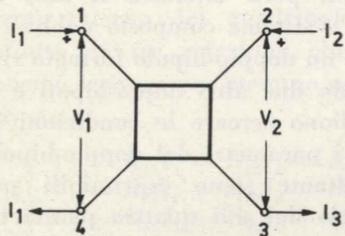


Fig. 3 - Correnti e tensioni indipendenti in un doppi-bipolo.

setti che sono sempre comuni nei tre casi, oppure indicarli con 4' e 1'' e rispettivamente con 3' e 2''; tuttavia la numerazione qui adottata mette in evidenza proprietà omologhe dei componenti, mentre l'altra numerazione, adottata da Weinberg, porta a relazioni tra parametri che non hanno lo stesso significato fisico.

In generale, attuando uno qualsiasi dei tre collegamenti indicati, ha luogo un'interazione tra i due doppi-bipoli componenti, nel senso che le due tensioni V_3' e V_3'' , che prima del collegamento potevano non essere uguali, sono rese forzatamente uguali; in conseguenza le correnti I_3' e I_3'' , che prima del collegamento erano zero entrambe, dopo il collegamento non sono in generale più zero, pur essendo in ogni caso uguali e

⁽¹⁾ A. CARRER, *Sul collegamento di quadripoli* - Atti della Acc. delle Scienze di Torino, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, vol. 99 (1964-1965), disp. 3ª, pp. 371-80.

opposte. In altre parole i due sistemi componenti, una volta collegati, non funzionano più come doppi-bipoli, ma come generici quadripoli e quindi i parametri del doppi-bipolo risultante dipendono da tutti i nove parametri di ognuno dei doppi-bipoli componenti. Perché questo non avvenga, occorre e basta che, operando il collegamento, le correnti I_3' e I_3'' restino ancora zero; e questo risultato deve essere la conseguenza di una proprietà dei parametri indipendente dai valori delle tensioni e delle correnti del sistema risultante; non si deve cioè regolare le tensioni o le correnti in modo che le correnti I_3' e I_3'' risultino zero, ma si deve ricercare le condizioni per cui, distribuendosi le tensioni e le correnti come impongono le proprietà del sistema, le correnti I_3' e I_3'' risultino identicamente zero.

Per portare quanto detto sul terreno concreto, si consideri per esempio il collegamento serie-serie (fig. 4). Si distingueranno sempre i due quadripoli componenti con I e II e si distingueranno con un apice i parametri e le variabili relativi al I e con due apici quelli relativi al II, mentre senza apici restano i simboli dei parametri e delle variabili del sistema risultante. Le condizioni di vincolo imposte dal collegamento sono:

$$(7) \quad \begin{aligned} I_1 + I_3 &= -(I_1' + I_3') \\ I_2 - I_3 &= -(I_2' - I_3') \\ V_3 &= V_3' \end{aligned}$$

mentre le relazioni che esprimono la condizione che il sistema risultante sia un doppi-bipolo sono:

$$(8) \quad \begin{aligned} I_1' &= -I_1'' = I_1 \\ I_2' &= -I_2'' = I_2 \\ V_1' - V_1'' &= V_1 \\ V_2' - V_2'' &= V_2 \end{aligned}$$

Combinando le prime due delle (7) con le prime due delle (8), si ricava:

$$(9) \quad I_3 = -I_3'$$

La terza delle (7) scritta per mezzo delle espressioni di V_3' e

V_3'' ottenute scrivendo la terza delle (1) con un apice e con due apici rispettivamente e con le sostituzioni espresse dalle prime due delle (8) fornisce I_3' (e quindi I_3'') in funzione di I_1 e I_2 . Sostituendo queste espressioni in quelle di V_1' , V_2' e V_1'' , V_2'' ottenute scrivendo le prime due delle (1) rispettivamente con un apice e con due apici e infine adoperando le ultime due delle (8) per valutare V_1 e V_2 , si ottengono le equazioni del doppi-bipolo risultante:

$$V_1 = \left[R_{11}' + R_{11}'' - \frac{(R_{13}' + R_{13}'')(R_{31}' + R_{31}'')}{R_{33}' + R_{33}''} \right] I_1 + \left[R_{12}' + R_{12}'' - \frac{(R_{13}' + R_{13}'')(R_{32}' + R_{32}'')}{R_{33}' + R_{33}''} \right] I_2$$

$$V_2 = \left[R_{21}' + R_{21}'' - \frac{(R_{23}' + R_{23}'')(R_{31}' + R_{31}'')}{R_{33}' + R_{33}''} \right] I_1 + \left[R_{22}' + R_{22}'' - \frac{(R_{23}' + R_{23}'')(R_{32}' + R_{32}'')}{R_{33}' + R_{33}''} \right] I_2$$

$$I_3 = -I_3' = -\frac{R_{31}' + R_{31}''}{R_{33}' + R_{33}''} I_1 - \frac{R_{32}' + R_{32}''}{R_{33}' + R_{33}''} I_2$$

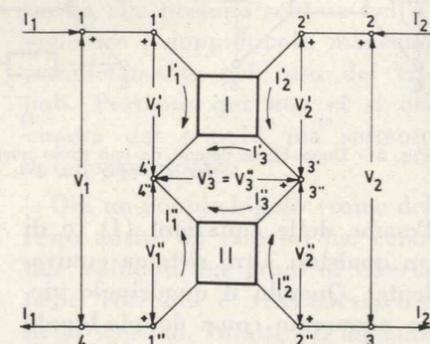


Fig. 4 - Collegamento serie-serie di due doppi-bipoli I (1'-4', 2'-3') e II (1''-4'', 2''-3'') e doppi-bipolo risultante 1-4, 2-3.

restando così confermato che in generale i parametri del doppi-bipolo risultante dipendono da tutti i parametri dei quadripoli componenti e che tra i due siste-

mi componenti si ha interazione attraverso le correnti I_3' , I_3'' . Nessuna difficoltà esiste per calcolare la tensione V_3 tra i morsetti 3-4.

5. — Si cercheranno ora le condizioni perché il collegamento possa avvenire senza interazione.

Nel caso del collegamento serie-serie (fig. 4) si adoperano, come prima, le equazioni dei sistemi componenti e risultanti nella forma (4), dato che si vuole che il carattere di doppi-bipolo venga conservato anche nella struttura composta. Per questo, come si è detto, deve essere $I_3' = I_3'' = 0$; il che accade quando la tensione totale lungo la maglia formata collegando 4' con 4'' e 3' con 3'' è zero, ossia, tenendo conto delle prime due delle (8), quando per valori uguali e opposti delle cor-

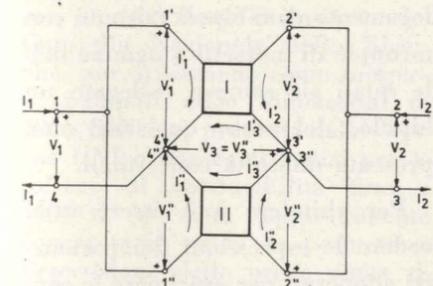


Fig. 5 - Collegamento parallelo-parallelo di due doppi-bipoli I (1'-4', 2'-3') e II (1''-4'', 2''-3'') e doppi-bipolo risultante 1-4, 2-3.

renti omologhe dei due doppi-bipoli, cioè per $I_1'' = -I_1'$ e $I_2'' = -I_2'$ (per il resto qualsivoglia), le tensioni V_3' e V_3'' risultano uguali.

La terza delle (4), scritta per i due sistemi, fornisce allora:

$$R_{31}' I_1 + R_{32}' I_2 = -R_{31}'' I_1 - R_{32}'' I_2$$

e, dovendo essere verificata per valori qualsivoglia delle correnti, porta alle condizioni:

$$(10) \quad R_{31}' + R_{31}'' = R_{32}' + R_{32}'' = 0$$

Quando la (10) è verificata bastano le (4), invece delle (1), per trovare le equazioni del doppi-bipolo risultante, che sono:

$$\begin{aligned} V_1 &= (R_{11}' + R_{11}'') I_1 + (R_{12}' + R_{12}'') I_2 \\ V_2 &= (R_{21}' + R_{21}'') I_1 + (R_{22}' + R_{22}'') I_2 \end{aligned}$$

La tensione V_3 del doppi-bipolo risultante va calcolata a parte e risulta $V_2'' + V_3'' - V_1''$, ossia:

$$V_3 = (R_{11}' - R_{21}' - R_{31}'') I_1 + (R_{12}' - R_{22}' - R_{32}'') I_2$$

Quando i due doppi-bipoli componenti sono costituiti da una rete di resistori, tenendo conto che in una tale rete alimentata da un solo generatore i morsetti del generatore hanno uno il potenziale più alto (quello da cui entra corrente positiva nella rete) e l'altro il potenziale più basso di tutti quelli che si trovano nella rete, si conclude che R_{31}' , R_{31}'' e R_{31} sono tutti positivi (o al minimo zero), mentre R_{32}' , R_{32}'' e R_{32} sono tutti negativi (o al massimo zero). Pertanto nel caso di doppi-bipoli formati con soli resistori le condizioni (10) sono verificate soltanto se i quattro parametri che vi figurano sono tutti zero, cioè soltanto se le tensioni V_3' e V_3'' sono zero in ogni condizione di funzionamento dei doppi-bipoli, che in tal caso risultano in effetti essere tripoli. In altre parole due doppi-bipoli di soli resistori non si possono mai collegare in serie-serie senza interazione, a meno che non siano tripoli.

In regime sinusoidale i parametri che intervengono nelle condizioni (10) diventano impedenze mutue complesse funzioni della frequenza e pertanto le stesse condizioni possono in generale essere verificate per qualche valore particolare della frequenza. Cioè in regime sinusoidale il collegamento serie-serie senza interazione di due doppi-bipoli qualsivoglia è in generale sempre possibile per qualche valore della frequenza.

Naturalmente per rendere possibile il collegamento serie-serie senza interazione per un valore assegnato della frequenza occorre che i valori degli elementi componenti dei doppi-bipoli siano scelti in modo da soddisfare le condizioni (10) per quel valore di frequenza. Il caso in cui le condizioni (10) sono verificate per qualsiasi valore della frequenza,

e quindi il collegamento serie-serie senza interazione sia possibile anche con tensioni e correnti comunque variabili, è da considerare del tutto eccezionale, cioè si verifica in situazioni estremamente particolari, quale quella in cui i due doppi-bipoli sono identici salvo un trasformatore ideale aggiunto a uno solo dei due.

Queste conclusioni sull'effettiva possibilità di soddisfare, nei diversi casi, alle condizioni (10) non risulta siano state segnalate finora.

6. — Per il caso del collegamento parallelo-parallelo (fig. 5) conviene fare riferimento alle equazioni (5). Si ha ancora $I_3' = -I_3'' = 0$ quando la tensione totale lungo la maglia interna, for-

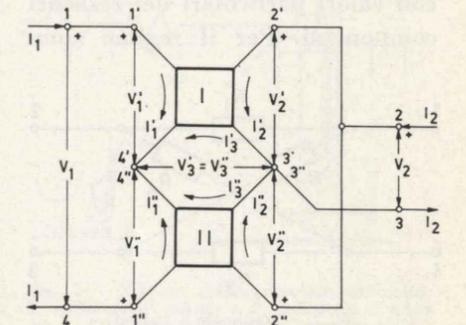


Fig. 6 - Collegamento serie-parallelo di due doppi-bipoli I (1'-4', 2'-3') e II (1''-4'', 2''-3'') e doppi-bipolo risultante 1-4, 2-3.

mata col collegamento tra i due doppi-bipoli, è zero, ma le condizioni derivanti dal funzionamento come doppi-bipolo del sistema risultante sono ora:

(11) $V_1' = V_1'' = V_1$, $V_2' = V_2'' = V_2$, $I_1 + I_1' = I_1$, $I_2 + I_2' = I_2$ diverse dalle (8), cioè nel doppi-bipolo risultante sono uguali le tensioni (che nel caso precedente erano in generale diverse) delle coppie di morsetti omologhe dei due sistemi componenti e sono diverse le correnti (che nel caso precedente erano uguali e opposte). Perciò con $I_3' = I_3'' = 0$ si ha anche $V_3' = V_3''$ quando la stessa condizione si verifica per i due doppi-bipoli componenti funzionanti con valori uguali (ma per il

resto qualsivogliano) delle tensioni omologhe. Pertanto le condizioni di collegamento senza interazione in questo caso diventano:

$$(12) \quad \gamma'_{31} - \gamma''_{31} = \gamma'_{32} - \gamma''_{32} = 0$$

e, quando queste sono verificate, le equazioni del doppio-bipolo risultante sono:

$$\begin{aligned} I_1 &= (G'_{11} + G''_{11}) V_1 + (G'_{12} + G''_{12}) V_2 \\ I_2 &= (G'_{21} + G''_{21}) V_1 + (G'_{22} + G''_{22}) V_2 \\ V_3 &= V'_3 = V''_3 = \gamma'_{31} V_1 + \gamma'_{32} V_2 \end{aligned}$$

Nel caso di doppi-bipoli formati con soli resistori γ'_{31} e γ''_{31} sono sempre positivi (o al minimo zero), mentre γ'_{32} e γ''_{32} sono sempre negativi (o al massimo zero) per cui è possibile attuare il collegamento senza interazione con valori particolari dei resistori componenti. Per il regime sinu-

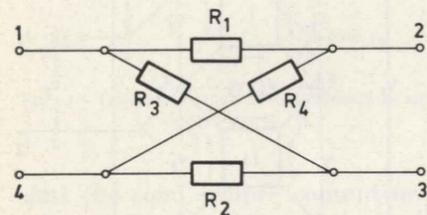


Fig. 7 - Quadripolo a traliccio.

soidale e per grandezze variabili in modo qualsiasi valgono le stesse osservazioni fatte per il caso del collegamento serie-serie.

7. — Per il collegamento serie-parallelo (fig. 6) conviene fare riferimento alle equazioni (6). Le condizioni di funzionamento come doppio-bipolo del sistema risultante sono:

$$(13) \quad \begin{aligned} V'_1 - V''_1 &= V_1 \\ V'_2 &= V''_2 = V_2 \\ I'_1 &= -I''_1 = I_1 \\ I'_2 + I''_2 &= I_2 \end{aligned}$$

Il collegamento avviene senza interazione se, con $I'_3 = I''_3 = 0$, risulta $V'_3 = V''_3$, cioè se i due doppi-bipoli funzionanti separatamente con correnti I'_1 e I''_1 uguali e di segno opposto e con tensioni V'_2 e V''_2 uguali (ma per il resto qualsivogliano) presentano valori

uguali delle tensioni V'_3 e V''_3 . Perciò le condizioni di collegamento senza interazione in questo caso sono:

$$(14) \quad \delta'_{32} - \delta''_{32} = r'_{31} + r''_{31} = 0$$

e, quando queste sono verificate, le equazioni del doppio-bipolo risultante diventano:

$$\begin{aligned} V_1 &= (K'_{12} - K''_{12}) V_2 + (R'_{c1} + R''_{c1}) I_1 \\ I_2 &= (G'_{e2} + G''_{e2}) V_2 + (H'_{21} - H''_{21}) I_1 \\ V_3 &= V'_3 - V''_3 = (\delta'_{32} - K''_{12}) V_2 + (r'_{31} + R''_{c1}) I_1 \end{aligned}$$

Nel caso di doppi-bipoli formati da soli resistori δ'_{32} e δ''_{32} sono sempre negativi (o al massimo zero), mentre r'_{31} e r''_{31} sono sempre positivi (o al minimo zero), perciò la seconda delle (14) è soddisfatta soltanto da valori zero dei due parametri r'_{31} e r''_{31} ; ossia il collegamento serie-parallelo di due doppi-bipoli di soli resistori è possibile senza interazione soltanto se i due sistemi componenti sono tripoli. Per il regime sinusoidale e per grandezze variabili in modo qualsiasi valgono le stesse osservazioni fatte per il caso del collegamento serie-serie.

8. — In conclusione il collegamento diretto tra due doppi-bipoli, eseguito collegando in serie o in parallelo ognuna delle due coppie di morsetti dell'uno con una coppia di morsetti dell'altro, per ottenere un nuovo doppio-bipolo, dà luogo in generale a interazione tra i due doppi-bipoli componenti, che dipende da proprietà estranee al funzionamento come doppi-bipoli; cioè per determinare le equazioni di funzionamento del sistema risultante occorre sia noto il comportamento generale come quadripolo (e non soltanto come doppio-bipolo) di ogni componente. Il collegamento avviene senza interazione, cioè anche nel sistema complesso i due

sistemi componenti continuano a funzionare come doppi-bipoli, soltanto se sono soddisfatte certe relazioni tra i parametri dei componenti che determinano, in funzione delle tensioni o delle correnti alle due coppie di morsetti, le tensioni tra un morsetto di una coppia e uno dell'altra.

Avendo impostato la discussione del problema in modo simmetrico rispetto ai doppi-bipoli componenti è stato possibile formulare le condizioni di collegamento senza interazione per mezzo di parametri omologhi dei due componenti e discutere le possibilità effettive di soddisfare a tali condizioni.

L'estensione al collegamento di più di due doppi-bipoli e al collegamento di n-bipoli (sistemi con n-coppie di morsetti a ognuna delle quali sia sempre collegato un bipolo, del resto qualsiasi) non presenta difficoltà concettuali.

Per chiudere può essere utile vedere le espressioni dei parametri adoperati per esprimere le condizioni di collegamento senza interazione per il caso del quadripolo a traliccio (fig. 7):

$$\begin{aligned} R_{31} &= R_2 (R_1 + R_4) / (R_1 + R_2 + R_3 + R_4), \\ R_{32} &= -R_2 (R_1 + R_3) / (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{31} &= \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} \left(\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} \right), \\ \gamma_{32} &= - \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \left(\frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{31} &= R_2 R_4 / (R_2 + R_4) \\ \delta_{32} &= -R_2 / (R_2 + R_4) \end{aligned}$$

Torino, Istituto Elettrotecnico Nazionale G. Ferraris.

Rinaldo Sartori

Misure di conducibilità termica di materiali isolanti fino a circa -200°C

V. FERRO e A. SACCHI descrivono una apparecchiatura a lastra piana quadrata con anello di guardia per la misura della conducibilità termica equivalente fino a circa -200°C su campioni di $500 \times 500 \text{ mm}$, utilizzando azoto liquido come mezzo raffreddante e concepita in modo da permettere la rapida sostituzione dei campioni per prove successive senza la preventiva preparazione delle parti a contatto con il liquido frigorifero.

Si riportano i risultati di alcune misure su lana di vetro, lana minerale e resina fenolica espansa.

1) Introduzione.

La diffusione della tecnica delle bassissime temperature con la produzione di gas liquefatti ha indotto, presso l'Istituto di Fisica Tecnica del Politecnico di Torino, alla costruzione di una apparecchiatura per misure della conducibilità termica equivalente di materiali isolanti nel campo di temperature compreso fra $+10 \div -190^\circ\text{C}$.

Tale apparecchiatura, realizzata con il contributo finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche, pur utilizzando come campioni pannelli delle dimensioni di $500 \times 500 \text{ mm}$, proposti dalle Norme UNI e impiegati ormai per le misure di conducibilità fino a 1000°C , è stata appositamente concepita in modo da permettere l'esecuzione delle prove senza richiedere un notevole consumo di fluido frigorifero.

L'idea è stata pertanto quella di costruire una apparecchiatura che, raffreddata una sola volta, permettesse la rapida sostituzione dei pannelli e quindi l'esame successivo di diversi campioni.

Il metodo impiegato è quello calorimetrico isoterico, basato sul punto fisso di trasformazione dell'azoto dalla fase liquida alla fase gassosa. La scelta di questo metodo è dovuta essenzialmente alla possibilità di assicurare una temperatura uniforme e costante in corrispondenza ad una superficie piana del materiale in prova.

