ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

FIAT
TORINO

NUOVA SERIE . ANNO XXVII . N. 11-12 . NOVEMBRE-DICEMBRE 1973

SOMMARIO

ATTI DELLA SOCIETÀ

Il corso di aggiornamento sull'Illuminotecnica . . . . . pag. 137

INFORMAZIONI:

Premio annuale della « Convention Européenne de la construction métallique » CECM per la miglior costruzione in acciaio » 140

Pubblicazione pervenuta alla biblioteca . . . . . » 140

Congressi anno 1974 . . . . . » 140

RASSEGNA TECNICA

A. Cavallari Murat - *Illuminazione dell'edilizia monumentale: la struttura luminosa dell'immagine architettonica* . . . » 141

P. Scarzella - *Illuminazione dell'edilizia monumentale: mezzi illuminotecnici per la ricostruzione approssimata dell'immagine architettonica* . . . . . » 150

C. Castiglia, F. A. Santagata - *Sulla ripartizione trasversale dei sovraccarichi negli impalcati a solettone alleggerito* . » 160

SOCIETÀ PER AZIONI UNIONE CEMENTERIE

MARCHINO EMILIANE E DI AUGUSTA

UNI CEM

Direzione Generale:
Via C. Marenco 25
10126 TORINO

Direttore: Guido Bonicelli.

Comitato d'onore: Gaudenzio Bono, Mario Brunetti, Cesare Codegone, Federico Filippi, Rolando Rigamonti, Rinaldo Sartori, Paolo Verzone, Vittorio Zignoli.

Comitato di redazione: Anna E. Amour, Giuseppe Boffa, Dante Buelli, Francesco Dolza, Loris Garda, Carlo Mortarino, Mario Federico Roggero, Ugo Piero Rossetti.

Segretario di redazione: Oreste Gentile.

Redazione, segreteria, amministrazione: Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, via Giolitti, 1 - Torino.

Pubblicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 6.000. - Estero L. 9.000. Prezzo del presente fascicolo L. 1500.

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

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III/70

FONDATA NEL 1827

SEDE CENTRALE:
TORINO - VIA XX SETTEMBRE, 31

194 SPORTELLI IN PIEMONTE E VALLE D'AOSTA

PATRIMONIO E RISERVE 50,9 MILIARDI

DEPOSITI OLTRE 1300 MILIARDI

CASSA DI RISPARMIO DI TORINO

TUTTE LE OPERAZIONI ED I SERVIZI DI BANCA ALLE MIGLIORI CONDIZIONI

CALCESTRUZZI TORINO S.p.A.

UFFICI E SEDE: VIA TIRRENO N. 45
TEL. 502.102 (ric. aut.) - **10134 TORINO**

INDUSTRIA DEL CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

CENTRALI DI BETONAGGIO N. 9

TORINO	–	Via Nallino, ang. C. Orbassano - tel. 393.996
		Via Sandro Botticelli - tel. 267.010
	–	Via Pietro Cossa - tel. 737.070
MONCALIERI	–	Corso Trieste, 140 - tel. 667.786
	–	Regione Bauducchi - Corso Savona, 76 - tel. 645.859
LA LOGGIA	–	Str. Statale n. 20 - Ponte Chisola - tel. 645.983
VENARIA	–	Strada Caselle - tel. 592.800
RIVOLI	–	C.so IV Novembre - tel. 950.416
ORBASSANO	–	Str. Beinasco

CALCESTRUZZI A DOSAGGIO, A RESISTENZA GARANTITA E SPECIALI - GETTI CON POMPA

DOTT. ING. VENANZIO LAUDI

s.n.c. di F.lli **LAUDI**

IMPIANTI RAZIONALI TERMICI
E IDRICO SANITARI

TORINO - VIA MADAMA CRISTINA 62
TELEF. DIREZIONE: 683.226 • TELEF. UFFICI: 682.210

asfalt - c. c. p.

TORINO S. p. A.
Strada di Settimo 6 - Tel. 20.11.00 - 20.10.86

COPERTURE IMPERMEABILI - MARCIAPIEDI - STRADE

ASFALTI COLATI E TAPPETI STRADALI **COLORATI**

LAVORI GARANTITI

PRODUZIONE, APPLICAZIONE E VENDITA DI ASFALTI
A FREDDO **GELBIT** E **GELBIPLAST**

Il corso di aggiornamento sull'Illuminotecnica

Si è svolto dal 29 marzo al 18 aprile 1973 il terzo dei corsi di aggiornamento organizzati dalla nostra Società, dedicato all'Illuminotecnica.

Il corso è stato effettuato d'intesa con la sezione torinese dell'Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana (AEEI) con la collaborazione dell'Associazione Italiana di Illuminazione (AIDI) e del Politecnico di Torino.

L'invito a partecipare era esteso anche ai Soci della Sezione torinese dell'Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana, ai Soci piemontesi dell'AIDI nonché a tutti quei Tecnici che avessero avuto interesse a partecipare. Il successo del Corso è stato notevole. Gli iscritti erano 110 e la frequenza fu molto elevata durante tutto lo svolgimento del Corso.

Hanno collaborato Docenti del Politecnico di Torino e dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Tecnici specializzati dei Compartimenti di Torino e di Milano dell'ENEL, Tecnici del Servizio Illuminazione pubblica del Comune di Torino e di alcune fra le maggiori Case costruttrici di lampade ed apparecchiature. Riportiamo l'intero programma del Corso.

Giovedì 29 marzo:

— *Apertura del Corso*

— *Principi e misure di illuminotecnica*
prof. ing. Paolo Soardo dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris di Torino

Lunedì 2 aprile:

— *Sorgenti ad incandescenza*
dott. ing. Virgilio Benzio della Soc. Osram

— *Sorgenti a scarica nei gas ed a fluorescenza*
dott. ing. Silvio Bruni della Soc. Philips

— *Apparecchi illuminanti*
p.i. Sergio Molinari dell'ENEL, Compartimento di Torino

Giovedì 5 aprile:

— *Principi di calcolo dell'illuminazione per esterni*
prof. ing. Cesare Boffa del Politecnico di Torino

— *Problemi di realizzazione di illuminazione per esterni*
dott. ing. Mario Bonomo dell'ENEL, Compartimento di Milano

Lunedì 9 aprile:

— *Principi di calcolo di illuminazione per interni*
prof. ing. Alfredo Sacchi del Politecnico di Torino

— *Problemi di realizzazione dell'illuminazione di interni industriali*
dott. ing. Carlo Rocca della Soc. Schreder-Tonini

Giovedì 12 aprile:

— *Problemi di realizzazione dell'illuminazione di interni civili*
dott. ing. Enzo De Baggis dell'AEM di Milano

— *Problemi di illuminazione pubblica con riferimento ad alcune realizzazioni speciali nella Città di Torino*
dott. ing. Gaspare Gloria - dott. ing. Vittorio Bonferroni del Municipio di Torino

Lunedì 16 aprile:

— *Illuminazione dell'edilizia monumentale: la struttura luminosa dell'immagine architettonica*
prof. ing. Augusto Cavallari Murat del Politecnico di Torino

— *Mezzi illuminotecnici per la ricostruzione approssimata notturna dell'immagine architettonica*
prof. ing. Gian Paolo Scarzella del Politecnico di Torino

Mercoledì 18 aprile:

— *Illuminazione di autostrade e gallerie*
prof. ing. Vincenzo Ferro del Politecnico di Torino

— *Tavola Rotonda conclusiva con la partecipazione di tutti i Docenti e di altre Personalità con particolare esperienza nella materia*

A tutti i partecipanti sono stati consegnati i testi dettagliati delle singole lezioni oltre che il volume « Elementi di Illuminotecnica » curato dal compianto ing. Richard, che l'AIDI — nel quadro della collaborazione per l'organizzazione del Corso — ha messo a disposizione.

Alla riunione di apertura del 29 marzo svoltasi nel salone dei Duecento dell'Unione Industriale di Torino, erano presenti il Presidente dell'AIDI M.d.L. Comm. Mario Ferrario, i Vice Presidenti dott. Aldo Busch e ing. Ugo Pollice ed il Segretario generale dott. Enrico Calcaterra. La riunione è stata aperta dall'ing. Guido Bonicelli, nella sua qualità di Presidente della Società degli Ingegneri e degli Architetti e di Vice Presidente della Sezione di Torino dell'AEI, il quale — oltre al doveroso e cordiale ringraziamento per tutte le persone che avevano collaborato all'organizzazione del Corso ed in particolare per l'AIDI — ha sottolineato l'importanza di un accurato studio dei problemi illuminotecnici e la necessità di una maggior diffusione presso professionisti e tecnici della conoscenza delle più moderne tecniche di progettazione, di calcolo e di esercizio degli impianti di illuminazione.

Ha preso poi la parola il Presidente Ferrario, che ha rivolto parole di cordiale saluto a tutti gli intervenuti e che ha brevemente illustrato l'attività, le finalità ed i programmi dell'AIDI, caldeggiando la partecipazione di tutti i tecnici interessati alla vita dell'Associazione. Si è dichiarato compiaciuto dell'interesse suscitato dall'iniziativa e dalla vasta partecipazione al Corso, giacché proprio questi tipi di iniziative stanno a cuore all'AIDI perché intese a sviluppare l'approfondimento dei problemi di Illuminotecnica e la diffusione di queste conoscenze presso tutti coloro che si occupano direttamente od indirettamente e talora in modo troppo sommario ed empirico di impianti di questo tipo. L'AIDI ha già avviato a Milano in passato Corsi di Illuminotecnica; il Corso di Torino si ricollega in certo senso con quello di Milano e l'intendimento dell'AIDI è di proseguire su questa strada anche in altre regioni italiane nonché di promuovere parallelamente la creazione di Istituti e cattedre per questa materia nell'ambito dell'organizzazione scolastica italiana. Ha ricordato, a questo riguardo, che proprio a Torino presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris da anni opera un Centro di studi e di esperienze di Illuminotecnica con l'appassionato contributo di studio e di lavoro di un gruppo di giovani Docenti, Centro che è destinato ad acquistare sempre maggiore importanza sul piano nazionale ed internazionale.