I materiali provati sono i seguenti:

— Lana di vetro, disposta, tramite un telaietto in legno e nastro di similare lana di vetro dello spessore di $0,44 \text{ mm}$, in pannelli di $500 \times 500 \times 100 \text{ mm}$ con diametro medio delle fibre pari a 5 micron ;

— Lana minerale di basalto, disposta tramite un telaietto in legno e nastro di lana di vetro dello spessore di $0,44 \text{ mm}$, in pannelli di $500 \times 500 \times 100 \text{ mm}$, con diametro medio delle fibre pari a 10 micron ;

— Resina fenolica espansa con diametro medio degli alveoli pari a 100 micron .

Ciascuno dei tre materiali è stato provato a due diverse densità; i campioni sono risultati pertanto:

1° campione: lana di vetro - densità apparente 60 kg/m^3 ;

2° campione: lana di vetro - densità apparente 100 kg/m^3 ;

3° campione: lana minerale - densità apparente 60 kg/m^3 ;

4° campione: lana minerale - densità apparente 100 kg/m^3 ;

5° campione: resina fenolica espansa - densità apparente 30 kg/m^3 .

6° campione: resina fenolica espansa - densità apparente 60 kg/m^3 .

2) Descrizione dell'apparecchio.

L'apparecchio all'uso impiegato è rappresentato nella fig. 1. La superficie isoterma fredda del campione è realizzata mediante una lastra in rame di $500 \times 500 \times 12 \text{ mm}$, costituente il fondo di due recipienti coassiali rispettivamente di base $250 \times 250 \text{ mm}$ e $500 \times 500 \text{ mm}$. Il primo costituisce l'elemento di misura, mentre l'intercapedine fra i due costituisce la zona di guardia. L'azoto evaporato nella zona centrale percorre uno scambiatore di calore e viene misurato per mezzo di un contatore volumetrico di precisione Elster e Co. A. G. (portata massima 200 lt/h , errore $\pm 0,5\%$).

L'azoto che passa allo stato gassoso nella zona di guardia, viene convogliato nell'isolante di lana di vetro che avvolge tutto il recipiente, per utilizzare ulteriormente la sua potenza refrigerante e quindi viene scaricato sulla base inferiore, impedendo infiltrazioni

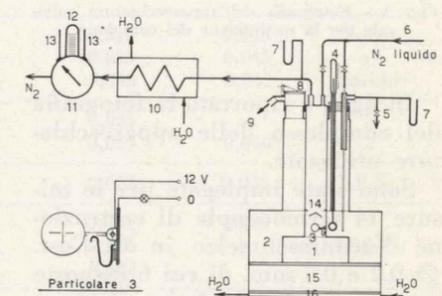


Fig. 1 - Schema dell'apparecchio utilizzato: 1, serbatoio di misura - 2, serbatoio di guardia - 3, indicatore di livello zona centrale - 4, indicatore di livello zona di guardia - 5, scarico ausiliario con valvola micrometrica - 6, tubazione di riempimento - 7, manometri - 8, valvola di sicurezza - 9, scarico N_2 nell'isolante dell'apparecchio - 10, scambiatore - 11, contatore di gas - 12, manometro - 13, termometri - 14, schermi - 15, campione in prova - 16, lastra scaldante a circolazione d'acqua.

di umidità e di anidride carbonica nella camera occupata dal campione in prova.

La superficie isoterma calda del campione è ottenuta tramite una piastra di rame di $500 \times 500 \times 10 \text{ mm}$, riscaldata con cassa a circolazione d'acqua.

I recipienti di azoto liquido ed il relativo isolamento termico costituiscono un unico insieme sollevabile per permettere la sostituzione del campione in prova; un soffietto impermeabile in materiale termoplastico con unica apertura anteriore permette di eseguire tale sostituzione anche ad apparecchiatura fredda, senza che avvengano infiltrazioni d'aria. Una abbondante introduzione di azoto gassoso derivato da bombole è stata comunque effettuata sul fian-

co della lastra fredda per maggiore sicurezza e un opportuno quantitativo di gel di silice è stato mantenuto all'interno di tale custodia sia per servire come assorbitore, sia per indicare, col suo cambiamento di colore, l'avvenuta introduzione di umidità dall'ambiente esterno.

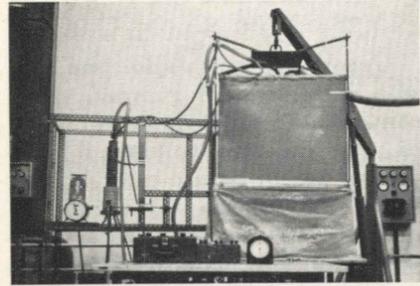


Fig. 2 - Fotografia dell'apparecchiatura sollevata per la sostituzione del campione.

In fig. 2 è riportata la fotografia del complesso delle apparecchiature utilizzate.

Sono state impiegate per le misure 14 termocoppie di costruzione Vacuum Schmelze in Cu-Cost, Ø 0,2 e 0,5 mm, di cui 6 disposte a contatto con le lastre calda e fredda, 3 sulla superficie fredda del campione e 5 inserite, tramite lunghi aghi in acciaio inossidabile, all'interno del materiale provato.

La sufficiente elasticità del feltro di fibre di vetro e minerali, nonché della resina fenolica, fa sì che, dopo il passaggio del filo e nonostante la differenza di diametro fra il filo e l'ago, i meati ovvero i vacuoli in seno al materiale si richiudano parzialmente, assicurando un buon contatto fra le termocoppie ed il materiale stesso. Questi giunti termoelettrici permettono la misura della distribuzione delle temperature utili al calcolo delle variazioni di conducibilità in funzione della temperatura stessa.

Tutte le termocoppie sono state preventivamente tarate nel campo $-200^{\circ}\text{C} \div +100^{\circ}\text{C}$ mediante i punti fissi dell'azoto, del CO_2 , del ghiaccio e dell'acqua bollente, secondo le modalità indicate dalla scala internazionale per punti fissi termometrici.

Per le letture delle indicazioni delle termocoppie sono stati im-

piegati potenziometri Leeds e Northrup tipo K3 [errore $\pm (0,015\% + 0,5 \mu\text{V})$] e tipo 8686 [errore $\pm (0,1\% + 20 \mu\text{V})$].

3) Principio del metodo.

In condizioni di regime stazionario, indicando con dt/dx il gradiente di temperatura normale alle superfici isoterme del campione, si ha notoriamente:

$$k_t = - \left(\frac{rG}{S} \right) : \left(\frac{dt}{dx} \right)$$

dove k_t è il coefficiente di conduzione termica equivalente, alla temperatura t , G è la massa di azoto evaporata nell'unità di tempo dalla zona di misura di superficie S ed r è il calore di evaporazione corrispondente alla pressione assoluta regnante all'interno del recipiente centrale di misura.

Il valore di r è stato derivato dalle International Critical Tables (vol. III pag. 203 e vol. V pag. 135 - Ed. 1928) e, nel campo di pressioni $0,2 \div 1,2$ bar, può essere approssimato dalla relazione:

$$r = \frac{28,101}{p + 0,73021} + 183,26 \text{ (errore inferiore a } 0,1\% \text{) con } r \text{ espresso in } \text{kJ/kg e } p \text{ in bar.}$$

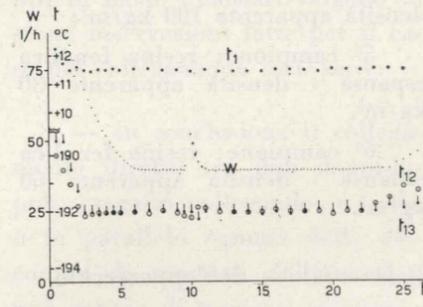


Fig. 3 - Portata di azoto gassoso w e temperature t_1 della faccia calda, t_{12} , t_{13} della faccia fredda in funzione del tempo nel caso del 1° campione provato.

Nelle prove la pressione p di evaporazione è risultata mediamente nell'intorno di 0,98 bar, a cui corrisponde $r \approx 200 \text{ kJ/kg}$.

L'impiego delle termocoppie collocate all'interno del materiale in prova permette di tracciare l'andamento delle temperature all'interno del campione. Da tale diagramma, che sarebbe rettilineo se la conducibilità fosse costante con la temperatura, si possono rilevare eventuali variazioni di k_t

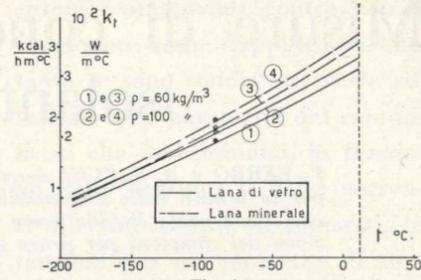


Fig. 4a

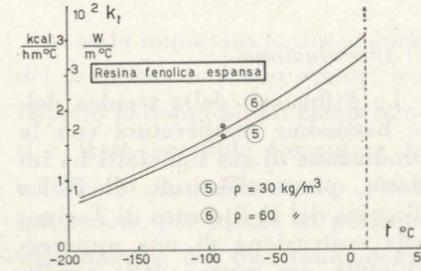


Fig. 4b

Fig. 4 a, b - Conduttività termica equivalente in funzione della temperatura per i vari campioni esaminati. I circolini indicano i valori della conducibilità media fra le temperature estreme.

con la temperatura stessa, se dette variazioni sono sensibili nell'intervallo compreso fra le temperature delle facce calda e fredda.

Infatti essendo risultato possibile esprimere i valori sperimentali con una relazione del tipo:

$$k_t = a + bt + ct^2$$

si ottiene dalla (1):

$$x = - \frac{S}{rG} \int_{t_{12}}^t k_t dt = - \frac{S}{rG} \left[a(t - t_{12}) + \frac{b}{2}(t - t_{12})^2 + \frac{c}{3}(t - t_{12})^3 \right]$$

essendo x la generica distanza della superficie isoterma del pannello, alla temperatura t , dalla superficie esterna dello stesso pannello, alla temperatura t_{12} .

Esprimendo quindi il valore:

$$y = \frac{x r G}{(t - t_{12}) S}$$

in funzione di $t - t_{12}$, si ottiene un diagramma parabolico rappresentabile analiticamente con una equazione di secondo grado, le cui costanti sono rispettivamente a , $\frac{b}{2}$, $\frac{c}{3}$.

4) Risultati.

I risultati delle prove sono riportati nei diagrammi delle figg. 3, 4, 5. In fig. 3 è riportato in

dm^3/h l'andamento della portata di azoto gassoso w relativa al tronco di misura in funzione del tempo nel caso del 1° campione provato; da esso risulta come si sia raggiunto il regime stazionario in circa 12 ore (ivi compreso il caricamento effettuato dopo 10 ore circa), mantenendolo approssimativamente per oltre 10 ore.

Sulla stessa figura sono riportati gli andamenti delle temperature di alcune termocoppie, disposte sulle superfici calde e fredde del campione.

Applicando il procedimento sopra esposto ai risultati sperimentali ottenuti, si sono calcolati i valori delle costanti a , b , c , che sono stati elencati nella Tabella I, mentre nelle figure 4a e 4b sono stati riportati i valori di k_t in funzione della temperatura.

I risultati ottenuti mostrano un buon accordo con quelli derivati dalla letteratura per materiali similari.

Un esame comparativo dei vari risultati per diversi tipi di materiali è riportato nelle figg. 5a, 5b

TABELLA I

$$k_t = a + b(t + 192) + c(t + 192)^2$$

Valori delle costanti a , b , c , per i materiali provati

| Campione № | Valori delle costanti a , b , c , per i materiali provati | | |
|------------|---|--|--|
| | $\frac{W}{\text{m}^{\circ}\text{C}}$ | $\frac{W}{\text{m}^{\circ}\text{C}^2}$ | $\frac{W}{\text{m}^{\circ}\text{C}^3}$ |
| 1 | $0,85 \times 10^{-2}$ | 1×10^{-4} | $0,058 \times 10^{-4}$ |
| 2 | 0,97 » | $1,02 \times 10^{-4}$ | 0,058 » |
| 3 | 0,93 » | 1,05 » | 0,116 » |
| 4 | 1,05 » | 1,07 » | 0,116 » |
| 5 | 0,81 » | 0,86 » | 0,14 » |
| 6 | 0,88 » | 0,86 » | 0,21 » |

Per esprimere k_t in kcal (h m °C) moltiplicare per 0,860.

TABELLA II - Conduttività termica equivalente di materiali da costruzione ed isolanti per basse temperature espressa in $W/(m^{\circ}\text{C})$

| Materiale | ρ kg/m ³ | -200°C | -150°C | -100°C | -50°C | 0°C | 50°C | Bibl. |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----------------|
| Resine fenoliche espanse | 30 | 0,0066 | 0,012 | 0,017 | 0,023 | 0,030 | 0,040 | Ferro e Sacchi |
| | 60 | 0,0081 | 0,013 | 0,019 | 0,025 | 0,033 | 0,045 | |
| | 70 | | | | | 0,035 | 0,047 | |
| Polistirolo espanso | 13,7 | | | | 0,027 | 0,035 | | 5 |
| | 20 | | 0,015 | 0,021 | 0,027 | 0,034 | 0,040 | 2 |
| Poliuretano espanso | 37,5 | | | | | 0,032 | 0,038 | I.F.T. |
| Schiuma di vetro (Foamglas) | 165 | 0,042 | 0,048 | 0,053 | 0,058 | 0,061 | 0,063 | 9-10-11 |
| | 300 | | | | | 0,116 | | |
| | 400 | | | | | 0,162 | | |
| Vermiculite | 131 | | | | 0,055 | 0,063 | | 9 |
| Gomma espansa (Ebonite) (Rubatex) | 64 | | | 0,0195 | 0,0237 | 0,028 | | 6 |
| | 87 | | | | | 0,030 | | 9 |
| | 78 | | 0,0145 | 0,0225 | 0,0275 | 0,031 | 0,032 | 11 |
| Schiuma ureica (Iporka) | 8-15 | | | | | 0,031 | 0,043 | 10 |
| Diatomite Kieselgur | 200 | | | | | 0,074 | | 9 |
| | 54 | 0,0122 | | 0,022 | | 0,035 | 0,042 | 10 |
| Aerogel di silice (Santocel) | 85 | | | 0,015 | | 0,021 | 0,024 | 10-11 |
| Carbonato di Magnesio | 131 | 0,021 | 0,026 | 0,029 | 0,034 | 0,038 | 0,044 | 10 |
| | 270 | | | | | 0,055 | 0,060 | 9 |
| Fibre di canna (Celotex) | 230 | 0,021 | 0,0275 | 0,033 | 0,0385 | 0,0435 | 0,049 | 11 |
| Cartone Amianto | 280 | | | | | 0,070 | | 9 |
| | 470 | 0,084 | 0,119 | 0,136 | 0,148 | 0,153 | 0,159 | |
| | 700 | 0,156 | 0,210 | 0,221 | 0,227 | 0,237 | 0,241 | |
| Cotone minerale | 95 | 0,01 | 0,015 | 0,020 | 0,026 | 0,031 | 0,038 | 9 |
| | 250 | | | | 0,036 | 0,042 | | |
| Cotone vegetale | 80 | 0,033 | 0,038 | 0,044 | 0,050 | 0,056 | 0,063 | 9 |
| | | | | | | | | |
| Crine | 130 | | | | 0,029 | 0,042 | | 9 |
| | 175 | | | | | 0,034 | | |
| | 420 | | | | | 0,038 | 0,048 | |
| Caucciù vulcanizzato | | 0,14 | 0,145 | 0,15 | 0,155 | 0,16 | 0,17 | 9 |
| Legno pino | 386 | | | | 0,088 | 0,096 | | 9 |
| Vetro crown | | 0,45 | 0,70 | 0,95 | 1,07 | 1,18 | 1,27 | 11 |
| Muro mattoni | 810 | | | | | 0,19 | | 9 |
| | 1620 | | | | | 0,48 | | |
| Gres | 2260 | | | | | 1,42 | | 9 |

Per ottenere k_t espresso in kcal/(h m °C) moltiplicare per 0,860.

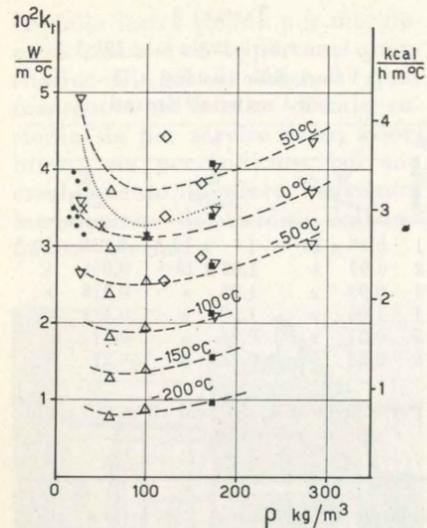


Fig. 5 a - Lana di vetro (la linea punteggiata rappresenta l'andamento proposto dal Mironneau per la temperatura di 27°C).

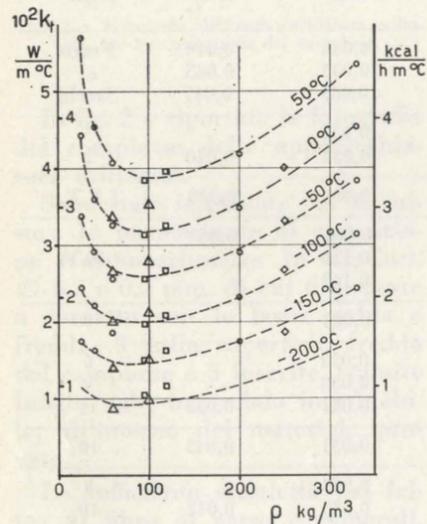


Fig. 5 b - Lana minerale.

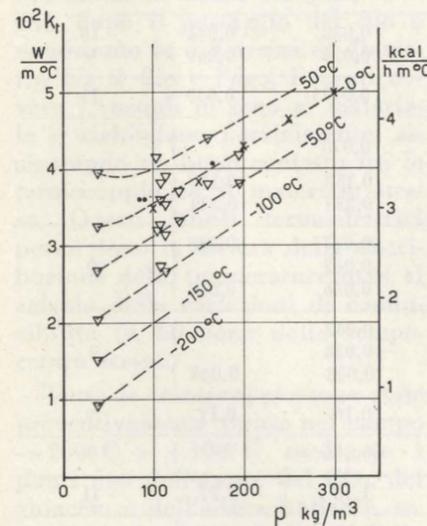


Fig. 5 c - Sughero espanso autocollato.

Fig. 5 - Diagrammi comparativi fra i risultati riportati dai seguenti autori: ○ Cammerer, □ Cammerer, lana di scorie, ◇ Codegone, △ Ferro e Sacchi, ▽ Mironneau, × Planck, ● Torino - Ist. di Fisica Tecnica, ■ Wilkes.

e 5c, in funzione della loro massa specifica apparente.

Nonostante le loro differenze costitutive e le disparità dei metodi sperimentali utilizzati dai vari autori, si riscontra un discreto accordo tanto maggiore quanto minori risultano le temperature medie e le masse specifiche apparenti, tale da permettere il tracciamento delle linee a temperatura costante.

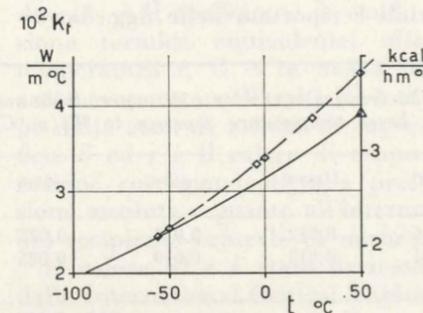


Fig. 6 - Influenza del diametro delle fibre sulla conduttività termica: lana di vetro $\rho = 120 \text{ kg/m}^3$ - diametro fibre 40μ (Codegone) e Δ $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$ - diametro fibre 5μ (Ferro e Sacchi).

L'accentuato valore di minimo per alcune di esse corrisponde al valore di densità ottima, sotto il profilo della coibenza termica, per ogni temperatura dell'isolante.

Nel caso di materiali composti da fibre di vetro o minerali, a parità di massa specifica apparente e per un definito valore di temperatura, la conducibilità termica equivalente risulta funzione crescente del diametro delle fibre, a causa della maggiore influenza dei moti convettivi del fluido in seno al materiale. Inoltre la divergenza fra gli andamenti delle conducibilità termiche equivalenti cresce con la temperatura.

La fig. 6 mostra appunto un esempio di due materiali a base di fibre di vetro di massa specifica apparente prossima (100 e 120 kg/m^3) e diverso diametro delle fibre (5 e 40μ).

La Tabella II mostra infine alcuni valori di conduttività termica equivalente per altri tipi di isolanti termici usati nella tecnica delle basse temperature.

Si ringrazia il Prof. C. Codegone, Direttore dell'Istituto di Fisica Tecnica del Politecnico di Torino, per i consigli e l'assistenza prestatasi per la stesura della presente nota.

V. Ferro - A. Sacchi

BIBLIOGRAFIA

- 1) R. CADIERGUES - J. GENEVAY, *La conductibilité thermique des matériaux* - Suppl. aux Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics.
- 2) W. F. CAMMERER, *Die Messung der Wärmeleitfähigkeit von Isolierstoffen bei tiefen Temperaturen* - « Kältetechnik » - Aprile 1960, pagina 107.
- 3) C. CODEGONE, *Rassegna di metodi di misura della conduttività termica dei materiali da costruzione* - « Atti e Rassegna Tecnica della Soc. Ing. ed Arch. in Torino » - Settembre 1955, p. 297.
- 4) C. CODEGONE - V. FERRO - A. SACCHI, *An improvement of a method for measuring thermal conductivity of insulating materials in hollow cylindrical shape*. Commission 2, 3, 4, 6a, Washington 1962, Annexe 1962, 1 Supplement au Bulletin de l'Institut International du Froid.
- 5) C. CODEGONE - V. FERRO, *A square plate apparatus for measuring the thermal conductivity of insulating materials at low temperatures* - Comm 2 - Turin 1964, Annexe 1964-2 - Supplement au Bulletin de l'Institut International du Froid, p. 15.
- 6) A. COOPER, *Low temperature properties of expanded ebonite* - « Progress in Refrigeration Science and Technology » - Pergamon Press - Londra 1959, - Vol. 1° pag. 251.
- 7) R. DUPUY, *Les isolants et calorifuges industriels* - « Revue Générale de Thermique » - Vol. 2° n. 24 - Dicembre 1963, p. 1361.
- 8) E. GRIFFITHS, *Heat insulators* - Dep. of Scientific and Industrial Research Food Investigation - Spec. Rep. n. 35 - 1929.
- 9) L. MIRONNEAU, *Isolants et technique de l'isolation* - Baillièrre et fils - Paris 1950.
- 10) R. PLANK, *Hanbuch der Kältetechnik* - Bd I - Springer - Verlag 1954.
- 11) G. B. WILKES, *Heat insulation* - J. Wiley e Sons, Inc. - New York, 1950.

Calcolo di serbatoi cilindrici a sezione più volte connessa

ANGELA SASSI PERINO determina, nell'ordine di approssimazione della teoria di Schorer, tensioni e deformazioni in un serbatoio cilindrico a due scomparti, uno dei quali soggetto a pressione interna. La nota è preceduta da un cenno introduttivo di PLACIDO CICALA.

Introduzione

Il pannello cilindrico quadrilatero o « tegolo », porzione di guscio cilindrico delimitata da due orli diritti, disposti secondo generatrici, e due orli curvi, situati in piani normali alle generatrici, trova largo impiego in molte strutture, ad esempio nelle volte cilindriche.

Se la lunghezza L dei lati diritti, lo sviluppo b di quelli curvi e il relativo raggio R di curvatura sono quantità dello stesso ordine e tutte assai grandi rispetto allo spessore h , lo stato « principale » di sollecitazione viene determinato con facilità mediante la teoria membranale. Escluso il caso eccezionale in cui sui lati diritti i vincoli realizzino precisamente la situazione definita dal regime membranale, intervengono in aggiunta, nelle sollecitazioni risultanti, certi sistemi di tensioni che permettono di soddisfare, lungo i lati stessi, quelle condizioni che i vincoli prescrivono per tensioni e deformazioni.

Un'ampia letteratura è dedicata allo studio di tali stati di tensione e deformazione (1). Seguendo un processo di sistematica approssimazione, basato sulla classificazione delle incognite (componenti di spostamento e di tensione) secondo potenze di un parametro δ proporzionale allo spessore h , si è trovato (2) che gli stati in questione sono caratterizzati dal fatto che, per $\delta \rightarrow 0$, essi interessano una striscia adiacente all'orlo avente larghezza dell'ordine di $\delta^{1/4}$; le diciamo perciò « soluzioni di classe 1/4 ». La teoria di prima approssimazione (che tiene cioè conto in ciascuna equazione dei termini classificati secondo la

più bassa potenza di δ) conduce a risultati concordanti con la teoria semplificata che Schorer formulò sulla traccia della trattazione di Geckeler per il guscio sferico (3). Con questa approssimazione si hanno errori relativi di ordine di $\delta^{1/2}$.

Nel problema qui affrontato dall'ing. Sassi entrano gli stati di classe 1/4 che si originano dalla giunzione di tre tegoli lungo due generatrici. In prima approssimazione il problema potrebbe essere risolto (con l'uso della tabulazione di Schorer) esprimendo in funzione di quattro caratteristiche di spostamento della generatrice comune gli stati di tensione nei tre tegoli. Fuchsteiner (4) propose un metodo di risoluzione che si basa sulla rappresentazione delle sollecitazioni mediante polinomi della coordinata angolare lungo la direttrice dei tegoli. I risultati di tale calcolo si presentano poco soddisfacenti al controllo sperimentale. Il procedimento seguito dall'ing. Sassi si riconduce alla formulazione di prima approssimazione e mostra che, con calcolo poco laborioso, facilmente programmabile per i mezzi di computo elettronico, si ottengono risultati in buon accordo con l'esperienza, evitando le incertezze derivanti dalle interpolazioni o estrapolazioni dalle tabelle.

Placido Cicala

Oggetto dello studio

Nella presente nota si studia un serbatoio doppio costituito da tre elementi cilindrici incastrati fra loro lungo due generatrici. Tale struttura può essere una soluzione di un problema attualmente inte-

ressante per i costruttori: realizzare cioè, nel modo più economico e razionale, un aggruppamento di silos (5).

Il complesso a serbatoi accostati, con pareti comuni, presenta il vantaggio di una economia di spazio e di materiale a parità di capacità ed evita inoltre la presenza di zone difficilmente praticabili che renderebbero complicata la manutenzione.

Del serbatoio doppio di cui tratta il presente studio, il Rüschi ha realizzato un modello (fig. 3) e sono noti i risultati delle prove eseguite su di esso.

Intendiamo controllare i risultati del calcolo da noi proposto con i dati sperimentali.

Notazioni e formulazione generale

Nella superficie media della parete cilindrica circolare, di raggio R e spessore h , si assumono le coordinate: x , misurata lungo le generatrici e y , lungo le linee normali a queste (direttrici). In un punto generico P della superficie media (fig. 1) si stabiliscono i versori \vec{t} , tangente alla direttrice, \vec{k} , parallelo alle generatrici, entrambi volti nel senso delle coordinate crescenti, e \vec{n} , normale uscente dal cilindro. Le componenti di spostamento di P secondo \vec{t} , \vec{k} e \vec{n} si indicano con v_φ , u_x e w_φ ; la rotazione dell'elemento normale intorno alla direzione \vec{k} si indica con β_φ . Su una sezione della parete secondo la direzione \vec{k} , si indicano con N_φ , S_φ , Q_φ , le componenti su \vec{t} , \vec{k} , \vec{n} , della risultante delle tensioni, con M_φ il momento rispetto alla generatrice per P ; momento e risultanti sono riferiti alla lunghezza x . Il materiale è supposto ela-

(5) M. e A. REIMBERT, *Silos*, Eyrolles, Paris 1956.

(1) Vedasi: W. FLÜGGE, *Stresses in shells*. Springer, 1962, pag. 239-271. Anche per la bibliografia si rinvia a detta opera.

(2) P. CICALA, *Calcolo delle strutture a parete sottile*. Parti I e II, Levrotto & Bella. Torino, 1964.

(3) H. SCHORER, *Line load action on thin cylindrical shell*, Trans. A.S.C.E. 1936, pag. 767-810.

(4) W. FUCHSTEINER, *Die vereinfachte Berechnung zusammengesetzter Kreiszyklinderschalen*, Proc. Colloq. on Simplified Calculation Methods of Shell Structures, Brussels 1961.

stico ed isotropo con modulo E e coefficiente di Poisson ν .

Per le soluzioni di classe 1/4 il sistema di prima approssimazione si riduce alle relazioni seguenti:

$$\begin{aligned} w_\varphi &= -Rv_\varphi & (1) \\ \beta_\varphi &= -w_\varphi & (2) \\ M_\varphi &= Ehs_n^2 \beta_\varphi & (3) \\ Q_\varphi &= M_\varphi & (4) \\ N_\varphi &= RQ_\varphi & (5) \\ S_\varphi &= -N_\varphi & (6) \\ Ehu_x &= -S_\varphi & (7) \end{aligned}$$

in cui si pone $s_n = \frac{h}{\sqrt{12(1-\nu^2)}}$ e con f' ed f si indicano le derivate $\frac{df}{dx}$ e $\frac{df}{dy}$.

Soluzioni

Considereremo le soluzioni con andamento sinusoidale in x [$u_x, v_\varphi, w_\varphi, \beta_\varphi, N_\varphi, Q_\varphi, M_\varphi, S_\varphi$] = $\left[\frac{\pi u}{L}, v, w, \beta, N, Q, M, \frac{\pi S}{L} \right] \sin(\pi x/L)$ essendo le funzioni contenute nella

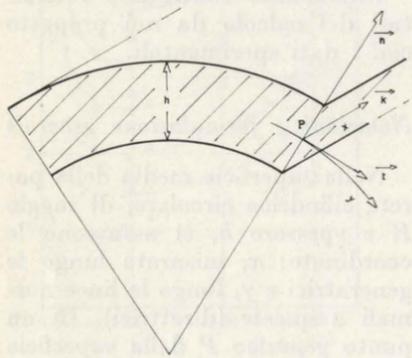


Fig. 1

[] a secondo membro dipendenti soltanto da y . Con tale posizione, il sistema si riconduce ad una sola variabile indipendente e associato all'equazione $u_x = -v_\varphi$ dà l'equazione risultante:

$$R^2 s_n^2 \frac{d^8 v}{dy^8} + \frac{\pi^4}{L^4} v = 0.$$

Tutte le caratteristiche di spostamento e di sollecitazione possono essere scritte in funzione di v e delle sue derivate, ricavandole dalle (1), (7). Si ottengono le:

$$w = -R \frac{dv}{dy} \quad (1')$$

$$\beta = R \frac{d^2 v}{dy^2} \quad (2')$$

$$M = ERhs_n^2 \frac{d^3 v}{dy^3} \quad (3')$$

$$Q = ERhs_n^2 \frac{d^4 v}{dy^4} \quad (4')$$

$$N = ER^2 hs_n^2 \frac{d^5 v}{dy^5} \quad (5')$$

$$S = -\frac{L}{\pi} ER^2 hs_n^2 \frac{d^6 v}{dy^6} \quad (6')$$

$$u = -\frac{L^3}{\pi^3} R^2 s_n^2 \frac{d^7 v}{dy^7} \quad (7')$$

La soluzione dell'equazione risultante nel tegolo delimitato dalle generatrici $y = 0$, $y = -b$, ammettendo la simmetria rispetto al piano bisettore del tegolo, può porsi nella forma:

$$\begin{aligned} v &= A [e^{-st} \cos ct - e^{-s(T-t)} \cos c(T-t)] + B [e^{-st} \sin ct - e^{-s(T-t)} \sin c(T-t)] + \\ &+ C [e^{-ct} \cos st - e^{-c(T-t)} \cos s(T-t)] + D [e^{-ct} \sin st - e^{-c(T-t)} \sin s(T-t)] \end{aligned}$$

in cui:

$$t = -\sqrt[4]{\frac{\pi^2}{RL^2 s_n^2}} y$$

$$c = \cos \pi/8$$

$$s = \sin \pi/8$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{\pi^2}{RL^2 s_n^2}} b$$

A, B, C, D = costanti di integrazione.

Se la distanza tra i due orli $y = 0$ e $y = -b$ è abbastanza grande, si può trascurare l'influenza dell'orlo $y = -b$ in prossimità dell'altro ed allora la soluzione dell'equazione in esame si ridurrà a:

$$v = Ae^{-st} \cos ct + Be^{-st} \sin ct + Ce^{-ct} \cos st + De^{-ct} \sin st.$$

Applicazioni al caso particolare

Nel serbatoio in esame si prendono in considerazione i tre tegoli (indicati in fig. 2 e contrassegnati I, II, III) saldati tra loro lungo due generatrici.

Le condizioni di carico sono quelle determinate dalla situazione corrispondente al recipiente di sinistra (A) vuoto ed al recipiente di destra (B) pieno di acqua.

Si avrà quindi una pressione radiale p , agente sugli elementi II e III, misurata da: $p = \gamma(L - x)$, dove γ è il peso specifico dell'acqua ed L l'altezza del serbatoio.

Si considera una sezione orizzontale (fig. 3) a quota x_0 dal fondo del recipiente. Per la costruzione della soluzione principale è necessario assumere la pressione p_n , variabile con la stessa legge

sinoidale delle caratteristiche di sollecitazione e di spostamento.

Se si pone $p_n = p_0 \sin \pi \frac{x}{L_0}$ con $L_0 = 2x_0$, $p_0 = \gamma(L - x_0)$ si ottiene ancora, per $x = x_0$ il valore della pressione $p_n = p$.

In corrispondenza del nodo H , traccia di una delle generatrici di incastro, si scrivono le condizioni di equilibrio e di congruenza imposte dal vincolo.

Si avranno le equazioni di equilibrio alla traslazione lungo le direzioni $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ ed alla rotazione intorno a \vec{k} (fig. 3), cioè:

$$(N_1 - N_2 - N_3) \operatorname{ctg} \alpha + Q_1 + Q_2 - Q_3 = 0 \quad (8)$$

$$N_1 - N_2 + N_3 - (Q_1 + Q_2 + Q_3) \operatorname{ctg} \alpha = -2p_0 R \quad (9)$$

$$S_1 + S_2 + S_3 = 0 \quad (10)$$

$$M_2 + M_3 - M_1 = 0 \quad (11)$$

Le condizioni di congruenza sono espresse dalle equazioni che impongono l'annullamento degli spostamenti relativi secondo $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ e delle rotazioni relative tra gli elementi collegati in H (fig. 3). Si possono scrivere quindi:

$$-w_1 + w_2 - (v_1 + v_2) \operatorname{ctg} \alpha = \frac{p_0 R^2}{Eh} \quad (12)$$

$$-w_1 - w_3 - (v_1 + v_3) \operatorname{ctg} \alpha = \frac{p_0 R^2}{Eh} \quad (13)$$

$$(-w_1 + w_2) \operatorname{ctg} \alpha + v_1 + v_2 = \frac{p_0 R^2}{Eh} \operatorname{ctg} \alpha \quad (14)$$

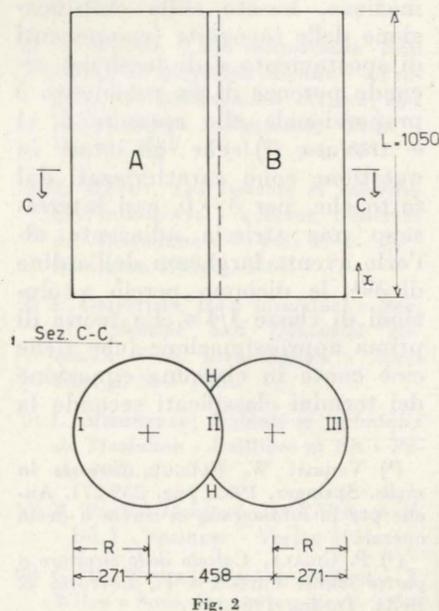


Fig. 2

$$(w_1 - w_3) \operatorname{ctg} \alpha - v_1 + v_3 = \frac{p_0 R^2}{Eh} \operatorname{ctg} \alpha \quad (15)$$

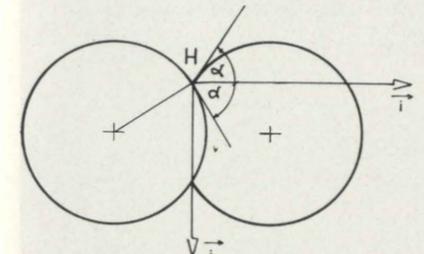
$$u_1 - u_2 = 0 \quad (16)$$

$$u_1 - u_3 = 0 \quad (17)$$

$$\beta_1 + \beta_2 = 0 \quad (18)$$

$$\beta_1 + \beta_3 = 0 \quad (19)$$

Come è indicato in fig. 3, sono stati assegnati gli indici 1, 2, 3, alle caratteristiche di sollecitazione e di spostamento relative agli elementi I, II, III del serbatoio in esame. Le quantità a secondo membro nelle (8) (19) provengono dalla soluzione membranale.



Di ogni caratteristica di sollecitazione e di spostamento si può calcolare il valore in corrispondenza di ogni punto determinato dal variare di y .

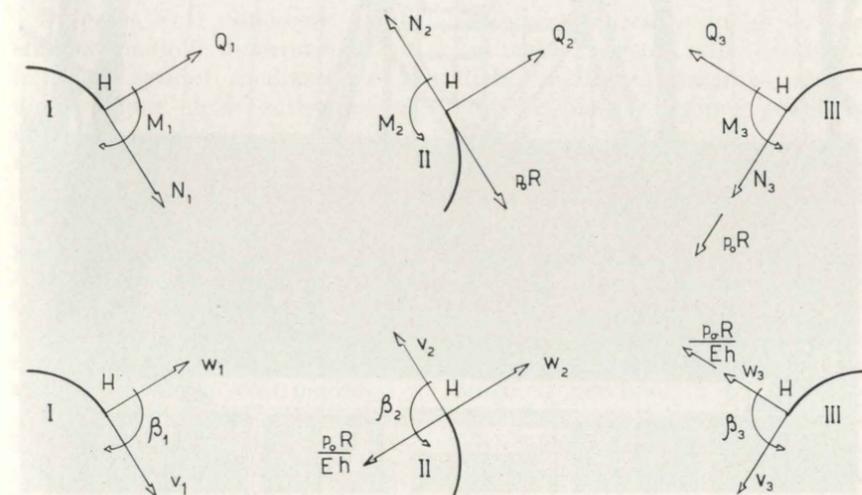


Fig. 3

Nel caso particolare in esame la soluzione dell'equazione risolutiva del sistema differenziale è espressa per i tre elementi di parete cilindrica, rispettivamente da:

$$v_1 = A_1 e^{-st} \cos ct + B_1 e^{-st} \sin ct + C_1 e^{-ct} \cos st + D_1 e^{-ct} \sin st \quad (20)$$

$$v_2 = A_2 [e^{-st} \cos ct - e^{-s(T-t)} \cos c(T-t)] + B_2 [e^{-st} \sin ct - e^{-s(T-t)} \sin c(T-t)] + C_2 [e^{-ct} \cos st - e^{-c(T-t)} \cos s(T-t)] + D_2 [e^{-ct} \sin st - e^{-c(T-t)} \sin s(T-t)] \quad (21)$$

$$v_3 = A_3 e^{-st} \cos ct + B_3 e^{-st} \sin ct + C_3 e^{-ct} \cos st + D_3 e^{-ct} \sin st \quad (22)$$

Ora, se nel sistema costituito dalle (8) - (19), cioè dalle equazioni di equilibrio e di congruenza, si sostituiscono le espressioni (1') - (7'), calcolate mediante le (20) - (22)

Risultati e conclusioni

Allo scopo di confrontare i risultati del nostro calcolo con quelli trovati dal Rüsç (nota 4) mediante le prove sperimentali su modello,

per $t = y = 0$, cioè in corrispondenza del nodo H , si ottiene un sistema di dodici equazioni nelle dodici incognite A_i, B_i, C_i, D_i , con $i = 1, 2, 3$.