Ha fatto seguito a questi interventi di apertura la prima lezione del Corso tenuta dal Prof. Soardo, nella quale sono stati, con efficace sintesi, ricordati ed illustrati i principi e le grandezze fotometriche, le unità di misura teoriche ed industriali nonché gli strumenti e gli apparecchi destinati a dette misure.

La seconda serata è stata dedicata all'illustrazione delle sorgenti di illuminazione: l'ing. Benzio, che ha parlato di quelle ad incandescenza, si è in particolare soffermato sui recenti sviluppi delle lampade ad alogenuri; l'ing. Bruni ha passato in rassegna i diversi tipi di sorgenti a scarica nei gas ed a fluorescenza; si è discusso a lungo in proposito, con l'intervento dei partecipanti, sulla resa cromatica e sul rapporto tra questa e l'efficienza luminosa dei vari tipi di apparecchiature; successivamente sugli apparecchi illuminanti il p.i. Molinari ha portato il contributo delle esperienze pratiche da lui effettuate nel Laboratorio di Illuminotecnica istituito dall'ENEL a Novara.

Sull'illuminazione degli esterni sono stati esposti i diversi aspetti del problema. Innanzitutto i metodi di calcolo, trattati dal prof. Boffa, prima in modo analiticamente rigoroso e poi con metodi grafici, con riguardo alla determinazione delle luminanze delle superfici stradali mediante l'uso di abachi, tenendo conto inoltre dei problemi di abbagliamento. La realizzazione degli impianti è stata affrontata in profondità dall'ing. Bonomo che si è particolarmente fermato sui criteri di scelta degli apparecchi illuminanti e dei sostegni, illustrati da una dettagliata documentazione di esempi pratici. Egli inoltre ha fornito qualche indicazione sull'illuminazione delle gallerie autostradali, in particolare sui problemi dell'illuminazione degli imbocchi delle gallerie (alternativa tra l'illuminazione artificiale o la realizzazione di gallerie pre-artificiali). Entrambi i relatori hanno sottolineato la necessità di razionalizzare la progettazione degli impianti e di rendere più economico ed efficiente l'esercizio attenendosi alle Norme ed alle Raccomandazioni dettate dalla più moderna prassi dell'illuminazione del settore.

L'illuminazione delle autostrade e delle gallerie è stata separatamente trattata dal prof. Ferro ed integrata, come esemplificazione, dell'esame del sistema di illuminazione della galleria del Monte Bianco, realizzato dallo stesso relatore in collaborazione con altri tecnici.

A proposito di illuminazione degli interni, il prof. Sacchi ha esposto i principali metodi analitici e grafici di calcolo generalmente adottati; successivamente l'ing. Rocca ha parlato dell'illuminazione degli interni industriali, sia di altezza ridotta che di grande altezza, ed ha esemplificato modalità pratiche di calcolo.

L'ing. De Baggis ha poi parlato dell'illuminazione di interni civili, illustrando i criteri di progettazione alla luce delle Raccomandazioni « Guide for interiors lighting », che la C.I.E. (Commission Internationale de l'Eclairage) ha in accurato corso di preparazione ad opera dell'apposito Comitato TC 4.1.

A fronte di illuminazione degli interni sia industriali e sia civili è stato sottolineato dai vari relatori l'impegno dei progettisti per armonizzare le interazioni tra la luce naturale e quella artificiale e per creare il più elevato comfort per mezzo di una oculata scelta della cromaticità e della resa di colore delle sorgenti luminose impiegate in funzione sia dei

livelli di illuminamento prestabiliti sia dell'economicità dell'esercizio.

Altro problema affrontato è stato quello dell'illuminazione di monumenti. Il prof. Cavallari Murat ha sottolineato l'importanza del procedimento mentale che deve guidare il tecnico dell'illuminazione nell'assunzione di dati di partenza del proprio itinerario progettativo facendolo iniziare da concetti artistici derivanti da operazioni di critica d'arte. Pertanto l'illuminazione dell'edilizia monumentale è esercitazione di arti idonee che vanno dalla psicologia, dall'estetica, dall'ottica alla tecnologia specializzata. Quello che conta è « la ricostruzione della struttura luminosa all'immagine architettonica che si presume di valore tale da doverla riprodurre nell'apposita fase del giorno ».

Questi concetti sono stati poi validamente ampliati dal prof. Scarzella mediante l'analisi di una serie di esami di ricostruzione illuminotecnica diurna di esterni e di interni suggestivamente documentati ed integrati da suggerimenti e raccomandazioni.

Ancora in tema di illuminazione pubblica, l'ing. Gloria ha esposto la situazione degli impianti in Torino mettendola in confronto con quella di alcuni grandi centri urbani italiani ed esteri. Ha osservato che, mentre la generalità degli impianti all'estero è alimentata in derivazione, nelle maggiori città italiane, ed in particolare a Torino, il sistema di alimentazione è in prevalenza ancora quello in serie, almeno per le zone centrali delle città. Gli ampliamenti tuttavia vengono in generale anche da noi alimentati in derivazione. Per le città con sistema di alimentazione di tipo serie, resta tuttavia il problema, di natura essenzialmente economica, se installare le lampade a scarica utilizzando gli attuali circuiti in serie oppure sostituendo le condutture con quelle necessarie per l'alimentazione in derivazione. Ha poi sottolineato che il progetto tecnico ed il piano di manutenzione di un impianto di illuminazione pubblica devono venire effettuati, più ancora che negli altri tipi di impianti, in stretta connessione con la valutazione del loro impegno economico e cioè dal loro costo. Ha infine esposto alcune considerazioni analitiche e pratiche a conferma della convenienza economica, non sempre tenuta nella dovuta considerazione, di realizzare la manutenzione programmata, con sostituzione periodica delle lampade.

L'ing. Bonferroni ha poi illustrato dal punto di vista teorico e pratico l'alternativa dei sistemi di illuminazione pubblica in serie ed in parallelo mettendone in risalto le caratteristiche tecniche e funzionali.

Ha fatto seguito il 18 aprile la Tavola Rotonda conclusiva, particolarmente animata, alla quale hanno partecipato tutti i Docenti. A completamento delle notizie precedentemente esposte, ciascun relatore ha accennato, su richiesta dell'ing. Bonicelli, alle prospettive future dell'illuminazione nei singoli settori. Sono emerse, tra l'altro, alcune considerazioni quali: l'elevato perfezionamento raggiunto dalle sorgenti luminose, quasi ormai ottimale, mentre sensibili miglioramenti potranno ancora ottenersi nelle apparecchiature accessorie; il progressivo affinamento nella progettazione tecnica; la necessità dell'estensione di una normativa dettagliata per la realizzazione degli impianti e delle apparecchiature.

La Tavola Rotonda conclusiva alla quale hanno partecipato tutti i docenti del Corso.

La discussione è poi proseguita su particolari problemi di gestione e di esercizio in relazione anche a diversi quesiti tecnici posti dai partecipanti. Specie per l'illuminazione pubblica si è parlato dei diversi metodi di gestione; dei mezzi per risolvere le difficoltà conseguenti all'adozione del sistema serie; di manutenzione, ricambio programmato delle lampade, centralizzazione dei sistemi di accensione e di segnalazione dei guasti, alternativa tra apparecchi illuminanti aperti o chiusi, con o senza rifrattore; caratteristiche e convenienza di adozione delle lampade al sodio ad alta tensione per l'illuminazione di grandi arterie; obsolenza dei corpi illuminanti stradali in funzione di evoluzioni tecnologiche.

In conclusione la serata, e più in generale tutto il Corso, ha superato le finalità di un puro e semplice ciclo di lezioni di aggiornamento e, grazie alla partecipazione di studiosi e di tecnici, di progettisti di impianti, di esponenti di grandi Ditte produttrici ed utilizzatrici, ha costituito un'occasione validissima per lo scambio immediato ed efficace di notizie e di informazioni su problemi ed esperienze di assoluta attualità nel settore.

A complemento del corso stesso, il 6 giugno scorso ha avuto luogo nella Sala dei Duecento dell'Unione Industriale di Torino una serata con proiezione di due pellicole documentarie a colori realizzate dall'Association Française de l'Eclairage (AFE) e messe a disposizione dall'AIDI, dal titolo: « Combat contre la nuit » e « L'éclairage électrique ».

INFORMAZIONI

Premio annuale della "Convention Européenne de la construction métallique" CECM per la miglior costruzione in acciaio

La CECM ha istituito un premio annuale da assegnarsi alle costruzioni in acciaio più importanti realizzate nel triennio precedente da persone dei paesi membri della CECM.

In mancanza di un regolamento italiano, che l'Associazione fra i Costruttori in Acciaio Italiani ACAI si riserva di emanare nei prossimi anni con l'istituzione di un premio nazionale, resta inteso che per concorrere al premio CECM 1974 gli interessati dovranno presentare domanda all'ACAI entro il 31 gennaio 1974.