Risolvendo il sistema si sono trovati i valori delle costanti di integrazione, che riportiamo:

| | |
|----------------|----------|
| EhA_1/p_0R^2 | = -106,4 |
| EhB_1/p_0R^2 | = -31,7 |
| EhC_1/p_0R^2 | = 22,9 |
| EhD_1/p_0R^2 | = 21,9 |
| EhA_2/p_0R^2 | = 172,6 |
| EhB_2/p_0R^2 | = 307,2 |
| EhC_2/p_0R^2 | = -72,4 |
| EhD_2/p_0R^2 | = -459,5 |
| EhA_3/p_0R^2 | = 14,3 |
| EhB_3/p_0R^2 | = -58,7 |
| EhC_3/p_0R^2 | = -47,5 |
| EhD_3/p_0R^2 | = 136,1 |

I risultati ottenuti dal nostro calcolo sono riportati nei diagrammi della figura 4 e indicati col segno . , mentre i valori corrispondenti alle misure sperimentali sono riportati nel diagramma a tratto continuo.

La medesima nota citata nel riferimento (2) riporta uno studio

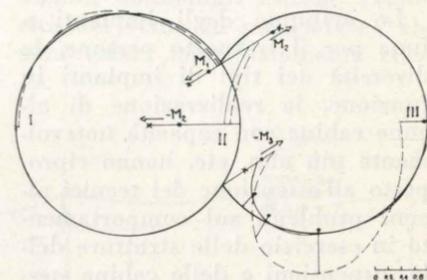


Fig. 4

Calcolo secondo la presente nota
— Diagramma sperimentale
--- Calcolo secondo Fuchsteiner.

teorico fatto da Fuchsteiner sullo stesso serbatoio. I risultati ottenuti da quest'ultimo sono rappresentati in fig. 4 da diagrammi a tratto spezzato.

Dal confronto appare che la presente teoria, a differenza di quella di Fuchsteiner, è in perfetto accordo con l'esperienza nell'indicare per i momenti nei rami I e III un andamento rapidamente decrescente con la distanza dalla generatrice di giunzione. L'accordo quantitativo con l'esperienza non è invece altrettanto soddisfacente, specialmente per il ramo II, dove i momenti massimi, positivo e negativo, calcolati sono alquanto superiori ai valori sperimentali (i quali peraltro si presentano in sensibile contrasto con la condizione di equilibrio alla rotazione della generatrice di unione).

A scopo di controllo, si è effettuato il calcolo dei momenti stessi per la struttura supposta indefinitamente estesa nel senso delle generatrici e soggetta a pressione costante nello scomparto pieno.

In tali condizioni la struttura può essere risolta con la teoria delle travi, come doppio riquadro iperstatico. I valori ottenuti per tali momenti, segnati in figura con x, risultano ancor più alti di quelli indicati dal calcolo anteriore, il quale quindi riceve conferma da questo confronto.

Angela Maria Sassi Perino

Contributo alla ricerca di un nuovo metodo per prove su cabine funiviarie

ALBERTO RUSSO FRATTASI espone i risultati di una serie di indagini sperimentali sugli impianti a fune per il trasporto persone, indagini volte allo scopo di determinare le sollecitazioni alle quali sono sottoposte le strutture delle cabine in esercizio. Individuati tali sforzi, l'Autore espone la possibilità di ottenere ulteriori e più precise indicazioni per il dimensionamento in sede di progetto delle strutture stesse sulla base delle analisi statistiche dei risultati.

Lo sviluppo degli impianti a fune per il trasporto persone, la diversità dei tipi di impianti in funzione, la realizzazione di alcune cabine con capacità notevolmente più alta, etc. hanno riproposto all'attenzione dei tecnici alcuni problemi sul comportamento in esercizio delle strutture delle sospensioni e delle cabine stesse, al fine di vagliare la possibilità di un loro migliore dimensionamento.

1. CONSIDERAZIONI SULL'ATTUALE METODOLOGIA DI PROVE PER CARICHI STATICI.

Premesso che l'impiego dei flessimetri meccanici per la determinazione delle deformazioni statiche sulle sospensioni tende ad essere sostituito dall'applicazione di trasduttori di deformazione a resistenza — strain gage — che consentono di valutare analiticamente le condizioni della struttura al variare dei carichi applicati (1), alcune osservazioni preliminari sono da farsi sulle modalità d'impiego degli stessi.

Infatti applicando tali trasduttori su di uno dei lati della sospensione (fig. 1) — in quanto si tratta in genere di strutture simmetriche — si ricalcano i criteri seguiti in sede di progettazione (2) con possibilità quindi di confronto e di verifica dei calcoli ed in più si può rilevare la influenza dei vari fattori secondari, necessariamente trascurati in sede di progetto, nonché eventuali deficienze dovute al materiale usato od alla mancata accuratezza di costruzione.

(1) Le indicazioni fornite dai flessimetri meccanici hanno tutt'ora carattere di utilità ai fini della determinazione di eventuali imprevedibili cedimenti della struttura, difficilmente individuabili per altra via.

(2) Infatti il criterio di progetto attualmente seguito per le strutture delle sospensioni e delle cabine funiviarie si basa sull'ipotesi di un carico statico, uniforme, pari al valore nominale del

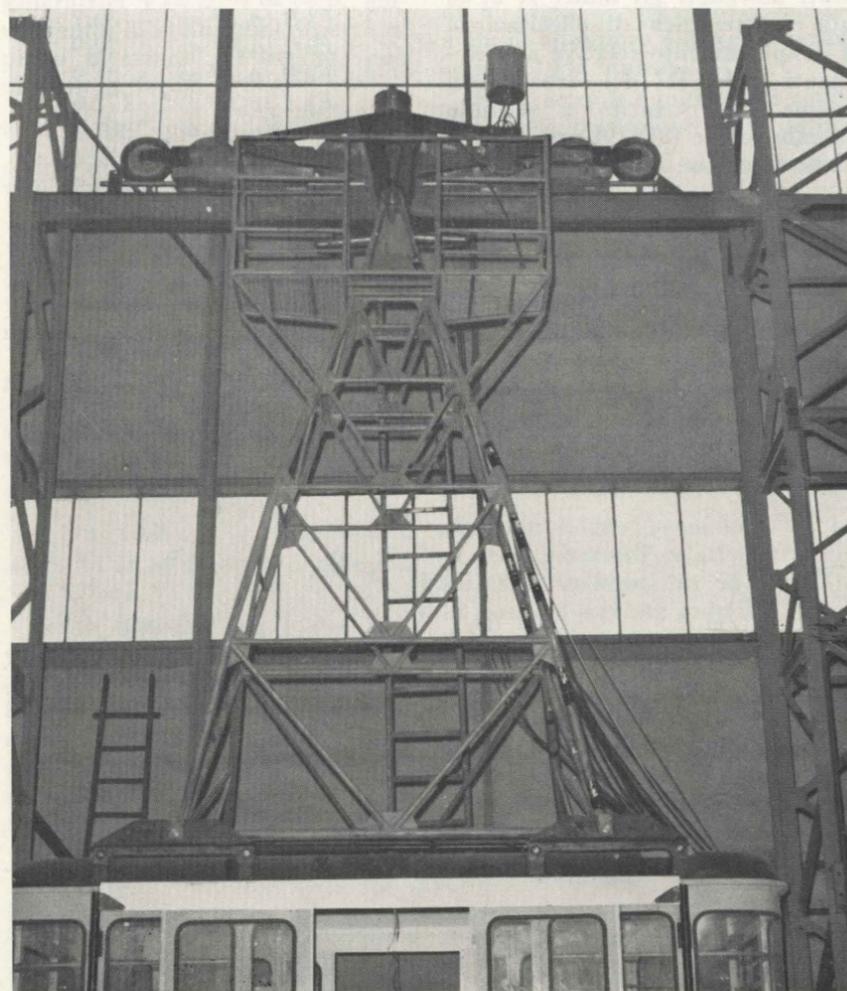


Fig. 1 - Esempio di prove statiche con estensimetri applicati su un solo lato della struttura.

Tutto ciò però non pare perfettamente ortodosso in quanto un carico uniformemente distribuito sul piano della cabina non darà luogo, in genere, a sollecitazioni e ad una distribuzione di deformazioni simmetriche. Infatti,

carico di esercizio e si avvale quindi della tradizionale tecnica usata per il calcolo delle strutture, fatto salvo il vincolo che la massima sollecitazione stia alla sollecitazione di rottura del materiale usato in un rapporto pari almeno ad 1/5.

In sede di collaudo di solito si prova il comportamento della struttura con carico statico applicato pari a 1,5 o 2 volte il carico nominale.

ti, come risulta da una lunga serie di prove (2^{bis}), le sollecitazioni alle quali sono sottoposte parti simmetriche della stessa struttura possono variare fino al 30% l'una dall'altra.

Ne consegue che non volendo chiedere al progettista la risoluzione accurata di un sistema iperstatico, per distribuzioni particolarmente critiche dei carichi applicati, potrebbe essere opportuno — in sede sperimentale — segui-

(2^{bis}) Ved. Certificati n. 103/65 e segg. dell'Istituto di Trasporti e Strade del Politecnico di Torino.

re una via indipendente da quella che ha guidato la progettazione, svincolandosi completamente dal postulato della distribuzione simmetrica dei carichi.

Ciò porta a stratificare la struttura per considerarne alcune sezioni (e non solo uno dei suoi lati) al fine di indagare sul comportamento di ciascuna di esse nei riguardi dei carichi esterni applicati.

2. CONSIDERAZIONI SULLE PROVE DELLE SOSPENSIONI IN ESERCIZIO.

2.1. Osservazioni preliminari.

Sulla base di quanto scritto precedentemente, per la ricerca di sollecitazioni dinamiche (4) risulta ancora più sentita la necessità di indagare sul comportamento di intere sezioni di struttura.

tati che si ricavano dai diagrammi riportati nelle figure 4-5-6-7-8 — che illustrano l'andamento delle deformazioni in alcuni punti critici della struttura della sospensione — sembrano confermare l'assunto.

A parità di carico applicato, di velocità di esercizio, di condizioni ambientali esterne (velocità del vento in particolare), alcuni valori immediatamente rile-

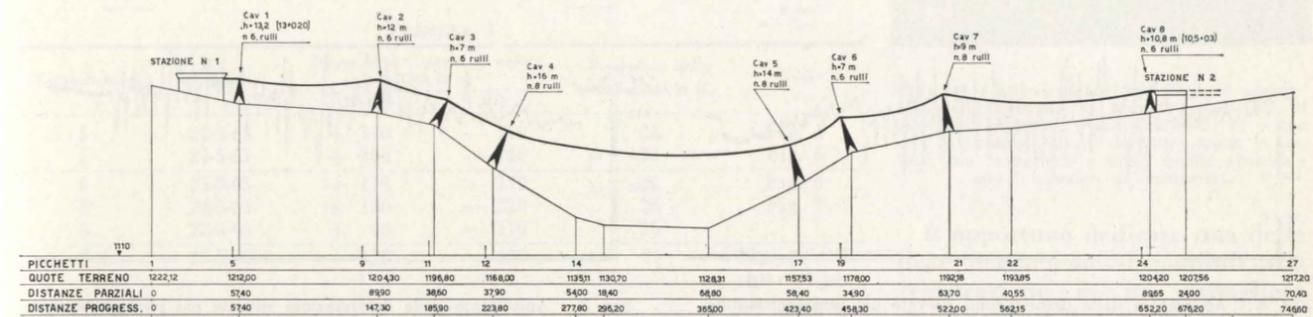


Fig. 2 - Profilo parziale dell'impianto in esame.

Si potrà così conoscere la distribuzione delle deformazioni per le varie sezioni analizzate e la distribuzione delle sollecitazioni, note le caratteristiche elastiche del materiale (3).

Ciò premesso restano da fare riserve sulla attendibilità delle prove statiche ai fini della determinazione delle reali sollecitazioni alle quali le strutture sono sottoposte in sede dinamica e sulla conseguente economicità e razionalità della costruzione.

È ben chiaro infatti che solo l'indagine sperimentale può permettere la raccolta di una massa di dati sperimentali sul comportamento in esercizio del veicolo e della sua sospensione atti ad esprimere un giudizio per la sua sicurezza e per una sua migliore e più efficiente progettazione.

Al fine di portare un contributo alla risoluzione di tali quesiti, di seguito si illustra una serie di prove messe a punto per i rilievi in normali condizioni di esercizio, nonché la strumentazione adoperata ed i criteri di elaborazione seguiti per una prima interpretazione dei dati sperimentali ricavati.

(3) A tal fine potrebbe anche essere utile determinare in Laboratorio le caratteristiche elastiche dei materiali usati.

Nel caso specifico anche se, per limitazioni dovute alle caratteristiche della attrezzatura sperimentale, non è sempre possibile seguire più sezioni contemporaneamente (5), la configurazione stessa degli impianti funiviarie consente di operare, senza introdurre grossolane approssimazioni, ripetendo lo stesso percorso fino ad esaurire l'analisi prevista (6).

Infatti, la natura della « strada », l'identità delle accidentalità lungo il percorso, a pari condizioni esterne, inducono a postulare l'esistenza di fenomeni aleatori con carattere di stazionarietà.

Prendendo in esame un settore di un impianto di cabinovia (fig. 2) sul quale sono state sviluppate numerose prove in giorni diversi per ogni punto estensimetrico (fig. 3) (7), i risul-

(4) Non avrebbe infatti alcun significato cercare di seguire i fenomeni reali, in condizioni di esercizio, accettando poi le limitazioni dell'ipotesi di un problema piano trascurando momenti torsionali che si ha ben ragione di ritenere se non dominanti, quanto meno determinanti.

(5) Al limite analizzando anche un solo punto alla volta.

(6) Il tutto si riduce quindi ad un aumento del tempo necessario per i rilievi e per l'analisi degli stessi.

(7) A maggior chiarimento vedansi anche le figg. 13-14.

vabili dai grafici ed utili per stabilire un confronto, fra i vari rilievi sono riportati come esempio nella tabella 1.

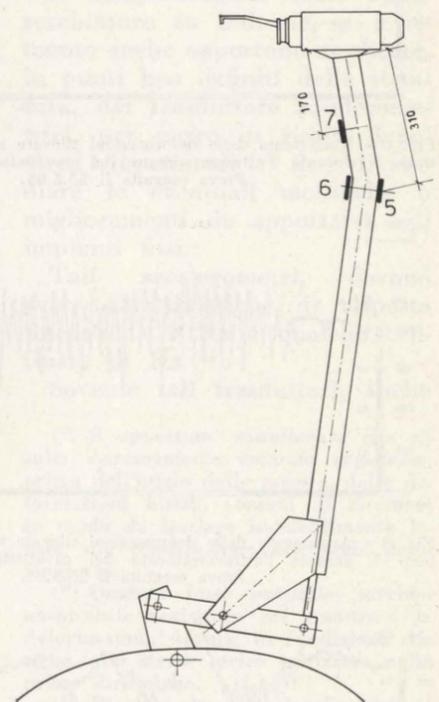


Fig. 3 - Posizione degli estensimetri applicati sulla sospensione.

Pur con le cautele dovute al numero alquanto ristretto di prove finora effettuate, la piccola dispersione dei valori rilevati sta a

confermare la validità dell'ipotesi adottata, soprattutto se si tiene conto che la precisione delle misure consente di garantire i valori delle deformazioni a meno di $\pm 20 \mu\epsilon$.

Un'altra sollecitazione che presenta caratteristiche pressoché costanti nell'impianto in esame si verificava all'ingresso in stazione della cabina. Le figure 9, 10

ed 11 mettono in evidenza la stazionarietà del fenomeno, facendo rilevare alcune deficienze della parte fissa dell'impianto.

2.2. Strumentazione di base.

Premesso che è necessario porre particolare cura affinché la risposta del sistema di rilevamento sia lineare nel campo di frequenze che interessa il fenomeno in

oggetto e cioè da zero (segnale variabile molto lentamente) a qualche centinaio di Hertz, di seguito si illustrano — limitatamente alle loro caratteristiche più salienti — le apparecchiature adoperate per l'analisi delle deformazioni a mezzo di estensimetri elettrici e delle vibrazioni a mezzo di accelerometri elettrici. La catena delle apparecchia-

ture di rilievo adoperata è composta — come illustrato in figura 12 — da:

- una centralina Hathaway MRC 18 ad onda portante a 5 KHz e che fornisce una risposta lineare da 0 a 1.500 Hertz;
- un filtro con dispositivo per l'eliminazione dell'ondulazione residua uscente dalla centralina Hathaway;
- un registratore magnetico P. I

Cure particolari devono essere riservate alla stabilità nel tempo dei fattori che possono influire sulla misura come: stabilità dell'oscillatore, linearità e stabilità nel campo delle frequenze utili dell'amplificatore, eliminazione mediante opportuno filtro ausiliario, posto all'uscita dal demodulatore, del rumore dovuto alla portante ed alle sue armoniche.

Per quanto riguarda il sistema di registrazione ci si è orientati

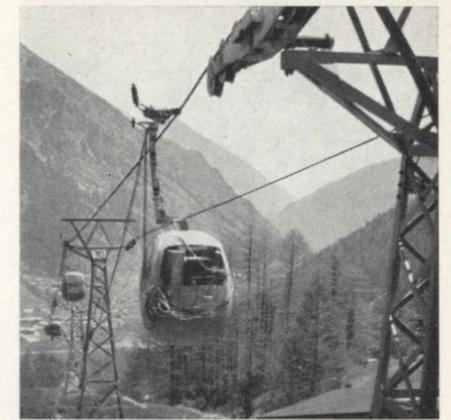


Fig. 13 - Rilievo di deformazioni su sospensione di cabinovia in normali condizioni di esercizio. In primo piano l'elemento in esame con le apparecchiature descritte; segue la cabina con le batterie e infine quella attrezzata con i comandi di emergenza.

È opportuno dedicare una delle piste magnetiche disponibili alla registrazione di un dettagliato commento della prova in oggetto, utilissimo poi ai fini dell'analisi dei dati (10).

È indispensabile che anche questi strumenti abbiano una elevata stabilità e linearità onde non falsare il fenomeno in esame (11).

A completamento delle apparecchiature su indicate, si è ritenuto anche opportuno applicare, in punti ben definiti della struttura, dei trasduttori accelerometrici, per porre in risalto fenomeni vibrazionali al fine di studiare le eventuali modifiche o miglioramenti da apportarsi agli impianti fissi.

Tali accelerometri, devono avere caratteristiche di risposta lineare da 0 Hz a qualche centinaio di Hz (12).

Sovente tali trasduttori, anche

(10) È opportuno sottolineare che risulta estremamente comodo registrare, prima dell'inizio delle misure, delle deformazioni fittizie (organi di taratura) in modo da lasciare indelebilmente legata alla registrazione una scala delle ampiezze.

(11) Qualora fosse possibile, sarebbe auspicabile registrare sul «nastro» la deformazione dovuta, in condizioni statiche, allo stesso carico utilizzato nelle prove dinamiche.

(12) Risulta, oltre che inutile, dannoso, utilizzare trasduttori di accelerazioni con risposta in frequenza fino a valori molto elevati in quanto le vibrazioni corrispondenti, pur essendo di ampiezza estremamente piccola, danno luogo ad accelerazioni notevolmente ampie che mascherano quelle a frequenza minori di importanza decisiva per le sollecitazioni.

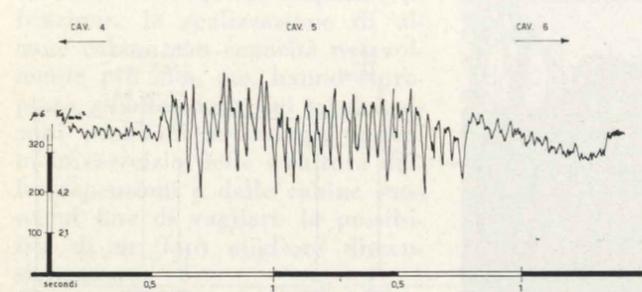


Fig. 4 - Andamento delle deformazioni rilevate nel punto estensimetrico 5 durante l'attraversamento del cavalletto di ritenuta N5. Prova eseguita il 22.5.65.

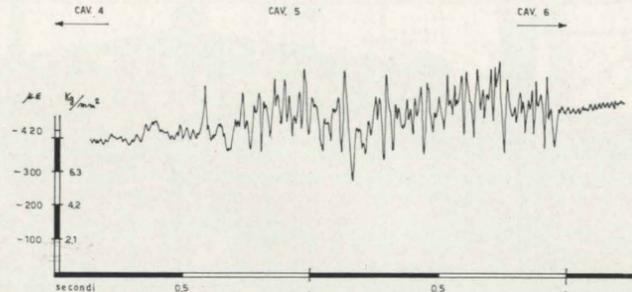


Fig. 5 - Andamento delle deformazioni rilevate nel punto estensimetrico 5 durante l'attraversamento del cavalletto di ritenuta N5. Prova eseguita il 24.5.65.

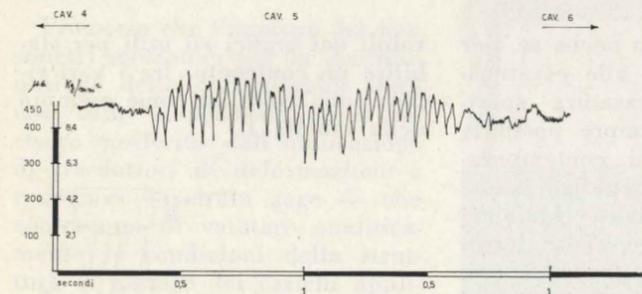


Fig. 6 - Andamento delle deformazioni rilevate nel punto estensimetrico 6 durante l'attraversamento del cavalletto di ritenuta N5. Prova eseguita il 25.5.65.

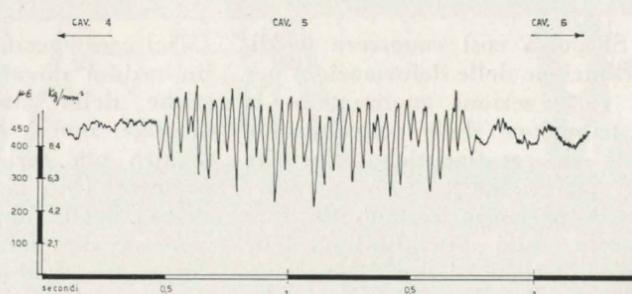


Fig. 7 - Andamento delle deformazioni rilevate nel punto estensimetrico 6 durante l'attraversamento del cavalletto di ritenuta N5. Prova eseguita il 24.5.65.

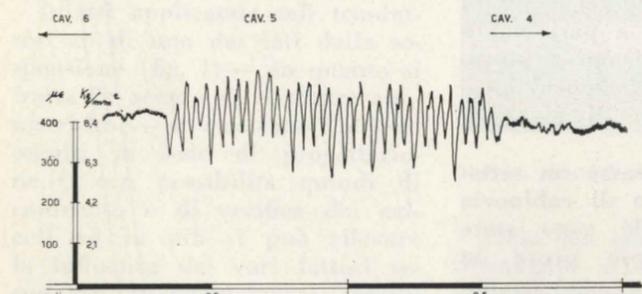


Fig. 8 - Andamento delle deformazioni rilevate nel punto estensimetrico 7 durante l'attraversamento del cavalletto di ritenuta N5. Prova eseguita il 25.5.65.

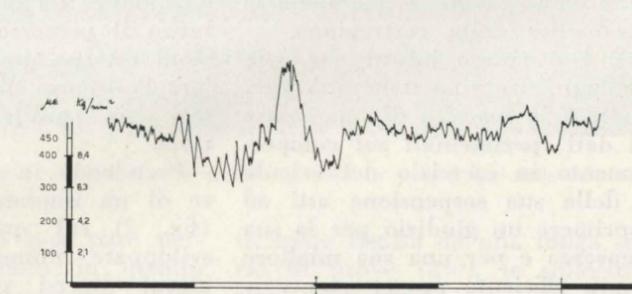


Fig. 9 - Andamento delle deformazioni nel punto estensimetrico 6 durante l'ingresso in stazione. Prova eseguita il 24.5.65.

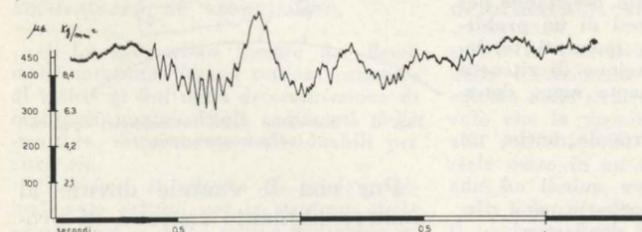


Fig. 10 - Andamento delle deformazioni nel punto estensimetrico 6 durante l'ingresso in stazione. Prova eseguita il 25.5.65.

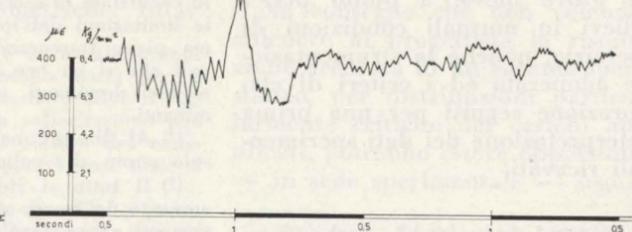


Fig. 11 - Andamento delle deformazioni nel punto estensimetrico 7 durante l'ingresso in stazione. Prova eseguita il 25.5.65.

TABELLA 1

| Estensimetro | Data | Incremento rispetto al valore statico in $\mu\epsilon$ | | Frequenza delle oscillazioni in Hz | Note |
|--------------|---------|--|-------|------------------------------------|--|
| | | Max | Min | | |
| 5 | 22-5-65 | + 170 | - 140 | 26 | Fig. 4 |
| 5 | 24-5-65 | + 200 | - 140 | 26 | Fig. 5 |
| 6 | 25-5-65 | + 110 | - 170 | 26 | Fig. 6 |
| 6 | 24-5-65 | + 120 | - 220 | 26 | Fig. 7 |
| 6 | 22-5-65 | + 90 | - 170 | 26 | |
| 7 | 25-5-65 | + 130 | - 150 | 26 | Fig. 8 - Si riporta per completezza di dati. |

a 4 canali che registra e riproduce sia in modulazione di ampiezza che di frequenza; — un invertitore c.c. in c.a. da 300 V. A.

Il primo anello della catena è un oscillatore di bassa frequenza (5 KHz) atto ad alimentare i ponti estensimetrici, rendere opportunamente ampio a mezzo di amplificatore il segnale prelevato dalla diagonale non alimentata ed infine a demodularlo per ottenere il segnale elettrico corrispondente alla deformazione $\epsilon = \epsilon(t)$ (8).

sui registratori magnetici a più canali a modulazione di frequenza (9) in quanto tali apparecchi rispondono alle più svariate necessità di impiego e permettono la registrazione di fenomeni nel campo da 0 Hz fino a frequenze alquanto elevate.

(8) Le normali apparecchiature disponibili sul mercato racchiudono nello stesso contenitore l'oscillatore, l'amplificatore ed il demodulatore.

(9) Si ha infatti il vantaggio di aver fissato il segnale sotto forma «elettrica» e poter quindi in sede di esame dei risultati usufruire di mezzi di lettura e di calcolo elettronici.

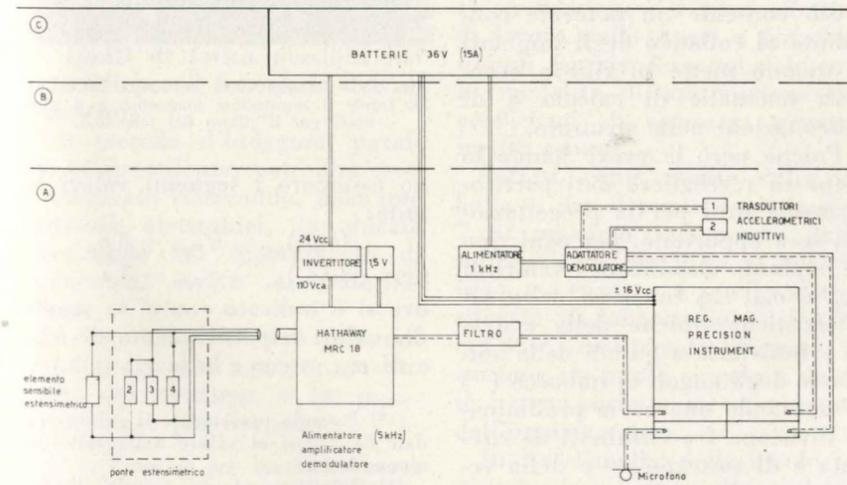


Fig. 12 - Catena di apparecchiature utilizzate per il rilievo dei fenomeni di deformazione e di vibrazione.



Fig. 14 - Particolare della sospensione in esame. Si possono notare i punti di applicazione degli estensimetri e degli accelerometri.

quando non sono del tipo estensimetrico, devono essere inseriti in una catena di alimentazione, amplificazione e demodulazione simile a quella sommariamente descritta per i trasduttori di deformazioni (ved. fig. 11).

2.3. Elaborazione dei dati sperimentali.

Poiché la struttura in esame è soggetta a carichi dinamici per prima cosa abbiamo ritenuto necessario (13) porre in evidenza le grandezze rilevate correlandole ai fenomeni di fatica dei materiali che costituiscono la struttura stessa (14).

Infatti osservando un tipico diagramma (fig. 16) che indica l'area di sicurezza di un materiale metallico soggetto oltre che ad una sollecitazione statica ad una componente dinamica, si deduce immediatamente che le grandezze fondamentali da ricercare e porre in rilievo con le registrazioni sperimentali sono;

(13) Infatti è nostra convinzione — indipendentemente dai notevoli coefficienti di sicurezza imposti dagli organi di controllo responsabili — che sia necessario cercare di utilizzare al meglio la resistenza dei materiali data la tendenza attuale di costruire impianti di grossa mole, per i quali ovviamente i larghi margini di sicurezza usati possono essere assolutamente antieconomici.

(14) In questo caso hanno valore limitato le prove di sovraccarico statico indicanti il comportamento lineare del materiale anche con carico doppio.

a) il valore delle sollecitazioni corrispondenti al carico statico applicato;

b) l'ampiezza e la frequenza delle sollecitazioni dinamiche.

Note infatti queste grandezze ed il diagramma dell'area di sicurezza del materiale che costituisce la struttura in esame si può determinare immediatamente se le condizioni di lavoro cadano o no all'interno dell'area di sicurezza.

Ma in effetti il fenomeno reale non si presenta certo con le caratteristiche di una sollecitazione teorica del tipo:

$$\sigma(t) = \sigma_s + \sigma_d \sin 2n f_d t$$

nella quale si è indicato con:

σ_s , la sollecitazione statica

σ_d , l'ampiezza della sollecitazione dinamica

f_d , la frequenza della sollecitazione dinamica

Infatti σ_d , f_d non sono costanti sia lungo tutto il profilo di una funivia sia, fissato un punto del percorso, ad una ripetizione dei passaggi (ved. fig. 3-10). Siamo quindi, come già detto, in presenza di un fenomeno che deve essere studiato secondo i principi di analisi di una distribuzione statistica.

In luogo però di una espressione di $\sigma = \sigma(t)$ del tipo teorico già indicato, cercheremo per ogni punto particolare del percorso, fissate tutte le altre condizioni, i valori di σ_{max} , σ_{min} assumendo come valore di riferimento la sollecitazione statica σ_s .

Ciò consente un notevole contributo al collaudo degli impianti in quanto mette in rilievo eventuali anomalie di calcolo o di sollecitazioni nelle strutture.

Poiché però le prove hanno lo scopo di raccogliere dati particolarmente utili per la progettazione, sarà opportuno, per ogni tipo di impianto classificare i valori di σ_{max} e σ_{min} in funzione delle caratteristiche tipiche della « strada » funiviaria e quindi delle ampiezze degli angoli di imbocco (15) — operando una ovvia preliminare divisione fra cavalletti di ritenuta e di sostegno — e della ve-

(15) Angoli ai quali corrispondono punti particolarmente critici ai fini delle sollecitazioni dinamiche degli impianti. L'estensione è comunemente immediata per altri eventuali punti.

locità, compilando all'uopo delle tabelle a doppia entrata del tipo illustrato con i n. 2 e 3.

TABELLA 2 - Cavalletti di ritenuta

| Velocità | 1 m/sec. | |
|----------|----------------|-------|
| α | | |
| 0 ÷ 5° | σ_{max} | |
| | σ_{min} | |
| | | |

TABELLA 3 - Cavalletti di sostegno

| Velocità | 1 m/sec. | |
|----------|----------------|-------|
| α | | |
| 0 ÷ 5° | σ_{max} | |
| | σ_{min} | |
| | | |

Per ogni punto del percorso in esame la distribuzione dei valori delle sollecitazioni rilevate tende ad assumere una forma gaussiana e quindi anche i valori di σ_{max} e di σ_{min} (16) si distribuiranno secondo due gaussiane (17).

Poiché ai fini dello studio interessa il limite superiore della σ_{max} ed il limite inferiore della σ_{min} , costruite le due gaussiane si posso-

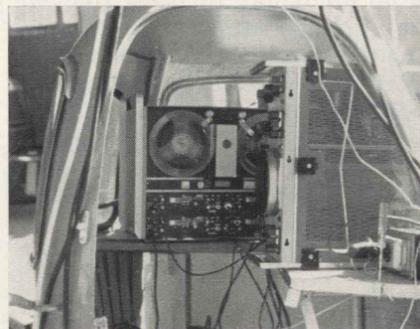


Fig. 15 - Interno della vettura in esame. Di fronte al registratore magnetico a 4 piste usato per il rilievo dei fenomeni.

no assumere i seguenti valori limite:

$$(\sigma_{max})_{lim} = \sigma_{max} + 3s$$

$$\text{per } (\sigma_{min})_{lim} = \sigma_{min} - 3s$$

ove si è indicato con σ la media dei valori rispettivamente di σ_{max} e di σ_{min} e con s lo scarto quadra-

(16) Essendo ovviamente il valore modale di σ pari al valore della sollecitazione statica.

(17) Infatti avendo fissato tutti gli altri parametri influenti sul fenomeno (punto in esame, angoli di imbocco, velocità di esercizio, ecc.), le diverse misure risulteranno affette solo da cause perturbatrici accidentali.

tico di ciascuna distribuzione (18). Poiché però i valori di σ e quelli di s non sono noti occorre applicare il teorema del limite centrale della statistica ai dati rilevati per dare, con un certo grado di attendibilità, una stima dell'intervallo entro cui cadrà la σ , Occorre quindi calcolarne i limiti e precisamente;

$$LS = \sigma_{max c} + 3 \frac{s_c}{\sqrt{n-1}};$$

$$LI = \sigma_{max c} - 3 \frac{s_c}{\sqrt{n-1}},$$

dove $\sigma_{max c}$ esprime la media dei valori del campione ed s_c lo scarto quadratico medio del campione stesso, n il numero dei rilievi. La relazione che lega il valore di s a quello di s_c è la seguente;

$$s = s_c \sqrt{\frac{n}{n-1}} \quad (19)$$

Ne consegue che il $(\sigma_{max})_{lim}$ sarà dato da;

$$(\sigma_{max})_{lim} = LS + 3 \frac{s_c}{\sqrt{\frac{n}{n-1}}}$$

Lo stesso modo di procedere vale anche per la determinazione del $(\sigma_{min})_{lim}$. Si fa notare che, anche in questo caso, è necessario disporre di un numero elevato di rilievi in modo da aumentare la precisione della stima.

Inoltre per le note proprietà delle distribuzioni casuali è poco probabile che la σ assuma valori maggiori di $(\sigma_{max})_{lim}$ o inferiori a $(\sigma_{min})_{lim}$. Per tali valori, molto poco frequenti, bisognerebbe però tenere conto dell'incremento dei limiti di fatica possibili nei materiali per il fenomeno dell'allentamento.

Un metodo d'indagine, parallelo al precedente, potrebbe essere utilizzato ricercando, mediante contatori elettronici, la durata percentuale del superamento di determinati livelli di sollecitazione.

Per questa via si può determinare la σ_{max} e la σ_{min} per ciascun punto del percorso, e la σ_{moda} come valore più frequente.

(18) Ovviamente per tracciare ciascuna gaussiana occorre ripetere parecchie volte le misure.

(19) Ved. dello stesso Autore *Considerazioni sulla attendibilità dei campioni nelle indagini di traffico*, « Cronache Economiche », n. 266-7, febr.-marzo 1965.

Anche questi tre valori vanno ricercati utilizzando procedimenti analoghi a quelli su descritti.

In sede di collaudo a volte, quando vi è un brusco passaggio da un regime ad un altro, si riscontrano sollecitazioni sotto forma quasi impulsiva, come ad esempio, negli impianti di cabinovie ad agganciamento automatico all'atto dello sganciamento della vettura dalla fune (ved. le già citate figg. 8, 9, 10).

Anche questi valori vanno vagliati oculatamente alla luce dei fenomeni di fatica ed allentamento, tipici dei materiali metallici usati.

Ed infine un'indagine utile ai fini di possibili previsioni per nuovi impianti è la ricerca della correlazione fra i fenomeni di deformazione e i fenomeni vibrazionali.

Ma ciò costituirà oggetto di ulteriori studi.

Conclusioni.

Da quanto sopra esposto risulta chiaro il notevole contributo che le indagini sperimentali possono portare ad una nuova impostazione del problema.

Infatti la conoscenza dei diversi valori dei σ permette di individuare il carico di lavoro normale (quello più frequente) della struttura nonché l'entità del carico massimo ed inoltre la durata delle massime sollecitazioni.

Tale conoscenza analitica del fenomeno consente quindi di decidere sulla sicurezza della struttura in funzione del tasso effettivo di lavoro delle stesse e potrebbe quindi far rivedere notevolmente le modalità di applicazione dei coefficienti di sicurezza normalmente assunti.

Infatti, come risulta dalla tabella 4, per il punto estensimetro 7, il massimo incremento della sollecitazione dinamica su tutta la linea — rispetto a quella statica rilevata in laboratorio — risulta del 38 %, costituendo l'ingresso in stazione un punto singolare dovuto a non perfetta messa a punto dell'impianto fisso.

Inoltre l'analisi delle bande registrate, in relazione alla stazionarietà del fenomeno di cui si è già scritto, consente il rilievo di eventuali punti critici nelle parti fisse dell'impianto la misura dell'entità

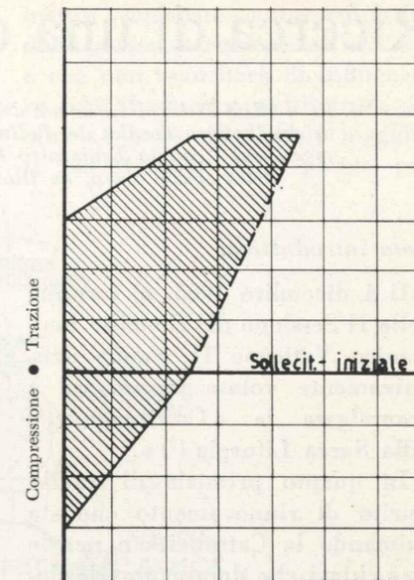


Fig. 16 - Diagramma tipico dell'area di sicurezza di materiale metallico. Il segmento indica il campo d'escursione della σ del materiale.