Potranno concorrere opere che presentino i requisiti indicati nel Regolamento CECM e la cui realizzazione sia stata ultimata negli anni 1971, 1972, 1973. Una commissione nominata dalla presidenza dell'ACAI sceglierà a suo esclusivo giudizio le opere da proporre per il premio CECM 1974.

Il regolamento del concorso è a disposizione presso la Segreteria della nostra Società.

Pubblicazione pervenuta alla biblioteca

Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste - Dr. Pasquale Scategni, *Esperienze di correzione dei torrenti dissestati di tipo alpino*. Un vol. 18 × 26 cm, pagg. 287. Ed. fuori commercio.

Nel volume si sottolineano i criteri tecnici per un'appropriata diagnosi ed un'appropriata cura delle zone montane più soggette a dissesti. Lo studio si riferisce in particolare alle zone alpine.

La pubblicazione, opera dell'Ispettore Capo dott. Pasquale Scategni, del Compartimento di Torino, è presentata dal prof. Vitantonio Pizzigallo, Direttore Generale per l'Economia Montana e per le Foreste, il quale, fra l'altro, osserva che « pur dedicato ad un particolare ambiente territoriale, lo studio si amplia all'esame dei principi fondamentali generali dell'idronomia montana, onde la sua consultazione sarà utilissima a chiunque si interessi al problema della difesa del suolo e si dedichi alla sua soluzione ».

La materia trattata è assai ampia. Non si tratta soltanto di una tecnica agraria e forestale per il ripristino di una difesa vegetale del terreno, ma anche, e diremmo soprattutto, di una tecnica geoidrologica e idraulica relativa alla stima delle vicende meteoriche più pregiudizievoli per la stabilità dei terreni e degli alvei, e ai mezzi costruttivi più appropriati per la difesa idraulica.

Il testo è corredato da numerose tabelle, grafici e fotografie.

La pubblicazione non è in commercio, ma viene distribuita in omaggio dalla Direzione Generale per l'Economia Montana e per le Foreste a tecnici ed Enti che si occupano dei problemi della difesa del suolo.

Congressi anno 1974

21-24 aprile — San Francisco

International Symposium on Circuits and Systems.

Promotore: Institute Electrical Electronics Engineers IEEE.

22-26 aprile — Amsterdam

2ª Conferenza Europea: EUROCON '74 « Der Elektroingenieur und die Gesellshaft ».

Organizzatori: Verband Deutscher Elektrotechniker VDE e Regione 8 dell'IEEE.

4 maggio — Torino

Environment '74.

Organizzatori: Breda-EFIM, CNEN, ENEL, ENI, FIAT ed altri.

Informazioni: Torino Esposizioni, corso Massimo d'Azeglio, 15 - TORINO.

8 maggio — Ginevra

TELECOM '74: Exposition mondiale des télécommunications.

Organizzatore: Union Internationale des Télécommunications UIT.

Informazioni: UIT - Secrétariat général, 18 quai de l'Ecole-de-Médecine, 1211 GENEVE.

30-31 maggio — Padova

13° Convegno Nazionale del Riscaldamento e della Ventilazione.

18-22 giugno — Padova

5ª Mostra Internazionale dei Servizi Pubblici e delle Tecniche ed Attrezzature contro gli Inquinamenti.

23 luglio — Londra

8th International Congress on Acoustics, in concomitanza con una esposizione di apparecchi.

Informazioni: Secretariat 8th ICA 1974, 47, Belgrave Sq. - LONDON.

22-27 settembre — Detroit

9th World Energy Conference sul tema: le sfide portate all'economia ed all'ambiente dai futuri fabbisogni di energia.

Informazioni: dott. ing. Edoardo Lombardi-Vallauri, Presidente del Comitato Italiano della WEC - via Savoia, 90 - ROMA.

4-6 ottobre — Torino

1° Convegno Internazionale sulla Coltivazione di Pietre e di Minerali Litoidi.

Informazioni: Torino Esposizioni, corso Massimo d'Azeglio, 15 - TORINO.

RASSEGNA TECNICA

La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella « Rassegna tecnica », in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche di non soci, invitati. La pubblicazione, implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.

Illuminazione dell'edilizia monumentale: La struttura luminosa dell'immagine architettonica

AUGUSTO CAVALLARI MURAT mette a fuoco i principi di procedimento interdisciplinare che dovrebbero guidare nel progetto dell'illuminazione di edilizia monumentale, per tutto l'arco delle tematiche, dal complesso ambientale al frammento architettonico in sito oppure all'oggetto da museo. I mezzi specializzati della tecnologia dell'illuminazione suggeriti e messi a punto dal tecnico costituiscono la tavolozza per ideare e configurare la ricostruzione valorizzativa approssimata dell'immagine estetica dell'oggetto monumentale, delineata e analizzata nelle sue componenti con i mezzi specialistici della critica d'arte.

Il titolo di questo testo intende essere trasparente allusione al procedimento mentale che deve guidare il tecnico dell'illuminazione nell'assunzione di dati di partenza del proprio itinerario progettativo facendolo iniziare da concetti artistici derivanti da operazioni di critica d'arte ([1]).

([1]) Il presente articolo riprende e sviluppa l'argomento della conferenza tenuta al Corso di aggiornamento in illuminotecnica presso la sede della Società nell'aprile 1973.

Se i dati di partenza fanno parte d'una certa quale tecnica d'un ambito culturale, i dati di sviluppo e finali sono sostanza tecnica d'altro settore culturale, con caratteristiche bene configurabili quale traduzione realizzativa illuminotecnica.

Si offre qui un esempio, non solamente della utilità, bensì anche della inevitabilità del lavoro interdisciplinare, che lo stadio attuale della cultura sta riconquistando per la verità scientifica e per la fertilità produttiva della progettistica.

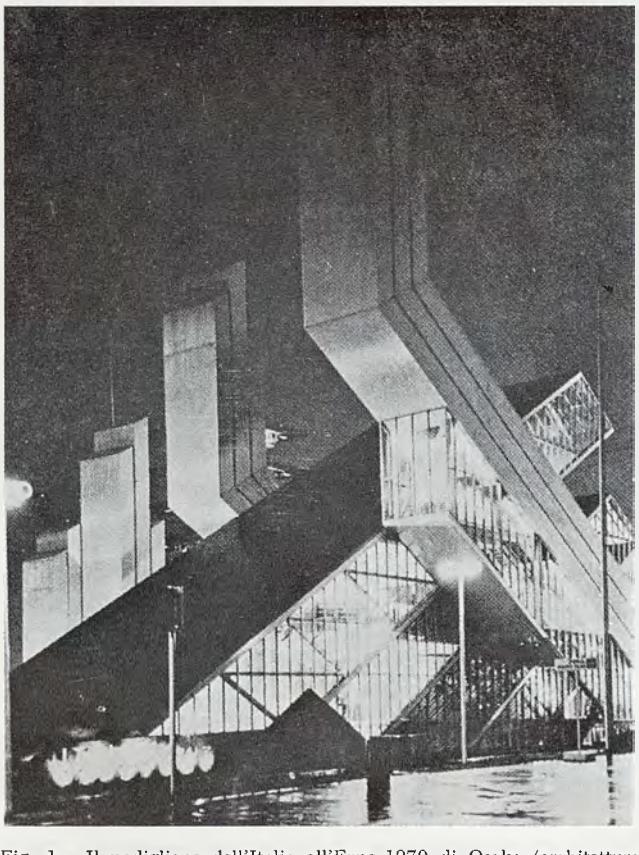

Fig. 1 - Il padiglione dell'Italia all'Expo-1970 di Osaka (architettura concepita per essere fruita prevalentemente di notte). (Da *Lux*).

Fig. 2 - Padiglione dell'URSS all'Expo-1970 di Osaka: altra architettura nata per la notte. (Da *Lux*).

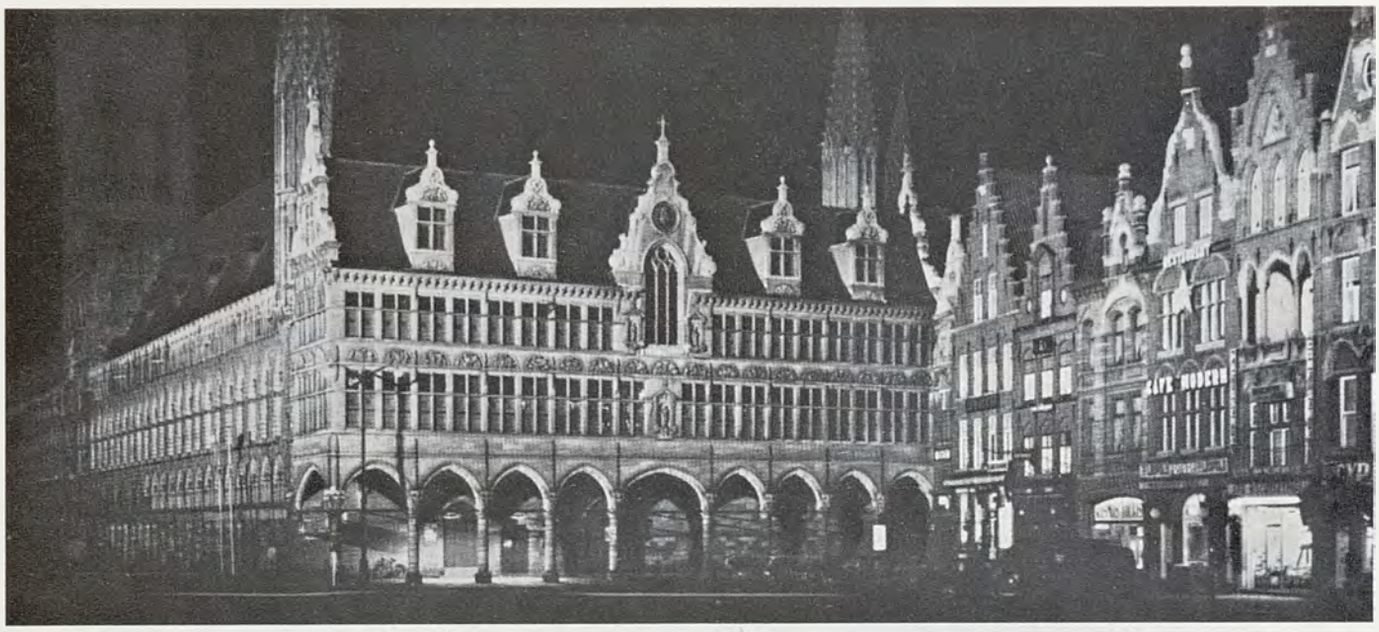

Fig. 3 - Tuchhallen di Ypern: le lampade allo Xenon di alta potenza consentono di illuminare un'intera piazza con un solo complesso di sorgenti aggruppate, simulando condizioni lunari rinforzate. (*Archivio Siemens-Osram*).

Nel titolo in testata sono implicite tre definizioni ed anche tre ambiti operativi.

« Edilizia monumentale » sarebbe quella che documenta alcunché di significativamente storico, dal singolo dettaglio ambientale interno ed esterno sino all'organismo architettonico ed urbanistico. Tanto per intenderci meglio, s'andrebbe dalla stanzetta dell'eroe di vita civile (col capezzale di morte di Garibaldi, con la scrivania di Cavour, con le librerie intarsiate di Federico da Montefeltro, ecc.) all'organizzazione metropolitana di nuclei storici ed artistici (« Centri storici » di Assisi, di Gubbio, di Siena e « Paesaggi protetti » dei Colli Euganei e financo dei « Parchi nazionali », estrapolando dall'edilizia manufatta alla natura vergine, considerate come beni patrimoniali riutilizzabili nei contesti della programmazione politico-economica).

Fig. 4 - La tradizionale « macchina di Santa Rosa » per la festa a Viterbo. (Da *Vie d'Italia e del mondo*).

« Immagine architettonica », ciò che con i più svariati nomi viene designato dalle varie scuole filosofiche ad indicare un sintetico complesso di segni linguistici suscitante piena fruizione estetica (« forma », « struttura formale », ecc.). Tale complesso di segni è naturalmente controllato dalle usuali esperienze dell'autocritica dell'artefice e dalla critica d'arte, investigando sulla gestazione dell'immagine o beneficiando dell'esistenza della stessa.

« Struttura luminosa » dell'immagine d'arte (ed è implicito che entro l'arte sta l'architettura e che, allorché un ambiente meramente storico per fatti civili avvenutivi significa qualche cosa per i posteri, esso parla nei modi dell'architettura come scenografia esistenziale, senza esercizio di mestiere architettonico) invece sarebbe quel sistema pratico di mezzi della comunicazione visiva stabilente il rapporto di quell'immagine dianzi detta con un pubblico o con una società. L'immagine in tale investigazione strutturale va intesa quale « costruzione », quale « tecnica », quale retorica « poiesis » costruttiva di quell'oggetto artistico di cui è emblema riassuntivo ([2]).

Costruire esprimendo strutture linguistiche è attività specifica dell'artista; leggere estraendo strutture linguistiche valevoli per sé e per altri, è analoga attività specifica del critico d'arte. Perciò l'ingegnere illuminotecnico deve, prima d'operare quale fisico tecnico, trasformarsi in storico dell'architettura. E comunque deve analizzare la « retorica » dell'architettura, nell'accezione di Roland

([2]) C. Levis-Strauss, *Anthropologie structurales*, Paris, 1956; Idem, *La structure et la forme*, Paris, 1960.

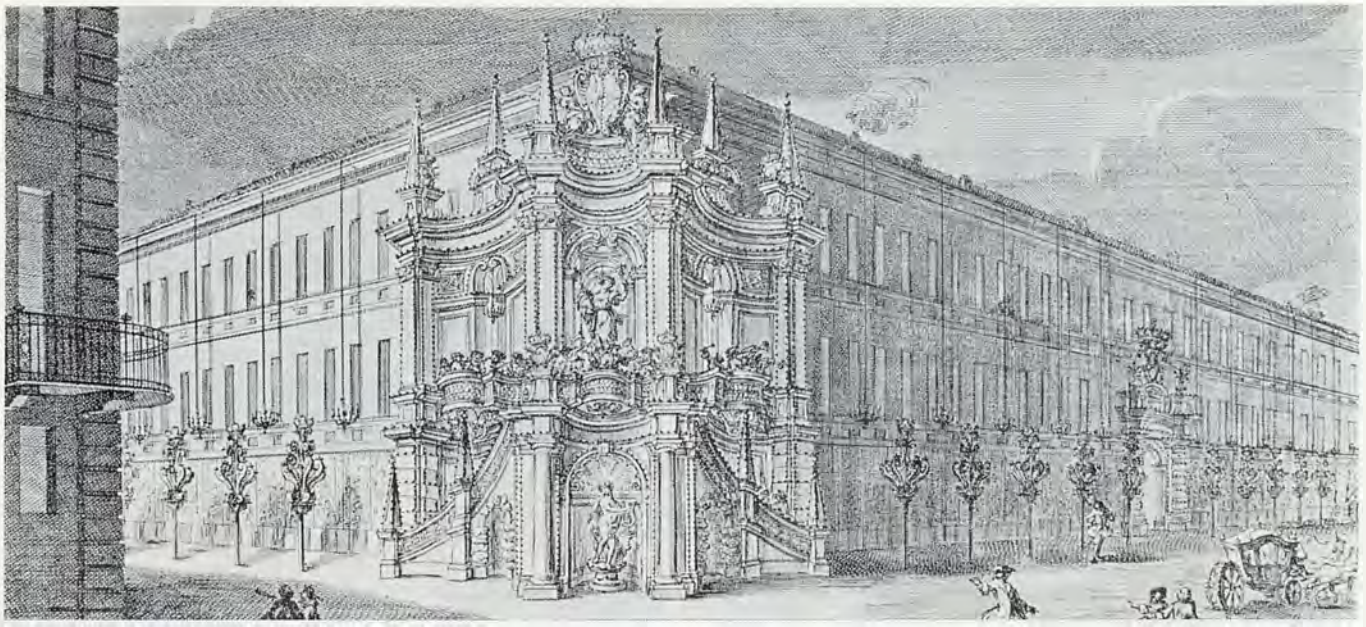

Fig. 5 - « Luminaria » a festa settecentesca del Ghetto degli Ebrei a Torino in piazza Carlina (su progetto di Bernardo Vittone): tipica maniera di ricalco allusivo delle modanature architettoniche.

Barthes ([3]), quale sistema di norme e di criteri destinati alla pratica operatività del suo mestiere.

L'insieme espresso od esprimibile architettonicamente dei segni linguistici costruttivi di quel tale monumento che si vuole rendere visibile (per esempio di notte artificialmente o di giorno con accorgimenti naturali dell'ottica diurna), cioè la detta struttura luminosa dell'immagine, deve venire individuato logicamente e schematizzato in modo da potersi tradurre in fenomeni generabili da strumenti ottici artificiali o naturali ([4]). Pertanto, dopo che io avrò impostato alcune direttive per la semplificazione dell'inevitabile sistematica (o metodologia generale) in proposito, seguiranno, a cura del mio collaboratore Paolo Scarzella, la catalogazione di « mezzi illuminotecnici per la ricostruzione approssimata notturna dell'immagine architettonica », quale testo integrato al presente e ricco di esemplificazioni concrete.

Ammettiamo dunque, per semplicità didattica, che l'illuminotecnica applicata alla monumentalità sia in tale semplificazione un mero strumento di traduzione o di trasmissione di strutture formali; pure sapendo che ciò non è sempre veritiero perché s'avrà sempre anche nella sfera esecutiva una

([3]) R. Barthes, *L'ancienne théorique*, Parigi, 1970; *Elementi di semiologia*, Torino, 1966; *Saggi critici*, Torino, 1966.

([4]) C. Brandi, *Struttura e architettura*, Torino, 1967.