TABELLA 4 - Valori rilevati per il punto estensimetrico n° 7.

Sollecitazione statica = 400 $\mu\epsilon$ → 8,4 $\frac{Kg}{mm^2}$

Verifica alla fine prova = 400 $\mu\epsilon$

| Punto del percorso | Valori max | | Incremento % rispetto al valore statico | Valori min | | Decremento % rispetto al valore statico |
|---------------------|---------------|-----------|---|---------------|-----------|---|
| | $\mu\epsilon$ | Kg/mm^2 | | $\mu\epsilon$ | Kg/mm^2 | |
| Rulliera Courmayeur | 600 | 12,6 | 50 | 260 | 5,5 | -52 |
| CAV. 1 | 470 | 9,9 | 18 | 300 | 6,3 | -33 |
| CAV. 2 | 470 | 9,9 | 18 | 260 | 5,5 | -52 |
| CAV. 4 | 530 | 11 | 30 | 260 | 5,5 | -52 |
| CAV. 5 | 550 | 11,6 | 38 | 260 | 5,5 | -52 |
| CAV. 6 | 490 | 10 | 19 | 300 | 6,3 | -33 |
| CAV. 7 | 480 | 10 | 19 | 280 | 5,9 | -42 |
| Rulliera intermedia | 480 | 10 | 19 | 250 | 5,2 | -61 |
| CAV. 9 | 550 | 11,5 | 37 | 300 | 6,3 | -33 |
| CAV. 12 | 460 | 9,7 | 15 | 320 | 6,7 | -25 |
| CAV. 13 | 470 | 9,9 | 18 | 280 | 5,9 | -42 |
| CAV. 14 | 470 | 9,9 | 18 | 280 | 5,9 | -42 |
| CAV. 15 | 520 | 11 | 30 | 230 | 4,8 | -75 |
| CAV. 16 | 480 | 10 | 19 | 270 | 5,7 | -47 |
| CAV. 20 | 460 | 9,7 | 15 | 280 | 5,9 | -42 |

del disturbo nonché la verifica della efficacia dei correttivi applicati (20), al fine di eliminare inutili sovraccarichi e per ridurre l'ampiezza delle accelerazioni passive che — oltre tutto — influiscono negativamente sul comfort dei trasportati.

Alberto Russo Frattasi

(20) Ad esempio le figg. 9-10-11 mostrano come, nel caso in esame, l'ingresso in stazione presenti un punto singolare dovuto allo sganciamento della cabina.

Ricerca di una distribuzione dello spazio sacro

P. MARIO FIAMENI, titolare dell'ufficio tecnico dell'Istituto Missioni Consolata e collaboratore dell'Istituto di Architettura Tecnica del Politecnico di Torino, mette in evidenza quei principi sanciti da recenti Documenti del Concilio Ecumenico Vaticano II che rivestono un particolare significato per la sistemazione dello spazio sacro, ne illustra il valore di riforma e le relative conseguenze architettoniche.

Nota introduttiva.

Il 4 dicembre 1963, al termine della II Sessione del Concilio Ecumenico Vaticano II, venne definitivamente votata, approvata e promulgata la « Costituzione ⁽¹⁾ sulla Sacra Liturgia ⁽²⁾ ».

In quanto primizia di quello spirito di rinnovamento che sta animando la Cattolicità e per le idee-chiavi che dominano tale documento Conciliare, l'avvenimento fu giudicato di portata eccezionale.

La novità degli orientamenti ed il dinamismo dei principi formulati nel documento sono così evidenti ed incisivi che si parla senz'altro di Riforma Liturgica. L'espressione è usata dalla stessa Costituzione, citata più sopra.

A questi nuovi orientamenti non

⁽¹⁾ La Costituzione cui si farà ripetutamente riferimento è la « Costituzione Conciliare sulla Sacra Liturgia ». Essa è composta di un Proemio, e di 7 Capitoli e si svolge in 130 articoli.

Al testo definitivamente approvato il 4 dicembre 1963 con 2147 voti favorevoli contro 4 contrari, si giunse dopo approfondite discussioni che presero l'avvio su di uno schema elaborato da una Commissione preparatoria della Sacra Liturgia. Gli interventi dei Padri Conciliari durante l'esame dello schema furono 662, e diedero luogo a ben 11 fascicoli di Emendamenti. Le votazioni sugli emendamenti più importanti furono in tutto 85.

La Costituzione sulla Sacra Liturgia andò in vigore il 16 febbraio 1964.

(Cfr. FERDINANDO ANTONELLI, *Antecedenti, importanza e prospettive della Costituzione Liturgica*, in « Osservatore Romano », 8-12-1963).

⁽²⁾ Il termine « Liturgia » era originariamente impiegato con il senso di « servizio divino », « servizio del tempio », « devozione al servizio divino ».

Dal XVI secolo con il termine « Liturgia » si indica il culto pubblico e ufficiale che la Chiesa Cattolica rende a Dio ». Più dettagliatamente, si può definire la Liturgia come l'insieme dei simboli, dei canti e degli atti con cui la Chiesa manifesta la sua Religione verso Dio.

(Cfr. GUERANGER, *Institutions liturgiques*, t. 1, p. 1).

rimane estranea l'Architettura sacra. E ciò, non solamente perché il capitolo VII della Costituzione ne tratta esplicitamente, ma anche per il fatto notorio che sulla Architettura religiosa l'evoluzione significativa della Liturgia ha sempre avuto un influsso non certo minore, anche se in termini meno drammatici, delle diverse possibilità tecniche che si resero via via usufruibili nel succedersi dei secoli ⁽³⁾.

Finalità di queste note è appunto quella di fornire un contributo al rilevamento di quei principi, sanciti dalla nuova Costituzione Liturgica, che hanno un significato decisivo per la sistemazione dello spazio sacro.

Si eviterà di proposito di tentare, sulla scorta dei nuovi orientamenti, una specie di schema pratico o di trattatello circa i caratteri distributivi e compositivi propri dell'edificio sacro, in quanto tale tentativo sarebbe in contrasto con lo spirito del documento.

La costituzione, infatti, volutamente non contiene direttive dettagliate o norme pratiche, compito questo demandato alla Commissione ⁽⁴⁾ per la pratica attua-

⁽³⁾ G. E. KIDDER SMITH, *Nuove chiese in Europa*, New York, N.Y., dicembre 1963.

⁽⁴⁾ Molte prescrizioni della Costituzione Conciliare sulla Sacra Liturgia non potevano essere applicate in breve tempo, in quanto presupponevano la revisione di alcuni riti e la preparazione di nuovi libri liturgici.

Per compiere tale lavoro il 25 gennaio 1964 venne, appunto, istituita dal Sommo Pontefice Paolo VI la citata Commissione con il preciso compito di predisporre quanto necessario per la esatta interpretazione ed attuazione di quanto prescritto dalla Costituzione Conciliare.

(Cfr. *Motu proprio « Sacram Liturgiam » di S.S. Paolo VI*, del 25 gennaio 1964).

zione della Costituzione sulla Liturgia.

È vero che, tale Commissione ha già provveduto, in data 26 settembre 1964, ad emanare una Istruzione ⁽⁵⁾ pratica in materia, il cui V Capitolo fornisce delle indicazioni concrete circa « la costruzione delle Chiese e degli altari in modo da facilitare la partecipazione attiva dei Fedeli ».

Però in consonanza con lo spirito della Costituzione, le indicazioni dell'Istruzione lasciano intatte le libertà e l'iniziativa di coloro che avranno il compito di distribuire in una composizione adeguata le varie parti di un edificio sacro.

Perché le varie parti di questo unico organismo colgano la finalità per la quale l'edificio viene creato, è indispensabile da parte di colui che le compone che se ne interpreti rettamente il relativo significato e conseguente compito.

Ritorna, quindi, il discorso sui « principi », sulla ricerca della ispirazione che dovrà guidare l'espressione architettonica affinché riesca autenticamente attuale. Ed è appunto la finalità che ci si è proposta, come più sopra accennato.

⁽⁵⁾ « L'Istruzione per la esatta applicazione della Costituzione sulla Sacra Liturgia » preparata dalla Commissione di cui alla nota n. 4, fu approvata dal Sommo Pontefice Paolo VI il 26 settembre 1964 e andò in vigore dal giorno 7 marzo 1965.

In 5 capitoli, suddivisi in 99 articoli, l'Istruzione spiega con maggiore determinazione alcuni principi espressi in termini generali nel documento Conciliare; consente o stabilisce di attuare alcune cose che già fin d'ora possono essere tradotte in pratica.

(Cfr. *Istruzione*, art. 3, in « Osservatore Romano », 18-10-1964).

1) *L'edificio sacro, spazio fisico per l'Assemblea di culto, attiva, ordinata, e comunitaria.*

La cosiddetta « Teologia dell'Assemblea » ⁽⁶⁾ non è propriamente dottrina nuova. Novità è il sigillo di approvazione che di esso dà la Costituzione più volte citata.

Con estrema concisione se ne possono sintetizzare i concetti fondamentali come segue:

a) le azioni liturgiche non sono azioni private;

b) i Fedeli, nelle celebrazioni liturgiche, sono attori e non semplici spettatori;

c) il popolo cristiano deve potere partecipare ai riti con una celebrazione piena e comunitaria.

Si intuiscono i riflessi non indifferenti che da tali concetti si hanno nel campo dell'architettura per la distribuzione dello spazio sacro.

L'obiettivo principale nel disporre questo spazio dovrà essere d'ora in avanti l'esperienza collettiva della Comunità dei Fedeli ⁽⁷⁾.

Ne risulta, in primo luogo, un radicale mutamento degli anteriori rapporti tra altare e fedeli. Il dualismo dell'Altare collocato in fondo all'Abside al di là di una balaustra che suggerisce l'idea di uno steccato separatore, ed i fedeli collocati nella navata, separati l'uno dall'altro da una distanza materiale e psicologica sovente molto grande, dualismo che pure ha dato lo spunto alla creazione di grandi opere d'arte, diventa ora anacronistico.

Di conseguenza, si rendono indispensabili accorgimenti spaziali che concretizzino e realizzino sensibilmente quel contatto e legame tra l'Assemblea ed il Sacerdote che la presiede, indispensabile per il verificarsi di quell'esperienza collettiva cui si è accennato più sopra.

La ricerca e l'applicazione di tali accorgimenti è il preciso compito della intuizione e genialità di coloro cui spetterà l'ideazione dello spazio sacro. Sarebbe quindi

⁽⁶⁾ Cfr. G. DIEKMANN, *Il luogo dove si svolge l'azione liturgica*, in « Concilium », Brescia, marzo 1965.

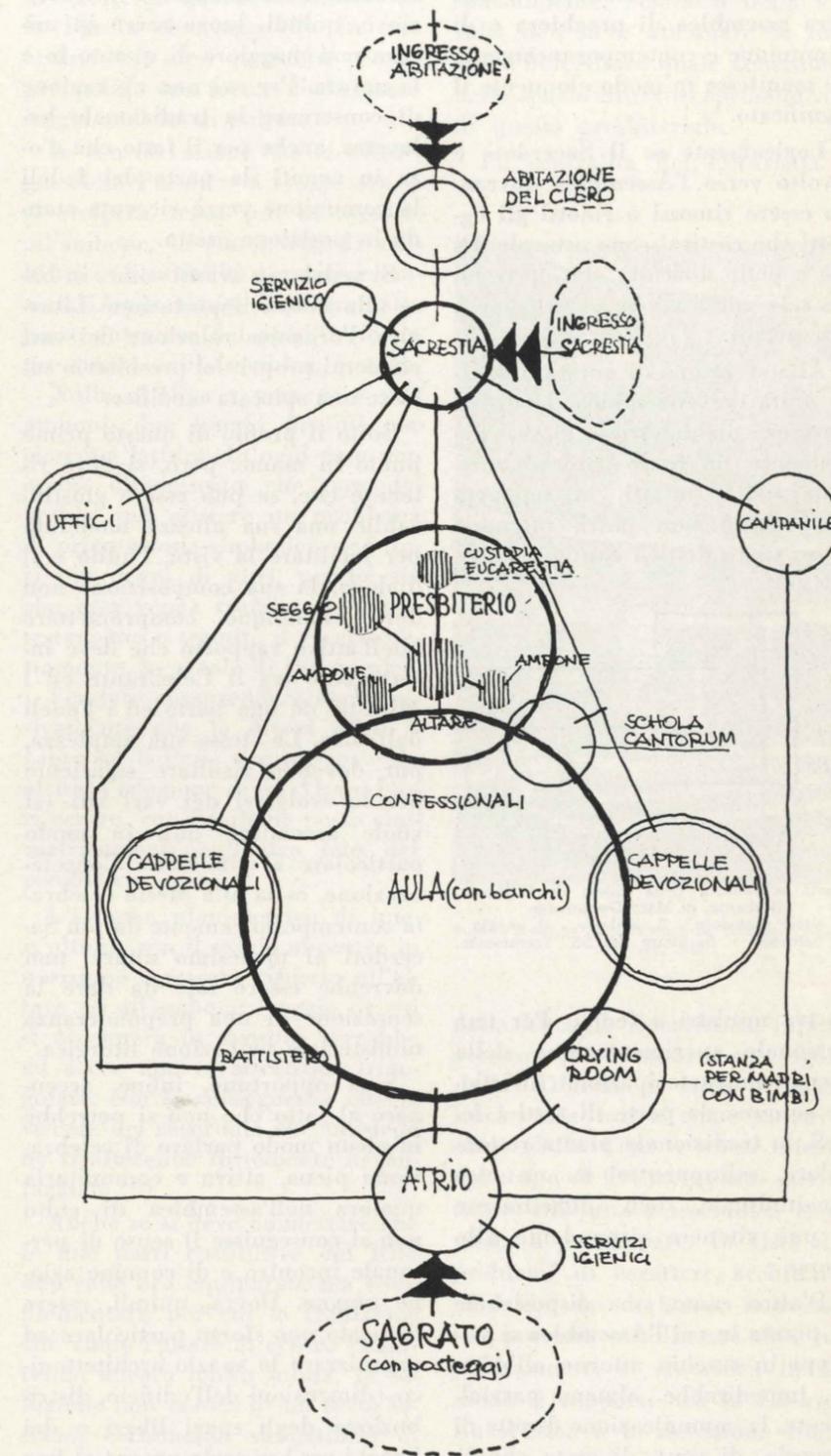
⁽⁷⁾ G. DIEKMANN, *l. c.*

presunzione il volerne tentare una elencazione.

Ci si limiterà a delle considerazioni di carattere generale.

È opportuno, anzitutto, accennare a tale proposito all'accorgi-

mento suggerito autorevolmente dalla stessa Istruzione all'art. 90, e che non mancherà di influenzare tutta la futura architettura sacra: « è bene che l'altare maggiore sia staccato dalla parete per



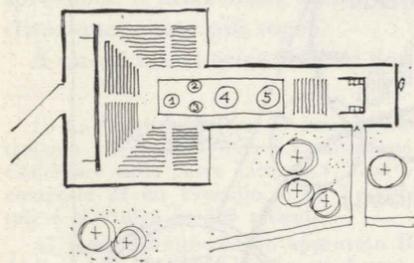
Schema funzionale dell'edificio sacro.

(i cerchi con circonferenza continua sono spazi architettonici singoli talora compenetrati tra loro intersecandosi, con circonferenza punteggiata sono spazi urbanistici, con doppia circonferenza sono aggruppamenti di più locali con articolazione per il momento imprecisata; ciò in ossequio alle convenzioni didattiche dell'Istituto d'Architettura Tecnica).

potervi facilmente girare intorno e celebrare rivolti verso il popolo». La soluzione, non nuova del resto e non soltanto perché già adottata normalmente nelle antiche Basiliche, dà un contributo decisivo alla realizzazione di una vera assemblea di preghiera e di comunione e contemporaneamente manifesta in modo eloquente il significato.

Logicamente se il Sacerdote è rivolto verso l'Assemblea dovranno essere rimossi o ridotti gli oggetti che costituiscono ostacolo. Di ciò e delle difficoltà che derivano da tale collocazione si accennerà più avanti.

Alla creazione di questa ordinata unità dell'Assemblea, la distribuzione planimetrica gioca, ovviamente, un ruolo determinante. Tale unità, infatti, in rapporto allo spazio non potrà ottenersi senza una effettiva contiguità fisi-



Pianta schematica della chiesa di Wilbroek, Brabante, di Marc Dessauvage. 1, altare maggiore - 2, ambone - 3, seggio - 4, battistero - 5, altare del SS. Sacramento.

ca tra ministri e fedeli. Per una personale sperimentazione della piena compartecipazione all'azione comune da parte di tutti i fedeli, la tradizionale pianta rettangolare, sviluppantesi su un asse longitudinale, ben difficilmente si può ritenere rispondente allo scopo.

D'altro canto, una disposizione di pianta in cui l'Assemblea si sviluppi in cerchio attorno all'Altare, impedirebbe, almeno parzialmente, la comunicazione diretta di sguardo, di voce, di gesto che la Riforma Vaticana postula.

Nemmeno il Presbiterio dovrà compromettere la coesione spazia-

le necessaria per dare il senso vivo della Comunità. Lo spazio sacro deve essere dimora spirituale di una comunità di persone che partecipano ad una comune azione di culto assieme ai Ministri, secondo il loro rango. Il presbiterio è, quindi, luogo sacro in misura non maggiore di quanto lo è la navata. Per cui non c'è ragione di conservare la tradizionale balaustra, anche per il fatto che d'ora in avanti da parte dei fedeli la comunione verrà ricevuta stando in posizione eretta.

Si vedrà più avanti come, in base alla nuova impostazione Liturgica, l'organica relazione dei vari elementi propri del presbiterio subisce una spiccata modifica.

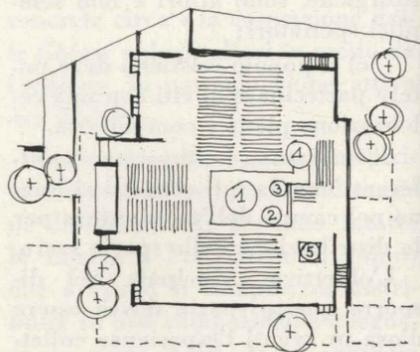
Sotto il profilo di questo primo punto in esame, però, si deve ritenere che, se può essere giustificabile una sua altezza moderata per facilitare la vista, l'udito e il dialogo, la sua composizione non deve comunque compromettere quell'attivo rapporto che deve intercorrere tra il Celebrante ed i Ministri da una parte ed i Fedeli dall'altra. La stessa sua ampiezza, pur dovendo risultare sufficiente per lo svolgersi dei vari riti (si vuole accennare qui, in modo particolare al rito della Concelebrazione, ossia alla Messa celebrata contemporaneamente da più Sacerdoti al medesimo altare) non dovrebbe essere tale da dare la sensazione di una preponderanza ministeriale nell'azione liturgica.

Sarà opportuno, infine, accennare al fatto che non si potrebbe in alcun modo parlare di celebrazione piena, attiva e comunitaria qualora nell'assemblea di culto non si conseguisse il senso di personale incontro e di comune azione umana. Dovrà, quindi, essere dedicato uno sforzo particolare ad organizzare lo spazio architettonico (dimensioni dell'edificio, distribuzione degli spazi liberi e dei banchi ecc.) su scala umana al fine di evitare il senso di massa nella quale la persona abbia a scomparire.

2) Lo spazio presbiteriale in funzione delle due parti costitutive della Messa: Liturgia della Parola (8) e Liturgia Eucaristica.

Alla creazione di quella unità di intenti, condizione essenziale per una assemblea veramente attiva e comunitaria, concorre in modo decisivo la viva voce, la parola parlata.