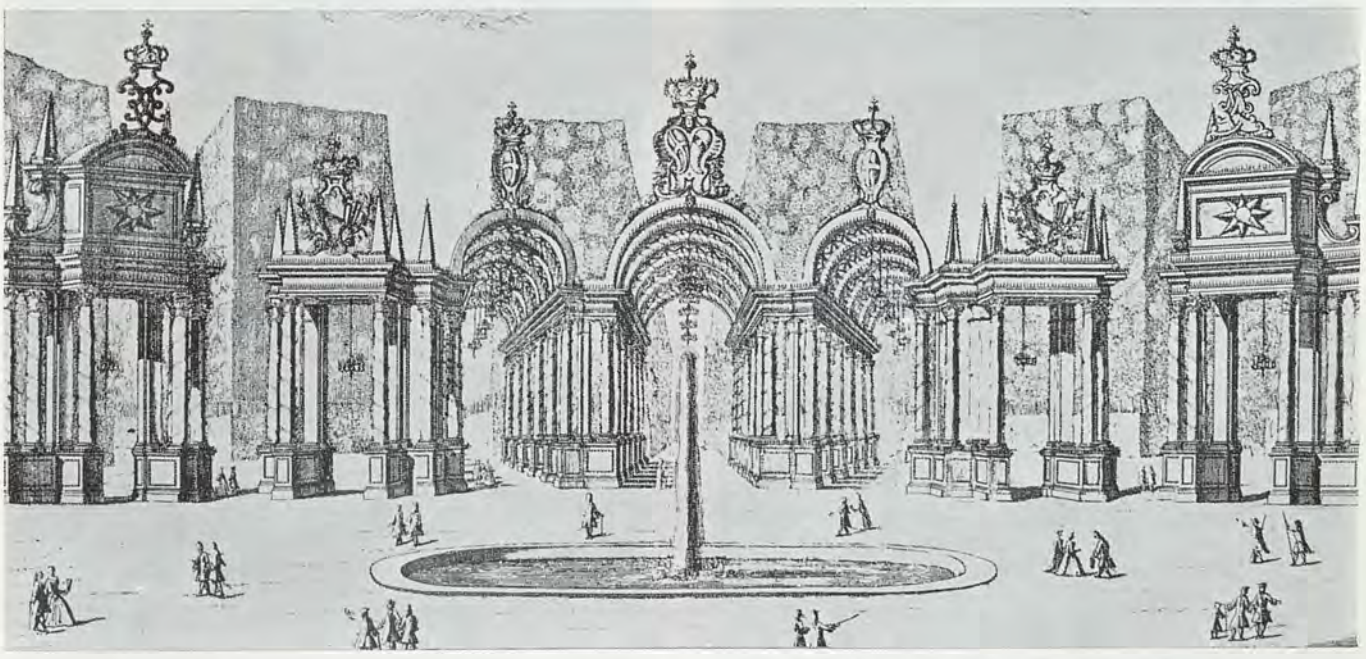

Fig. 6 - « Padiglioni » provvisori per un'illuminazione settecentesca di gala nel giardino del Castello di Venaria: altra sottolineatura con i mezzi luminotecnici antichi delle strutture architettoniche e topiarie.

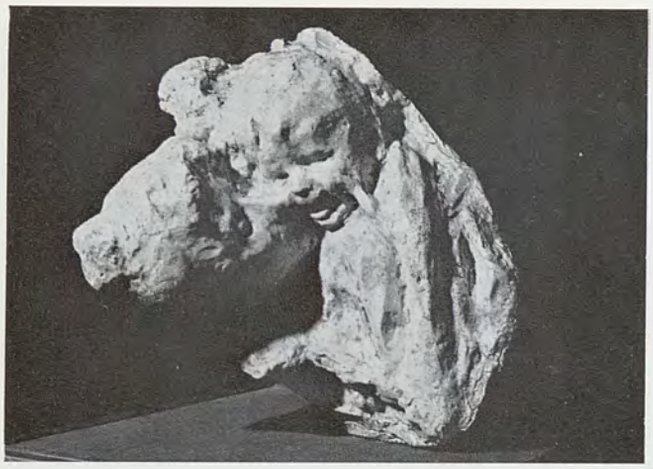

Fig. 7 - Bassorilievo in cera di Medardo Rosso: illuminato con luce radente ad inclinazione assolutamente non modificabile. (Museo Civico di Arte Moderna, Torino).

Fig. 8 - Lo stesso bassorilievo di fig. 7 illuminato in modo distruttivo dal banale *flash* indiscriminato di chi non ha esaminato criticamente il da farsi.

esigenza inventiva nell'iter mimetico, per cui la illuminotecnica monumentale sarà pure in parte attività artistica molto occultata e diluita entro le complesse pieghe delle facoltà di collaborazione con chi traccia l'insieme dei segni linguistici capaci della trasmissione per così dire cifrata di quella tale immagine di cui si diceva ([5]).

Se è o se fosse esclusivo strumento di trasmissione d'un oggetto visibile, tale oggetto costituirebbe come un modello anatomico d'attestazione per il riproduttore. L'oggetto architettonico-urbanistico sarebbe un oggetto pretestuale da tradurre in cifre e da memorizzare ed elaborare ai fini della comunicazione visiva al di là delle condizioni reali ed usuali entro quelle alterate condizioni d'illuminazione che si chiamano « notte » per gli oggetti fruiti esteticamente consuetamente di giorno, oppure « giorno » per gli oggetti inizialmente destinati all'uso notturno.

([5]) L. Venturi, *Storia della critica d'arte*, (ed. orig. inglese), New York, 1936.

Fig. 9 - Bassorilievo scavato entro il volume dei piloni monumentali d'un tempio egizio, tenendo presente la posizione zenitale del sole

Fig. 10 - Bassorilievo concepito per un interno con condizioni di penombra e di luce radente orizzontale: la tecnica usata è diversa.

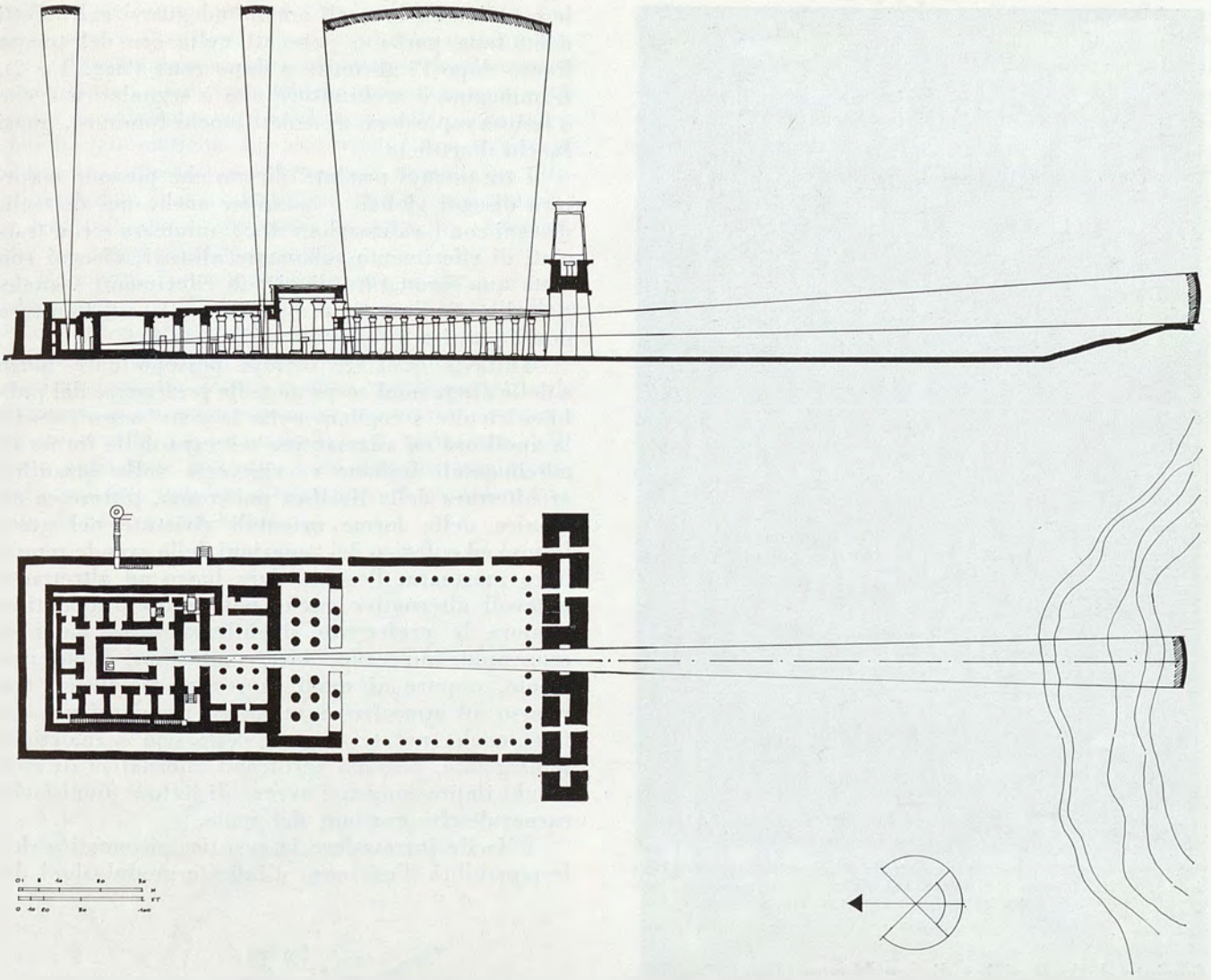

Fig. 11 - Sezione e pianta schematica del tempio egiziano di Edfu: proiettati entro coni, sono denunciati i settori di volta celeste che agiscono, verticalmente od orizzontalmente, quali sorgenti di illuminazione negli ambienti interni.

Cataloghiamo i principali casi di modelli pretestuali:

a) saranno oggetti singoli isolati (ad esempio le « macchine » processuali allegoriche (fig. 4) e le sigle luminose delle esposizioni, che nacquero come idea di cose imperativamente esclusive dell'attenzione psicologica della folla) (figg. 1 e 2);

b) saranno oggetti concatenati tra loro, quali diversi monumenti di pari decoro, oppure l'accoppiamento d'un palazzo suntuoso con la propria cornice di edifici modesti (fig. 3) che hanno fanno risaltare per contrasto l'oggetto incorniciato;

c) sarà un « continuum » di aggregazioni d'edifici, cioè quello che normalmente si chiama un « tessuto urbanistico », costituito da trame e da orditi come in una stoffa, la cui piacevolezza sovente è insita, più che nelle stampigliature superficiali, nella particolare legge di connessioni tessitorie più intime.

L'oggetto pretestuale può dunque presentare delle caratteristiche di continuità, di discontinuità, di singolarità, di omogeneità, di disomogeneità, di integrità conservativa e di sfacimento ruderistico, le quali vanno di volta in volta individuate dalla critica architettonica e schematizzate per potere sottolineare le preferenze stilistiche o di gusto che contraddistinguono l'immagine. Tanto per intenderci, quanto si è elencato con distaccato semplicismo strutturistico può essere insufficiente elencazione morfologica, e può diventare necessario impegnarsi con maggiore raffinatezza culturale, individuando nel modello pretestuale modi e preferenze dell'espressione gotica, barocca, romantica, dell'espressione classica o neoclassicistica, dell'espressione metafisica neoplastica o cubista o altra; cioè la serietà dell'argomento esige uno strutturalismo più individuante ed impegnato, tanto sul piano dei valori artistici, quanto dei valori documentari e storici ([6]).

Faccio tre esempi facili.

Gli oggetti pretestuali sono forme architettoniche del tipo tradizionale: una delle facciate del Sansovino per Piazza San Marco a Venezia oppure la

([6]) A. Cavallari Murat, *Le perenni difficoltà dell'estetica architettonica*, Proceedings of the Fifth International Congress on Aesthetics, (Amsterdam, 1964), Monton ed., Hague; Idem, *La teoria della pura visibilità e l'architettura*, in « Atti e Rassegna Tecnica », Torino, 2, 1967; Idem, *Il colore nell'architettura*, in « Atti e Rassegna Tecnica », Torino, 6, 1958.

Fig. 12 - Intenti e risultati plastici vicini a quelli del bassorilievo della fig. 10, interno del tempio di Edfu, nel rivestimento sbalzato della porta interna della tomba di Tutankamen.

facciata della Basilica di San Marco (figg. 17 e 18). Le immagini che di esse il turista desidera poter vedere anche nottetempo sono le immagini piene, corpose, colorite, calde e luminose che balenarono nella mente degli artisti che le idearono nel momento tormentoso della gestazione e volutamente serenanti.

Invece gli oggetti pretestuali possono essere dei ruderi, nei quali predominano le ossature portanti spogliati degli ornamenti canonici dello stile romano, mentre tali ornamenti fatti di colonne trabeazioni occhieggiano qua e là permettendo all'archeologo una mentale ricostruzione del tutto com'era ai tempi di Vitruvio. Nel gusto « ruderistico » di noi moderni bastano le poche campionature qua e là occhieggianti per soddisfare il compiacimento e l'estasi, anche se l'architetto romano volle realizzare un oggetto intero.

Viceversa, ancora, gli oggetti pretestuali sono pagode da giardino, pinnacoli d'un vialone al santuario, casini da caccia, muraglie di manieri medioevali illuminate solitamente con notturne luminarie punteggianti lo spazio urbanistico di torce e di piccole isolate sorgenti di luce (figg. 5 e 6). Ebbene in questi casi l'immagine che conta per la fruizione turistica è quella forse anche voluta come principale obiettivo d'ideazione dell'architetto antico. Ciò corrisponde a quanto si vede fare e pensare nell'architettura per le fiere campionarie e per le esposizioni, le quali amano adeguarsi agli effetti dei « luna parks », popolati nelle ore del tempo libero dopo l'imbrunire e dopo cena (figg. 1 e 2). L'immagine è architettura che è segnaletica e che è festosa esplosione di isolati fuochi luminosi, quasi fuochi d'artificio.

I tre esempi prodotti dicono che possono occorrere disegni globali e completi anche nei dettagli, disegni con localizzazioni di compiutezza e con tracciati di riferimento solamente allusivi, disegni con tutta una sgranatura di piccoli riferimenti segnaletici allusivi d'una vita distributiva la cui struttura non è plastica e chiaroscurabile.

Tuttavia quei tre esempi possono dare luogo a delle alterazioni cospicue nelle preferenze del pubblico rivolte a cogliere nelle facciate sansovinesche la apollinea ed adamantina nettezza delle forme rinascimentali italiane e, viceversa nella bizantina architettura della Basilica policroma, pittoresca dinamica delle forme orientali rivissute nel gusto festoso ed euforico dei veneziani della grande repubblica marinara. Possono dare luogo ad altrettanto notevoli alternative anche nel settore ruderistico, qualora la preferenza si sbilanci verso modi di espressione impressionistici, con bagliori di luce mutevole, oppure ai modi espressivi metafisici, con ricorso ad atmosfere immote ed agghiaccianti. Infine, anche nel terzo caso delle scie segnaletiche punteggiate, possono verificarsi alternative di cupi incubi impressionistici ovvero di festose dionisiache carnevalesche evasioni dal reale.

È facile intravedere la casistica sistematica delle possibilità d'esistenza d'infinite modulazioni dei

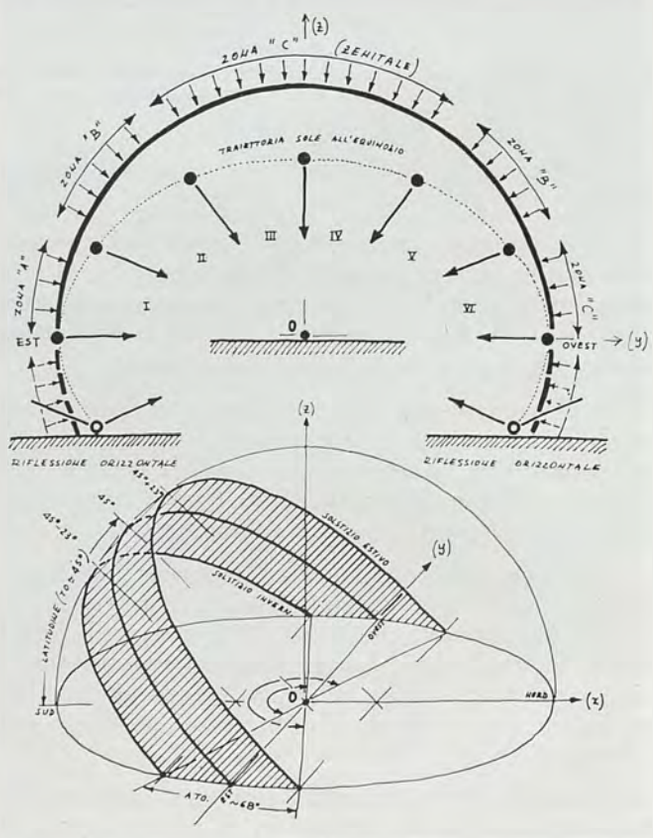

Fig. 13 - Schema grafico per la definizione e la designazione delle diverse condizioni di luce diurna a mezzo delle loro componenti: calotta celeste, sole, luce riflessa e diffusa.

modelli anatomici pretestuali che l'illuminotecnica deve sapere maneggiare con scioltezza e sicurezza.

L'illuminotecnica possiede alcune fondamentali « tavolozze ». Tali tecnologiche tavolozze vanno poste in parallelismo ed a confronto delle predette casistiche sistematiche. La biunivicità, cioè la rispondenza tra immagine e strumento tecnologico illuminotecnico, è considerazione che consiglia anche in questo settore tale serie di casistiche sistematiche di mezzi illuminotecnici.

Pure qui, faccio qualche esempio per tracciare i lineamenti per il compito didattico e prontuariale di chi intenda occuparsene. Gli esempi cercano di chiarire le principali bande della gamma delle schematizzazioni che l'ottica ci offre, tanto perlustrando il campo delle mere soluzioni geometriche, quanto ripercorrendolo osservando la sola variazione delle tinte della luce prodotta dalle sorgenti luminose e delle relative tonalità d'accordo e di complementarità di contatto ai bordi.

Fig. 14 - Schizzo per la cappella Antenori di Roma di Filippo Juvarra: il controluce è strutturante nell'immagine architettonica « alla bernina ».

Una prima schematizzazione si ricava considerando luci « unidirezionali », « pluridirezionali » e « diffuse » prodotte da sorgenti concentrate. La quale semplificazione sussiste semplificata se il numero delle sorgenti si riduce ad una sola, « puntiforme », « lineare » o « superficiale », come avviene in natura, ove molto importante è la luminosità della « calotta celeste » entro la quale può trovarsi, o non, il « sole » (fig. 13).

Fig. 15 - Cappella Antenori di Roma: illuminata in modo convenzionale e scorretto senza l'assistenza d'un critico d'arte.

La sorgente luminosa può essere ubicata anteriormente in più quote altimetriche, generando luce « dall'alto », comunque « inclinata » dall'alto o dal basso od « orizzontale ». La sorgente può essere collocata posteriormente, generando « controluce », concentrati o diffusi.

L'emissione di energia luminosa può sistemarsi in modo da determinare sugli oggetti illuminazioni uniformi oppure discontinue (o chiazzate).

Tutta questa ricca tavolozza luminotecnica si moltiplica se si considera il predetto spettro delle tinte calde o fredde. Ma, comunque, tanta ricchezza di tavolozza viene mobilitata dalla duttile intelligenza del tecnico su suggerimento del critico d'arte orchestratore, in un meraviglioso mestiere ch'è, come ho detto, riproduttivo ed inventivo. Il termine « mago della luce » non è senza fondamento.

Pochi esempi serviranno a chiarire la delicatezza dei ragionamenti che controllano le intuizioni di mestiere.