Con lineare coerenza la nuova Costituzione restituisce al rito Li-



Pianta schematica della chiesa dello Spirito Santo a Anderlecht, Bruxelles, di Marc Dessauvage. 1, altare maggiore - 2, ambone - 3, seggio - 4, altare del SS. Sacramento - 5, fonte battesimale.

turgico l'efficacia creatrice della Parola, per donare al medesimo rito il suo vero significato e fare nascere la fede indispensabile.

Si parla, perciò, di « Mensa della Parola di Dio » e di « Mensa del Corpo del Signore », come di due parti così strettamente congiunte da formare un solo atto di culto. Si afferma « la presenza di Cristo nella sua Parola ». Si invita a fare un più largo posto alle lezioni scritturistiche durante la celebrazione dei riti liturgici. Si parla

(8) Con l'espressione « Liturgia della Parola » la Costituzione Conciliare vuole indicare quella parte della Messa in cui la Parola di Dio, proclamata con la lettura dei Libri Sacri e commentata dal Celebrante — Presidente dell'Assemblea —, è al centro della Celebrazione liturgica.

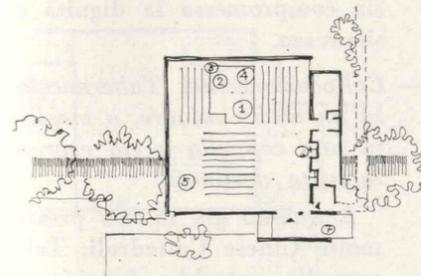
La Liturgia della Parola inizia con una lettura Biblica estratta dal Vecchio o dal Nuovo Testamento, prosegue con la lettura di un brano di Vangelo e termina con l'Omelia. Il tutto intercalato da appropriate preghiere comuni.

dell'Omelia come parte integrale dell'azione liturgica.

Ne consegue che, nella dinamica dei riti liturgici in genere e della Messa in specie, si dovrà avere da ora in avanti una duplice polarità: l'Altare destinato alla liturgia eucaristica ed il « luogo » da dove sarà proclamata la Parola. La Liturgia della Parola, infatti, nel nuovo rito riformato della Messa non si tiene più all'altare.

Si rende così necessaria una sensibile modificazione dello spazio architettonico. La più volte citata Istruzione affermando, all'art. 96, la convenienza che ci sia un ambone, o gli amboni, per la proclamazione delle sacre Letture, dà una decisiva indicazione per la risoluzione di tale problema.

L'architettura del passato ci fornisce esempi illustri circa l'ambone quale luogo da cui si proclama la « Parola ». Escludendo un ritorno archeologizzante al passato si tratterà ora di fissare nello spazio un elemento che non può più essere ritenuto secondario nelle celebrazioni liturgiche.



Schema distributivo della chiesa Saint-Roch D'Aarschot, Brabante. 1, altare - 2, ambone - 3, seggio del celebrante - 4, custodia dell'Eucarestia - 5, fonte battesimale - 6, confessionali.

Pur ammettendo l'estrema flessibilità degli indirizzi attuali al riguardo, per cui l'ambone propriamente detto potrebbe anche non esserci (9), bisognerà in ogni modo tenere presente che il luogo della proclamazione della Parola fa parte del Presbiterio, e compo-

(9) TH. MAERTENS, *La mise en pratique de la nouvelle célébration eucaristique*, in « Paroisse et Liturgie », Bruges, febbraio 1965.

sitivamente deve suggerire l'importanza della Parola stessa, evitando nel medesimo tempo « ogni apparenza di luogo di comando, poiché chi legge è un ministro (un servo) ed egli stesso nell'atto di servire gli altri si sottomette alla Parola che legge (10). In tale ordine di idee potrebbe essere preferibile una forma di dignitoso leggio anziché di pulpito.

In considerazione che la « liturgia della Parola » si svolge ora, e si svolgerà ancor più in seguito, all'ambone, le condizioni di visibilità e di udibilità saranno essenziali. L'opportunità di pensare alla parte anteriore del presbiterio, in prossimità dell'assemblea, è ovvia.

Nulla obbliga a prevedere due amboni, due luoghi distinti per ciascuna lettura. In ogni caso non andrà dimenticato che non dovrebbe più esistere un problema di orientazione simbolica, o settori più degni di altri, perché sia che essa venga tramite il Nuovo Testamento o tramite il vecchio Testamento, la parola di Dio è unica.

Per fare comprendere anche vividamente che la Messa offre il Libro ed il Pane si è proposto da alcuni l'adozione di un Altare fuori centro, con l'ambone posto simmetricamente sull'altro lato del presbiterio.

L'assieme planimetrico di quest'ultimo, con il seggio al centro in posizione arretrata rispetto all'altare ed all'ambone (seggio di cui si accennerà in seguito) verrebbe ad avere una caratteristica triangolare, con la conseguenza che la visuale del sacerdote che presiede ne risulterebbe fortemente avvantaggiata (11).

Anche se si deve ammettere che le due parti costitutive del Rito non sono ora equiparate ma complementari, per cui la tradizione che vuole l'altare al centro rimarrebbe ancora molto solida, la soluzione non manca di un certo fascino, certamente suscettibile di interessanti sviluppi.

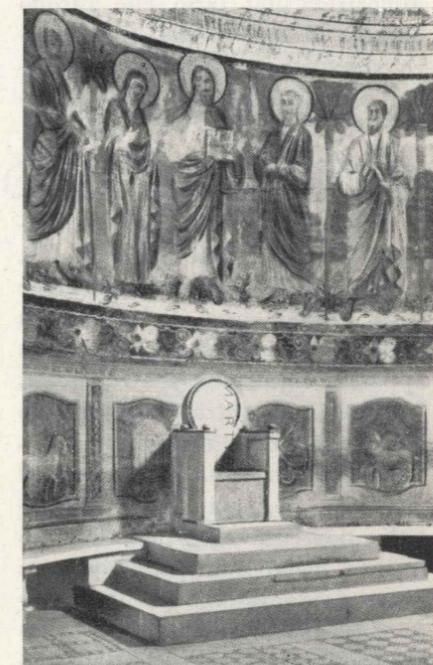
(10) G. DIEKMANN, *l. c.*

(11) G. DIEKMANN, *l. c.*

In ogni caso, però, qualsiasi soluzione si adotterà, l'insieme dello spazio presbiteriale non dovrà mancare di fare fortemente risaltare la dignità della Parola.

L'impegno di restituire, anche spazialmente, l'efficacia della Parola, non deve attenuare la funzione dell'Altare quale generatore dello spazio liturgico specialmente di quello presbiteriale.

La centralità dell'Eucaristia e



Roma, Basilica di S. Clemente. Il seggio vescovile (sec. XII).

della Liturgia Eucaristica, infatti, è conservata in tutto il suo vigore dalla Riforma in atto. Liturgia Eucaristica intesa come rinnovazione della Cena e come mensa del corpo di Cristo, « pasto sacrificale » cui tutta l'Assemblea è invitata a partecipare. In vista dei problemi di carattere architettonico che ne derivano, non sarà inopportuno sottolineare che, implicitamente, si chiarifica in tal modo il rapporto tra la Liturgia Eucaristica e la devozione Eucaristica.

Per la affermata centralità della Liturgia Eucaristica non ci sarà motivo di sorpresa se si afferma

che, anche nell'ordine architettonico, i problemi più delicati si hanno appunto a questo proposito.

Eccone i principali:

— L'Altare-mensa in rapporto all'insieme dello spazio sacro ed allo spazio presbiteriale.

— L'Altare-mensa in rapporto al tabernacolo, custodia e riserva dell'Eucarestia.

— L'Altare-mensa ed i suoi elementi architettonici-decorativi.

La attualità di tali problemi è dimostrata dal fatto che furono oggetto di un recente, significativo, dibattito tra autorevoli Personalità dell'Arte e della Liturgia⁽¹²⁾.

L'Istruzione sulla pratica applicazione della Costituzione sulla Liturgia dà delle utili indicazioni anche a tale riguardo⁽¹³⁾.

In rapporto a tutto l'insieme dello spazio sacro l'altare-mensa della Liturgia Eucaristica dovrà apparire veramente centro ideale.

In quanto contrastanti con una azione unitaria e comunitaria dell'Assemblea riunita a celebrare il rito Liturgico, gli altari devozionali dovrebbero scomparire, o quanto meno non dovrebbero in alcun modo interessare lo spazio presbiteriale ed, in ogni caso, essere collocati al di fuori del campo principale, in speciali cappelle.

Al fine di stimolare quel senso di contatto ed accessibilità all'Assemblea chiamata a condividere il culto ed il « Pasto » sarebbe opportuna per l'Altare-mensa una sopraelevazione, rispetto al piano del presbiterio, non eccessiva.

Si otterrebbe in tal modo una migliore usufruibilità della superficie per lo svolgimento dei sacri riti, ed una visione migliore di tutti gli altri elementi costituenti

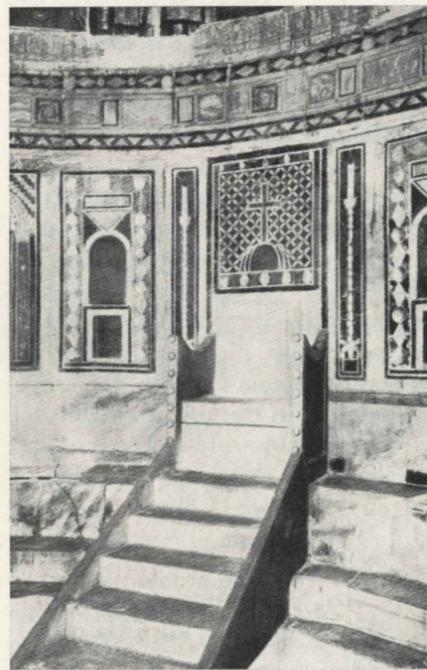
⁽¹²⁾ Si fa qui riferimento al convegno di liturgisti ed artisti promosso ed organizzato dall'Unione Cattolica Artisti Italiani (U.C.A.) in collaborazione con il Centro Azione Liturgica (C.A.L.) tenutosi a Pisa il 13 giugno 1965.

⁽¹³⁾ Istruzione per l'esatta applicazione della Costituzione sulla Sacra Liturgia, artt. 91, 93, 94, 95.

l'insieme del presbiterio, cui si è già accennato o si accennerà più avanti (ambone, seggio del Celebrante-presidente).

Più difficile e controverso il problema del rapporto Tabernacolo-Altare, difficoltà ulteriormente accentuata per il fatto che il problema non è scevro di una certa delicatezza sotto lo stesso profilo dottrinale.

Riconfermata la devozione Eu-



Parenzo, Basilica di S. Eufrazio. La cattedra (sec. VI).

caristica e di conseguenza la conservazione del Sacramento, la collocazione del Tabernacolo sull'Altare introdurrebbe un temporaneo conflitto tra misteri liturgici: il Cristo nell'atto di offrire il perfetto culto e il Cristo come oggetto di culto⁽¹⁴⁾.

Ma anche indipendentemente dal problema dottrinale, rimarrebbe con la collocazione accennata, un notevole problema di carattere funzionale.

Sancita l'unicità dell'altare-mensa e la celebrazione del rito con il Celebrante rivolto verso

⁽¹⁴⁾ G. DIEKMANN, *l. c.*

l'Assemblea dei fedeli, il tabernacolo sull'Altare comprometterebbe quella comunicativa, che per essere perfetta deve pure essere visiva, così essenziale per stabilire quel mutuo rapporto di comune sentimento.

Perfettamente coerente con lo spirito della riforma, l'Istruzione offre circa il rapporto tabernacolo-altare l'alternativa di almeno tre ipotesi:

— Collocazione del tabernacolo sull'altare.

Si è appena accennato alle difficoltà che ne conseguono. Per attenuarle al massimo, implicitamente tale alternativa suppone un tabernacolo di ridotte dimensioni. Il che può risultare fattibile, in quanto la riforma invita a ricevere la comunione con particole consacrate nello stesso Rito. Per cui, in pratica, verrebbero conservate solamente alcune particole per il Viatico degli infermi e per il Culto. Per la forma di tale Tabernacolo è lasciata ampia libertà: si richiede solamente che non ne sia compromessa la dignità e sicurezza.

— Collocazione del Tabernacolo su un altare minore, o meglio in una cappella a ciò espressamente destinata.

È quanto già in uso presso molte Chiese Cattedrali. Tale cappella potrebbe funzionare come Cappella feriale o invernale.

— Collocazione in altra parte dell'ambiente sacro, molto nobile e debitamente ornata.

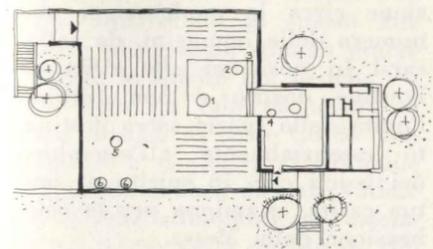
Questa ultima alternativa, sembrerebbe volere richiamare l'idea di un « tabernacolo a muro » o di una « credenza » non molto lontano dall'altare, eventualmente fuori dalla normale visuale dell'assemblea che assiste alla Messa comunitaria, di comodo accesso, e atto a stimolare la devozione fuori della celebrazione liturgica.

La varietà delle possibili soluzioni, dimostra con evidenza che ancora non si è superata una vera perplessità sul come risolvere il problema Tabernacolo-Altare nella nuova sistemazione dello spazio liturgico.

Solo l'apporto della intuizione e della genialità delle esperienze che via via andranno sviluppandosi potranno attenuare e risolvere l'imbarazzo della attuale fase di transizione.

Una parola, infine, circa l'altare in rapporto ai suoi elementi architettonici-decorativi. L'art. 94 dell'Istruzione dà come possibile la collocazione, fuori dell'Altare, ma in luogo ad esso prossimo, della Croce (tutt'ora obbligatoria per la celebrazione dei riti liturgici, anche se ormai ha perduto il significato di Croce processionale) e dei candelieri richiesti dai diversi riti.

È uno sforzo ulteriore per la realizzazione di quella stretta comunicatività tra celebrante ed assemblea così tenacemente inculcata dalla Riforma ed un ulteriore contributo per la rivalutazione dell'altare quale « mensa del corpo del Signore » che una devozione male intesa aveva offuscato



Schema distributivo della chiesa di S. Giuseppe a Jette-Dielegem, Belgio, di Marc Dessauvage. 1, altare maggiore - 2, ambone - 3, seggio - 4, custodia dell'Eucarestia - 5, fonte battesimale - 6, confessionali.

con una serie di oggetti non strettamente necessari alla celebrazione del rito.

L'ispirazione compositiva di tutto lo spazio presbiteriale non mancherà di trarre notevole vantaggio da questo ritorno al genuino significato di ogni elemento che questo spazio compone⁽¹⁵⁾.

⁽¹⁵⁾ Per tutto l'argomento svolto al punto 2) cfr. F. DEBUYST, *Architecture moderne et célébration chrétienne*, in « Art d'Église », Bruges, nn. 128, 129, 130.

3) Lo spazio sacro in rapporto ai compiti propri delle singole parti costituenti l'assemblea.

« Nelle celebrazioni liturgiche ciascuno, ministro o semplice fedele, svolgendo il proprio ufficio, si limiti a compiere tutto e soltanto ciò che, secondo le norme del rito e le norme liturgiche, è di sua competenza ».

Così all'art. 28 della Costituzione. Le brevi righe di tale articolo arrestano decisamente quel secolare processo per il quale la celebrazione del rito era compito esclusivo del clero. È il concetto di azione liturgica come atto comunitario, che ritorna.

Rimane, naturalmente, una distinzione di compiti, ma essi andranno considerati complementari di un'unica azione liturgica, per cui, ad esempio, come espresso all'art. 29, i membri della « schola cantorum », verranno a svolgere un vero ministero liturgico.

La complementarità dei compiti non dovrà però compromettere il giusto reciproco rapporto, affinché l'azione liturgica oltre che comunitaria abbia a risultare anche « ordinata ».

Il compito del celebrante è un compito presidenziale (artt. 33, 41, 42 Costit.) e l'organizzazione dello spazio lo deve mettere in risalto.

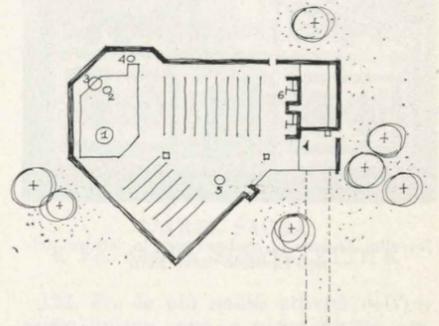
L'art. 92 dell'Istruzione, allo scopo di visibilizzare il concetto del Celebrante-presidente, parla di una sede del Celebrante, che dovrà risultare ben visibile, e collocata in modo che il celebrante appaia veramente come il presidente dell'assemblea dei fedeli.

A rigore tale seggio non costituisce un elemento di assoluta novità. Nuova è invece l'importanza che viene a rivestire, sia per la condizione che debba apparire veramente « presidenziale » sia per il fatto pratico che per una buona parte dello svolgimento del rito, e cioè durante la fase della liturgia della Parola, il celebrante non risiede all'Altare bensì al seggio.

Quale la sua ubicazione nello spazio? Orientamento abbastanza comune, fondato su indicazioni della stessa Istruzione, è di porlo di fronte all'Assemblea, all'estremità dello spazio presbiteriale,

dietro l'Altare. Tale collocazione può creare delle difficoltà circa la visibilità. Si potrebbe ovviare con una opportuna sopraelevazione in congruo rapporto con i restanti elementi del presbiterio. Si è già inoltre accennato, con le dovute riserve, alla disposizione planimetrica triangolare.

La collocazione accennata non è, naturalmente, l'unica possibile. Specialmente in spazi di ridotte dimensioni è possibile una collo-



Schema distributivo della chiesa di Santa Aldegonda a Ezemaal-lez-Tirlemont, Belgio, di Marc Dessauvage. 1, altare - 2, ambone - 3, seggio - 4, custodia dell'Eucarestia - 5, fonte battesimale - 6, confessionali.

cazione del seggio ad un lato dell'Altare, rivolto diagonalmente verso l'assemblea.

Non dovrebbe essere esclusa anche la possibilità di collocarlo in seno all'assemblea stessa⁽¹⁶⁾. Si potrebbe fare risaltare in tale modo il fatto che il celebrante ascolta la parola di Dio come gli altri membri dell'Assemblea.

Anche per tale problema è lasciato moltissimo alle esperienze che seguiranno.

Qualunque sarà, però, la collocazione prescelta per il seggio, il Celebrante che lo occupa dovrà apparire veramente presidente dell'assemblea, ossia ben visibile, atto ad animare una comunità a lui vicina, con la possibilità di procedere dal seggio stesso alla omelia ed alla preghiera.

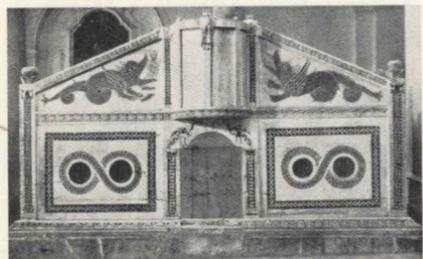
Andrà tuttavia evitata ogni analogia col trono, che rimane riservato unicamente al Vescovo.

Si è accennato alla « schola cantorum » che svolge un vero ministero liturgico. L'art. 97 dell'istruzione ne trae le conclusioni e di-

⁽¹⁶⁾ TH. MAERTENS, *l. c.*

chiara che « la posizione della "schola" e dell'organo deve fare risaltare che i cantori e l'organista fanno parte dell'assemblea dei fedeli ».

Lo spazio ad essa destinato dovrà, quindi, dimostrare il rapporto organico che ne esiste; tanto con il presbiterio come con la navata. La tradizionale balconata in fondo alla Chiesa rimane così



Ravello, Duomo. L'ambone per la lettura dell'Epistola (sec. XIII).

definitivamente estranea a tale indirizzo.

La ricerca della posizione più adatta solleva nuovi problemi. L'esistenza di un vincolo fra clemente e assemblea, ed il fatto che la « schola » rappresenta l'assemblea mentre l'aiuta a realizzare degnamente il culto, giustifica la tendenza a collocarla in una zona intermedia tra presbiterio e aula. Le difficoltà connesse sono ovvie: problemi di discrezione, di possibili distrazioni per l'assemblea ecc.

Anche questo è un campo per una interessante ricerca. Nella diversità delle soluzioni, dovrà, però, essere sempre salvaguardato, anche spazialmente, il principio del ministero liturgico, comunitario della « schola ».

Circa lo spazio in rapporto al compito dei Fedeli, già si è detto al n. 1.

4) Gli spazi minori complementari organici dello spazio principale.

Ci si è preoccupati, nelle precedenti note, di descrivere ed illustrare le modificazioni più significative dello spazio sacro che ne deriveranno dall'attuazione della Riforma Vaticana.

Si sarà rilevato come la mag-

gior parte di tali modificazioni siano intese soprattutto a realizzare uno spazio sacro veramente adatto alle Celebrazioni proprie dell'assemblea Eucaristica.

Sarebbe erroneo, però, dedurre da ciò che le celebrazioni degli altri riti, specialmente riti Sacramentali come ad es. Battesimo e Confessione, siano da ritenersi secondari e quindi subordinati alla celebrazione Eucaristica. Tra i vari riti sacramentali e l'Eucarestia esiste, secondo la Teologia cattolica, una ben determinata relazione organica. Sarà, quindi, opportuna una ubicazione dei vari spazi destinati ai diversi riti Sacramentali dalla quale appaia, anche visivamente, tale reciproca relazione.

Ciò vale, in modo particolare, per il rito Sacramentale del Battesimo, rito il cui svolgimento ha luogo al cosiddetto Battistero. Seguendo lo spirito della Costituzione, l'Istruzione si limita a dichiarare che « nel costruire e adornare il Battistero, dovrà essere impiegata diligente cura affinché venga messa in rilievo la dignità del Sacramento del Battesimo e affinché il luogo risulti idoneo alle celebrazioni comunitarie ».

Il giudizio circa l'idoneità di tale collocazione è necessariamente legato al contenuto dottrinale del Battesimo. Il Battesimo è il Sacramento della iniziazione, in quanto introduce il Battezzando nell'assemblea dei Fedeli e lo rende atto a partecipare alla celebrazione Eucaristica.

Da qui l'orientamento generale di porre il Battistero in prossimità della zona di ingresso, con accesso diretto dall'esterno, opportunamente collegato con il restante spazio sacro.

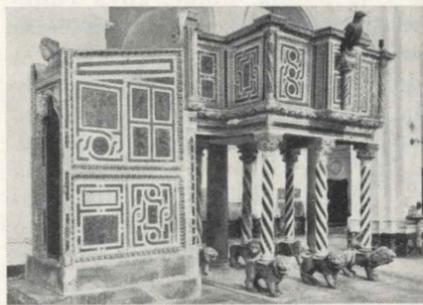
In tale modo, il Battezzando, raggiunto il Battistero dall'esterno, ammesso nell'assemblea dei Fedeli mediante il rito del Battesimo, accede direttamente allo spazio proprio di quell'assemblea cui gli è stato dato di partecipare.

Il rinnovato rito della Veglia pasquale, che si svolge nella notte tra il sabato e la domenica di Pasqua, prevede alcune celebrazioni comunitarie incentrate al Battistero. Sarà, quindi, indispensabile che risulti visualmente ac-

cessibile all'assemblea di culto e di dimensioni adeguate allo svolgimento delle varie cerimonie.

Non si hanno a tutt'oggi indicazioni ufficiali determinanti circa il luogo destinato al rito Sacramentale della Confessione.

Dalla stretta colleganza di questo rito sacramentale con il rito eucaristico, in quanto riabilita il peccatore alla partecipazione al-



Ravello, Duomo. Ambone del Vangelo (sec. XIII).

l'assemblea di culto, sembrerebbe doversi dedurre che il luogo ad esso destinato debba risultare ben manifesto sia spazialmente che visualmente.

Non sarà inutile, infine, ricordare l'invito della nuova Costituzione circa la moderazione del numero delle immagini, da collocarsi in posizioni che riflettono l'ordine dovuto e non turbino l'unità dello spazio sacro destinato essenzialmente all'assemblea dei fedeli che, in spirito di mutua carità, si raduna per la celebrazione della Messa.

CONCLUSIONE

Si è voluto, con queste note circa la distribuzione dello spazio sacro, illustrare i principi fondamentali ai quali, in base alla riforma Vaticana, si dovrà, d'ora in poi, conformare chi sarà chiamato a comporre un edificio sacro affinché ne risulti una sistemazione adeguata all'assemblea di culto cui è destinato (17).

(17) Non sarà inopportuno sottolineare che i suddetti indirizzi da applicarsi in edifici sacri di nuova costruzione, saranno da applicarsi con estrema prudenza in interventi su edifici sacri esistenti. Il motivo è ovvio. Le stesse autorità

Sarebbe, però, fatale errore il credere che una perfetta sistemazione dello spazio sacro sia sufficiente a creare « l'ambiente » della Liturgia, tale che questa possa realmente penetrare nel profondo dell'anima come la Riforma Vaticana si propone.

Se è vero, infatti, che una perfetta funzionalità è indispensabile allo scopo, è anche vero che una architettura unicamente legata alla tecnica ed alla sistemazione dello spazio non potrà evocare nella chiesa quell'indefinibile atmosfera che distingue l'Edificio Sacro da tutti gli altri edifici.

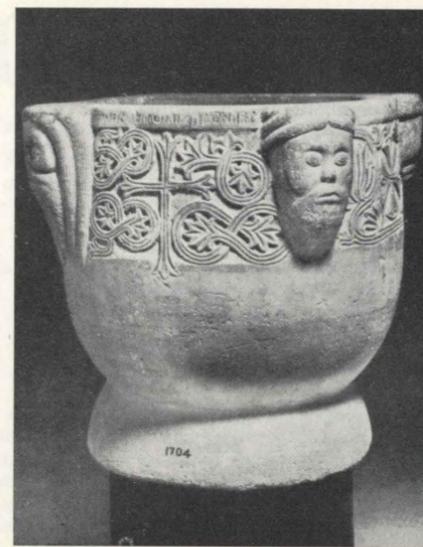
Il semplice culto del funzionalismo e tecnicismo risulta inadeguato alla creazione di uno spazio religioso che sappia esprimere qualche cosa della verità interiore che si svolge in esso e che possa indurre nel fedele quella esperienza emotiva che lo conduce alla preghiera, alla meditazione, non distraendone le reazioni spirituali più dinamiche.

Con tale constatazione, il discorso semplicemente distributivo non è sufficiente. Necessariamente esso deve allargarsi al campo dell'arte, arte intesa nel significato più vasto del termine: architettura, arte figurativa, musica e poesia, il cui apporto di umana bellezza, innalzando lo spazio alle altezze più grandi, stimola potentemente lo spirito del Fedele.

Si pensi, a tale proposito, al senso mistico di certe Chiese Romaniche o Gotiche; ai drammatici giochi di luce di certe Chiese secentesche stimolanti nell'assemblea il senso della maestà di Dio e della grandezza dei Santi; alle suggestive ambientazioni delle « aule regie » del periodo barocco insostituibile contorno allo spettacolare e coreografico svolgimento della Liturgia che tanta pietà e venerazione seppero suscitare nell'assemblea dei fedeli (18).

ecclesiastiche competenti non hanno mancato di impartire direttive ben precise, invitanti all'estremo rispetto del patrimonio artistico-architettonico esistente, alla gradualità degli interventi stessi, in attesa che l'esperienza fornisca il suo insostituibile apporto, adottando nel frattempo, soluzioni che, funzionalmente adatte, risultino tuttavia non definitive.

(18) AUGUSTO CAVALLARI MURAT, *L'ornamentazione strutturale e la Chiesa*, « Atti e Rassegna tecnica », Torino, ottobre 1963; IDEM, *L'architettura sacra*



Museo Nazionale di Messina. Fonte battesimale bizantino d'epoca normanna.

« Capitolo VII della Costituzione » L'ARTE SACRA E LA SACRA SUPPELLETILE

In ogni epoca il culto divino ha sempre fatto largo e dignitoso impiego di tutti i mezzi confacenti alla natura umana, tutto apprestando (templi, altari, vasi sacri, libri, indumenti, parati, immagini, suppellettili) con proprietà e decoro e con il concorso delle varie e preziose manifestazioni e prestazioni di tutte le arti.

L'aggiornamento in atto, dedicando l'intero capitolo VII della Costituzione all'arte sacra, non vuole discostarsi da questo tradizionale indirizzo, non già affermando che si debbano mutare le esperienze del passato e ripeterle, in quanto « è impossibile immaginare la vera arte distaccata da quegli uomini e quegli ambienti in cui è liberamente vissuta » (19), ma proclamando che, come per il passato, anche l'arte del nostro tempo e di tutti i popoli e paesi può e deve liberamente esprimersi nella Chiesa, affinché serva con la dovuta riverenza e il dovuto onore alle esigenze degli edifici sacri e dei sacri riti ».

« Il nostro ministero ha bisogno della vostra collaborazione. Perché, come sapete, il nostro ministero è quello di predicare e di rendere accessibile e compren-

del Vittone, « Atti e Rassegna Tecnica », Torino, febbraio 1956.

(19) G. FALLANI, *Contrasti e consensi sull'Arte Sacra*, in « Fede e Arte », Roma, gennaio 1964.

sibile anzi commovente, il mondo dello spirito, dell'invisibile, di Dio, dell'ineffabile ». Così l'attuale Pontefice agli artisti il 17 maggio 1964.

Solo con questo clima di convinta collaborazione tra Ecclesiastici, Architetti ed Artisti, si eviterà per lo spazio sacro l'utilitarismo del già superato « razionale » insufficiente a trasfondere nella materia inerte (20) quella verità interiore che si svolge in esso.

P. Mario Fiameni

APPENDICE

Per maggiore comodità del lettore riporto qui il testo integrale del Capitolo VII della « Costituzione » e del Capitolo V dell'« Istruzione », quali più strettamente attinenti all'argomento trattato.

« Capitolo VII della Costituzione »

L'ARTE SACRA E LA SACRA SUPPELLETILE

122. Fra le più nobili attività dell'ingegno umano sono, a pieno diritto, annoverate le arti liberali, soprattutto la arte religiosa e il suo vertice, l'arte sacra. Esse, per loro natura, hanno relazione con l'infinita bellezza divina, che deve essere in qualche modo espressa dalle opere dell'uomo, e sono tanto più orientate a Dio e all'incremento della sua lode e della sua gloria, in quanto nessun altro fine è stato loro assegnato se non quello di contribuire il più efficacemente possibile, con le loro opere, a indirizzare religiosamente le menti degli uomini a Dio.

Per tali motivi la santa Madre Chiesa ha sempre favorito le arti liberali, ed ha sempre ricercato il loro nobile servizio, specialmente per far sì che le cose appartenenti al culto sacro splendessero veramente per dignità, decoro e bellezza, segni e simboli delle realtà soprannaturali; ed ella stessa ha formato degli artisti. A riguardo, anzi, di tali arti, la Chiesa si è sempre ritenuta, a buon diritto, come arbitra, scegliendo tra le opere degli artisti quelle che rispondevano alla fede, alla pietà e alle norme religiosamente tramandate, e risultavano adatte all'uso sacro.

Con speciale sollecitudine la Chiesa si è preoccupata che la sacra suppellettile servisse con la sua dignità e bellezza al decoro del culto, ammettendo nella materia, nella forma e nell'ornamento quei cambiamenti che il progresso della tecnica ha introdotto nel corso dei secoli.

È piaciuto perciò ai Padri stabilire su questo argomento quanto segue.

123. La Chiesa non ha mai avuto come proprio un particolare stile artistico, ma, secondo l'indole e le condizioni dei popoli e le esigenze dei vari Riti, ha ammesso le forme artistiche di ogni epoca,

(20) BACCIO M. BACCI, *Considerazioni sulla decorazione delle chiese*, in « Fede e Arte », Roma, maggio 1964.

creando così, nel corso dei secoli, un tesoro artistico da conservarsi con ogni cura. Anche l'arte del nostro tempo e di tutti i popoli e paesi abbia nella Chiesa libertà di espressione, purché serva con la dovuta riverenza e il dovuto onore alle esigenze degli edifici sacri e dei sacri riti. In tal modo essa potrà aggiungere la propria voce al mirabile concentramento di gloria che uomini eccelsi innalzarono nei secoli passati alla fede cattolica.

124. Nel promuovere e favorire una autentica arte sacra, gli Ordinari procurino di ricercare piuttosto una nobile bellezza che una mera sontuosità. E ciò valga anche per le vesti e gli ornamenti sacri.

Abbiano ogni cura i Vescovi di allontanare dalla casa di Dio e dagli altri luoghi sacri quelle opere d'arte che sono contrarie alla fede e ai costumi, e alla pietà cristiana; che offendono il genuino senso religioso, o perché depravate nelle forme, o perché mancanti, mediocri o false nell'espressione artistica.

Nella costruzione poi degli edifici sacri ci si preoccupi diligentemente della loro idoneità a consentire lo svolgimento delle azioni liturgiche e la partecipazione attiva dei fedeli.

125. Si mantenga l'uso di esporre nelle chiese alla venerazione dei fedeli le immagini sacre. Tuttavia si esponano in numero moderato e nell'ordine dovuto, per non destare ammirazione nei fedeli e per non indulgere ad una devozione non del tutto retta.

126. Quando si tratta di dare un giudizio sulle opere d'arte, gli Ordinari del luogo sentano il parere della Commissione di Arte sacra e, se è il caso, di altre persone particolarmente competenti, come pure delle Commissioni di cui agli articoli 44, 45, 46.

Una vigilanza speciale abbiano gli Ordinari nell'evitare che la sacra suppellettile o le opere preziose, che sono ornamento della casa di Dio, vengano alienate o disperse.

127. I Vescovi, o direttamente o per mezzo di sacerdoti idonei, che conoscono e amano l'arte, si prendano cura degli artisti, allo scopo di formarli allo spirito dell'Arte sacra e della sacra Liturgia.

Si raccomanda inoltre di istituire Scuole o Accademie di Arte sacra per la formazione degli artisti, dove ciò sembrerà opportuno.

Tutti gli artisti, poi, che guidati dal loro ingegno intendono glorificare Dio nella santa Chiesa, ricordino sempre che la loro attività è in certo modo una sacra imitazione di Dio Creatore e che le loro opere sono destinate al culto cattolico, all'edificazione, alla pietà e all'istruzione religiosa dei fedeli.

128. Si rivedano quanto prima, insieme ai libri liturgici, a norma dell'articolo 25, i canoni e le disposizioni ecclesiastiche che riguardano il complesso delle cose esterne attinenti al culto sacro, e specialmente quanto riguarda la

costruzione degna ed appropriata degli edifici sacri, la forma e la erezione degli altari, la nobiltà, la disposizione e la sicurezza del tabernacolo eucaristico, la funzionalità e la dignità del battistero, la conveniente disposizione delle sacre immagini, della decorazione e dell'ornamento. Quelle norme che risultassero meno rispondenti alla riforma della Liturgia siano corrette o abolite; quelle invece che risultassero favorevoli siano mantenute o introdotte.

A tale riguardo, soprattutto per quanto si riferisce alla materia e alla forma della sacra suppellettile e degli indumenti sacri, si concede facoltà alle assemblee episcopali delle varie regioni di fare gli adattamenti richiesti dalle necessità e dalle usanze locali, a norma dell'art. 22 della presente Costituzione.

129. I chierici, durante il corso filosofico e teologico, siano istruiti anche sulla storia e lo sviluppo dell'Arte sacra, come pure sui sani principi su cui devono fondarsi le opere dell'Arte sacra, in modo che siano in grado di stimare e conservare i venerabili monumenti della Chiesa e di offrire opportuni consigli agli artisti nella realizzazione delle loro opere.

130. È conveniente che l'uso delle insegne pontificali sia riservato a quelle persone ecclesiastiche che sono insignite del carattere episcopale o che hanno una speciale giurisdizione.

« Capitolo V dell'Istruzione »

LA COSTRUZIONE DELLE CHIESE E DEGLI ALTARI IN MODO DA FACILITARE LA PARTECIPAZIONE ATTIVA DEI FEDELI

I. Disposizione delle chiese

90. Nel costruire nuove chiese, o nel restaurare e adattare quelle già esistenti ci si preoccupi diligentemente della loro idoneità a consentire la celebrazione delle azioni sacre secondo la loro vera natura, e ad ottenere la partecipazione attiva dei fedeli (cfr. *Cost.* art. 124).

II. L'altare maggiore

91. È bene che l'altare maggiore sia staccato dalla parete per potervi facilmente girare intorno e celebrare rivolti verso il popolo. Nell'edificio sacro sia posto in luogo tale da risultare come il centro ideale a cui spontaneamente converga l'attenzione di tutta l'assemblea.

Nella scelta della materia per la costruzione e l'ornamentazione dell'altare, ci si attenga alle disposizioni del diritto.

Inoltre il presbiterio attorno all'altare sia di ampiezza sufficiente a consentire un agevole svolgimento dei sacri riti.

III. La sede del celebrante e dei ministri

92. La sede per il celebrante e i ministri, secondo la struttura delle singole chiese sia disposta in modo che risulti ben visibile dai fedeli, e il celebrante

appaia veramente come il presidente dell'assemblea dei fedeli.

Tuttavia, se la sede per il celebrante è posta dietro l'altare, si eviti la forma di trono, che è riservato unicamente al vescovo.

IV. Gli altari minori

93. Gli altari minori siano in numero ridotto e, per quanto lo consente la struttura dell'edificio, è molto conveniente che siano sistemati in cappelle, in qualche modo distinte dall'aula della chiesa.

V. Ornamento degli altari

94. La croce e i candelieri che sono richiesti sull'altare per le diverse azioni liturgiche, col consenso dell'Ordinario del luogo, si possono collocare anche presso di esso.

VI. Custodia della SS. Eucaristia

95. La SS. Eucaristia si custodisca in un tabernacolo solido e inviolabile posto in mezzo all'altare maggiore o ad uno minore, ma che sia davvero nobile, oppure, secondo le legittime consuetudini e in casi particolari da approvarsi dall'Ordinario del luogo, anche in altra parte della chiesa davvero molto nobile e debitamente ornata.

È lecito celebrare la Messa rivolti verso il popolo anche in un altare, sul quale ci sia il tabernacolo, di piccole dimensioni, ma conveniente.

VII. L'ambone

96. È conveniente che si abbia un ambone, o gli amboni, per la proclamazione delle sacre Letture. Essi siano disposti in modo che il ministro possa essere comodamente veduto e udito dai fedeli.

VIII. Collocazione della schola e dell'organo

97. La posizione della schola e dell'organo deve fare chiaramente risaltare che i cantori e l'organista fanno parte dell'assemblea dei fedeli; e sia tale che essi possano svolgere il loro ufficio liturgico, nel modo più idoneo.

IX. Posto per i fedeli

98. Si studi con diligenza la disposizione dei posti per i fedeli, affinché questi possano partecipare nel modo dovuto alle sacre celebrazioni con lo sguardo e con lo spirito. Conviene che normalmente si pongano per loro dei banchi o dei sedili. Però, a norma dell'articolo 32 della Costituzione, è da riprovare la consuetudine di riservare dei posti a persone private.

Si provveda, anche con l'aiuto dei moderni mezzi tecnici, che i fedeli possano non solo vedere, ma anche udire senza difficoltà il celebrante e i ministri.

X. Il Battistero

99. Nel costruire e adornare il battistero, si curi diligentemente di mettere in rilievo la dignità del sacramento del Battesimo, e che il luogo sia idoneo alle celebrazioni comunitarie (cfr. art. 27 della Costituzione).