Più facili che negli esterni, gli esempi sono generalizzati negli interni dei monumenti. Negli interni dei musei, in modo specifico, prende valore didattico l'illuminazione delle sculture. Un'opera plasti-

ca va illuminata nel modo in cui il plasticatore l'ha pensata e realizzata nel suo studio: luce dall'alto concentrata, luce anteriore, luce posteriore per il controluce, luce laterale radente, ecc.

Non è possibile illuminare con luce frontale una cera di Medardo Rosso, perché è un bassorilievo molto schiacciato il quale prende vita solo in quella particolarissima angolazione della lama di luce che la lambisce sulle tenui asperità nell'ambito dell'immagine impressionistica fatta di allusioni ai modi del cangiare continuo delle apparenze ottiche e spirituali (figg. 7 e 8). Altrettanto erronea sarebbe l'illuminazione frontale d'un bassorilievo egizio originariamente concepito per un pilone d'ingresso (fig. 9), oppure per un tabernacolo interno del tempio, (fig. 10); tanto più se ciò implica una delle distinzioni tra bassorilievi egizi: rispettivamente scultura scavata dietro al piano di facciata e scultura aggettante dal filo murario.

Il museologo deve riproporre dall'iniziale ubicazione dei bassorilievi nei templi d'origine, utilizzante uno speciale impianto naturale d'illuminazione, la schematica impostazione dell'impianto artificiale dell'illuminazione dei bassorilievi nel museo (fig. 12).

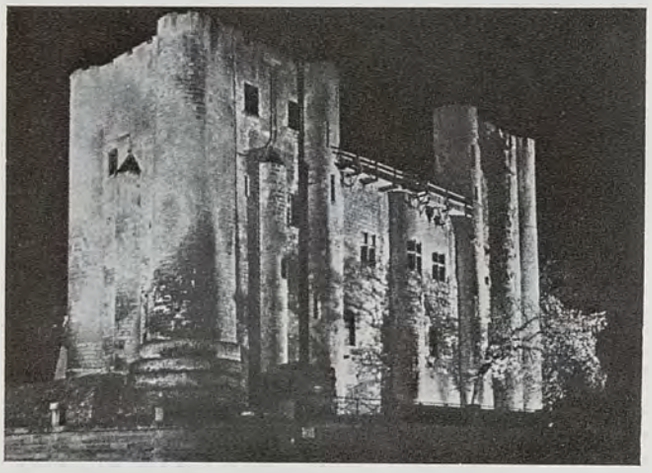

Fig. 16 - Donjon, monumento di prestigio a Noyon: luce « strisciata », approssima simulate condizioni naturali di tramonto. (*Archivio fotografico Philips*).

Lo stesso principio museografico vale per l'illuminazione dei frammenti d'architettura egizia, per i quali la cura rievocativa va oltre l'esposizione del frammento immemore della sua appartenenza ad un insieme compositivo. Notevole è la impressione di rilievo costruttivo di immagine che nella penombra dominante assumono gli illuminati fasci di costoloni delle colonne e degli ornamenti dei capitelli e delle pareti nei vani interni. Lo si controlla nei templi più intatti, non ancora scoperchiati, come ad Edfu dedicato ad Horus del 237 a.C., che ho visitato con in mente gli schemi teorici dianzi esposti (fig. 11). Gli elementi lineari delle membrature architettoniche sopra detti, costituiscono un tessuto continuo ricorrente riecheggiante legame al tutto, come nelle cattedrali gotiche. Direi che tali trame ed orditi costituiscono la più notevole (e da riscoprire) modulazione estetica, la quale deve venire

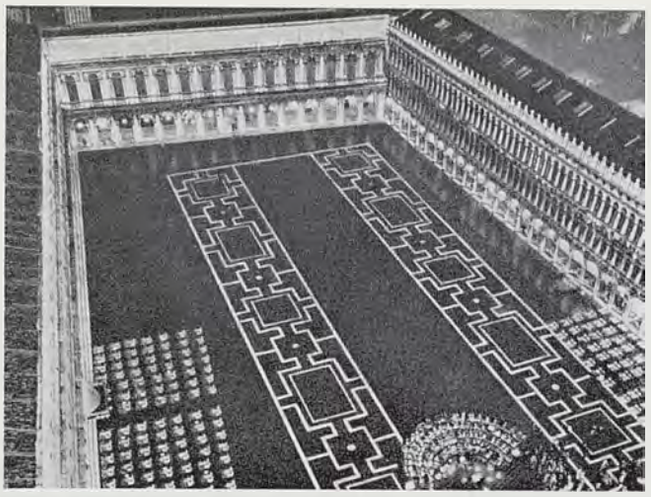

Fig. 17 - Piazza S. Marco a Venezia: le procuratie illuminate per prova dimostrativa da concentrato complesso allo Xenon collocato sul campanile. (*Archivio fotografico Siemens-Osram*).

ricordata, allusivamente almeno, nell'ambientazione museale in discorso. È ora di smettere di considerare come consigliabile nei musei la luce diffusa o la luce strisciata dallo zenit che ricorre anche erroneamente, nei libri d'arte.

Il direttore di un museo dovrebbe lasciarsi consigliare, caso per caso, oggetto per oggetto, da un concreto caso di regia da film. Dovendo filmare un interno di tempio come quello di Edfu, la regia potrebbe venire giocata sul delicato motivo della luce diretta e riflessa che a poco a poco si spegne in zona di oscurità quasi totale ove è il massimo del riserbo sacrale, ma nella quale alcuni brilli lampeggiano puranche sui lucidi graniti neri.

La zona sacrale intima è come un tempietto entro un ambiente più vasto, per cui ci si rigira entro un labirinto, quasi un corridoio tutto decorato di bassorilievi o di graffiti e si scoprono di tanto in tanto degli ambientini separati nei quali invece la luce viene dal soffitto, ove è un foro o piccolo « oblò ». La scultura a tutto pieno contenutavi ha quindi un'immagine luminosa architettonicamente strutturata in tutt'altro modo. Viceversa l'ambientazione che prepara questa apparizione (è un « happening » architettonico) è tutta sostanziata da un

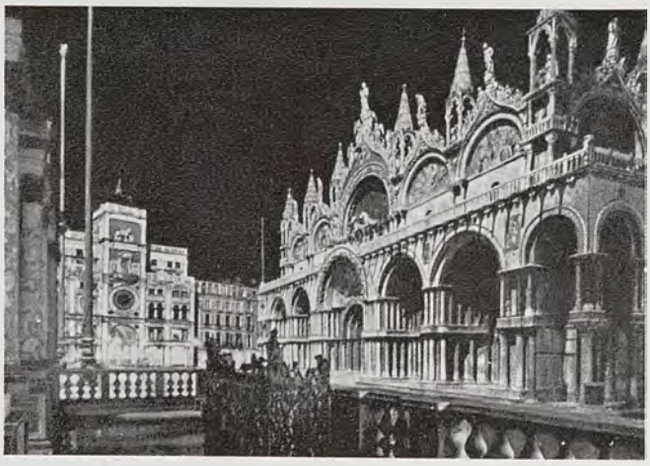

Fig. 18 - La Basilica di S. Marco: simulazione di luce lunare rinforzata. (*Archivio fotografico Siemens-Osram*).

Fig. 19 - La mostra di Henry Moore nella villa del Belvedere di Firenze: sprazzi di luce creano una cornice surreale alle sculture moderne tuttavia immemori dell'architettura antica (*Arch. fot. Philips*).

sottile gioco d'utilizzazione della lontanissima sorgente di luce, ch'è un tratto della calotta celeste vista tra l'architrave della prima principale porta d'ingresso al tempio ed il profilo d'una collinetta situata laggiù in fondo a movimentare l'orizzonte (fig. 11).

Ad Edfu sono chiarissime l'ottica più elementare e l'ottica più composita che di caso in caso risolve i problemi della strutturazione dell'immagine colta camminando entro l'architettura nei modi voluti dalla schmarsowiana teoria dinamica del « Geheraum » anticipante le didattiche della carrellata conematografica. Il tecnico della luce deve riimmergervi gli oggetti poi trasportati in museo, e servirli in modo congeniale con l'immagine autenticamente ricontrollata in sito. È nota la cura che nel trasporto di Abu Sinbel si dedicò al rilevamento dell'esatta incidenza del raggio solare sulle statue interne.

Persino la « luce riflessa », in su dal pavimento, è basilare per alcuni ambienti. Per cui, sarebbe opportuno addivenire ad una normazione morfologica e nomenclativa della sorgente d'energia luminosa secondo una sufficientemente tarata situazione orientata rispetto ad una terna di piani di riferimento (fig. 13). La stessa terna di piani cartesiani potrebbe servire per semplificare anche, oltre l'ottica geometrica, l'ottica di spettro.

Fig. 20 - L'acropoli di Atene di notte: errata soluzione alla « son et lumière », con distruzione assoluta di sennate immagini architettoniche.

Ogni possibile situazione architettonica prenderebbe il suo giusto posto per l'ottica usabile e faciliterebbe le scelte degli strumenti idonei.

In modo particolare si potrebbero ricordare celebri effetti luminotecnici.

La cosidetta « luce alla bernina », che gli architetti barocchi e rococò usarono frequentissimamente. Esempio: la cappella Antenori di Filippo Juvarra ch'è stata pensata con altare in controluce e che non può illuminarsi di sera con fari anteriori. Occorre ricorrere a fari esterni dietro la vetrata del finestrone absidale (figg. 14 e 15).

La cosidetta « luce di tramonto », che determinò raramente pensieri ideativi in architettura, ma alla quale si ricorre in accezione semplificativa ed approssimativa nell'illuminazione dei monumenti che di notte non si possono illuminare da antenne troppo alte. In Francia l'usano frequentemente (fig. 16) ([7]).

La « luce solare » e la « luce lunare », che si può realizzare, e ch'è l'ideale, quando l'immagine architettonica richieda sorgente concentrata dall'alto e ch'è fattibile solo disponendo d'ancoraggio a supporti molto emergenti dal suolo. Esempio: le citate facciate del Sansovino o della Basilica di San Marco a Venezia avendo la comodità della svettante mole del campanile (figg. 17 e 18).

La « luce tremula », ch'è più riverbero di stato d'animo turbato del riguardante, il quale può vedere attraverso un velo di lacrime. Basta per ottenerlo ricorrere a due o tre sorgenti di luce che incidono differentemente sull'oggetto e rendono imprecise le ombre. L'ho usata con efficacia nell'interno di musei, per la stanza col capezzale di Carlo Alberto esule, per lo studiolo di Cavour ed altre volte.

La luce di valorizzazione prospettica spaziale, la luce d'annullamento della spazialità, la luce disfacente (fig. 19).

L'elenco potrebbe continuare a lungo. Ma è ora di concludere, riepilogando il principio ispiratorio del testo.

Per l'illuminazione dell'edilizia monumentale ciò che conta nella cultura attuale è la ricostruzione della struttura luminosa dell'immagine architettonica, che si presume di valore tale da doverla riprodurre nell'opposta fase del giorno.

A seconda dell'immagine nata per la luce antelucana, per l'albeggiare, per il mezzogiorno, per il tramonto, per l'atmosfera vespertina, per la luminaria e così via, che lo storico dell'arte, o lo scenografo specializzato additerà, la luminotecnica metterà in atto sistemi precisi di costruzione strutturale d'una immagine approssimata a quella surrogata. L'illuminazione dell'edilizia monumentale è esercitazione di arti idonee, le quali vanno dalla psicologia all'estetica, all'ottica, alla tecnologia specializzata.

([7]) A. Cayssials, *L'éclairage des monuments*, « Lux », 1970, pag. 349.

A. Cavallari Murat

Illuminazione dell'edilizia monumentale:

Mezzi illuminotecnici per la ricostruzione approssimata notturna dell'immagine architettonica

PAOLO SCARZELLA, allacciandosi a principi di interdisciplinarità progettuale nell'arco dalla tecnologia all'architettura (illustrati da Augusto Cavallari Murat nel precedente articolo), illustra le possibilità ed i limiti di applicazione fisici ed economici dei diversi mezzi tecnici nell'illuminazione dell'oggetto edilizio monumentale, intesa come ricostruzione valorizzativa approssimata della sua immagine architettonica, messa a fuoco della critica d'arte.

Premessa

Il presente testo prende avvio dalle fondamentali conclusioni formulate nel precedente articolo da Cavallari Murat in merito al problema dell'illuminazione dell'edilizia monumentale ([1]).

Non si possono formulare regole e raccomandazioni precostituite per illuminare questo o quel tipo di monumento.

Può essere invece formulato un principio utilizzabile come criterio operativo universale atto a guidare nella risoluzione degli svariati problemi che si possono presentare: « ricostruire la struttura luminosa dell'immagine architettonica che si presume di valore tale da doverla riprodurre nell'opposta fase del giorno ».

Generalmente questa ricostruzione non può essere che approssimata. Anzitutto le possibilità di approssimare la struttura luminosa di una immagine architettonica, ed in particolare dell'immagine ideata perfezionata e perseguita dall'autore, sono condizionate dalla « tavolozza illuminotecnica » — come è stata chiamata — e cioè dal complesso delle possibilità e delle prestazioni tecniche dei tipi disponibili di sorgenti luminose e di impianti. Inoltre può risultare necessario o opportuno di ripiegare dalla soluzione di illuminazione ottimale (rispondente al principio - criterio suddetto) su soluzioni sub-ottimali per ragioni concomitanti di vario ordine:

a) le diverse soluzioni hanno diversi costi di utilizzazione e di gestione;

b) gli elementi degli impianti di illuminazione ottimale di un certo monumento costituiscono elementi deturpanti o di disturbo per altri monumenti o per l'ambiente nel complesso;

c) l'illuminazione ottimale del monumento va contemperata alle esigenze di illuminazione ottimale degli edifici adiacenti e dell'ambiente entro il quale il monumento vive ed ha senso e valore.

Gli esempi di illuminazione che saranno presentati sono stati raccolti per illustrare situazioni problematiche caratteristiche e ripetitive, alle quali possono corrispondere soluzioni alternative di diversa qualità e di diverso grado di approssimazione.

Per sola chiarezza espositiva gli esempi sono stati classificati ed ordinati secondo una certa successione logica di comodo; conviene quindi ancora ri-

([1]) Cfr. il precedente articolo: A. Cavallari Murat, *Illuminazione dell'edilizia monumentale; la struttura luminosa dell'immagine architettonica.* Tale articolo ed il presente riprendono e sviluppano gli argomenti di due conferenze tenute al Corso di aggiornamento in illuminotecnica, presso la sede della Società, nell'aprile 1973.

Fig. 1 - Piazza Mercante a Prato: la pressoché costante luminanza delle facciate fronteggianti ottenuta a mezzo di due apparecchi con lampade allo Xenon poste su pennoni alti 30 metri, rende non immediata la percezione della conformazione, delle dimensioni e dei rapporti della bella piazza. (Da *Luce*)

Fig. 2 - Facciata occidentale di Versailles: l'illuminazione frontale approssima celebri condizioni di tramonto. (*Revue Française d'Electricité*).

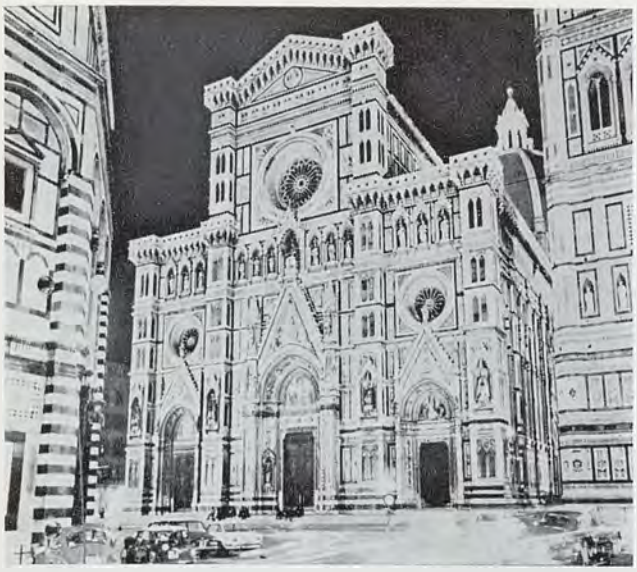

Fig. 3 - Il Duomo di Firenze illuminato, in occasione del congresso AIDI 1972, a mezzo di sorgenti di varia composizione spettrale per la resa cromatica dei diversi marmi di rivestimento. (Archivio *Osram*).

badire che le considerazioni e le conclusioni, che saranno portate via via, non possono essere scambiate per regole o norme alle quali sia possibile direttamente ricorrere per la soluzione di problemi apparentemente analoghi: caso per caso il critico d'arte ed il tecnico di illuminazione « in équipe »

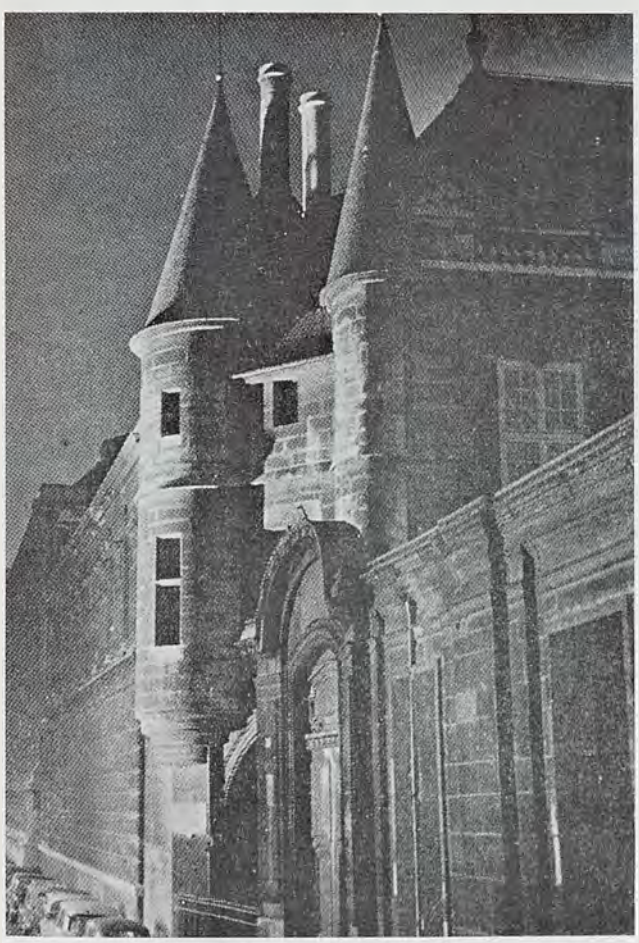

Fig. 4 - L'hôtel de Clinon al Marais di Parigi: l'illuminazione pseudo-orizzontale « strisciata » evidenzia i valori plastico-volumetrici del monumento, approssimando condizioni di luna o sole basso. (Da *Lux*).

dovranno vagliare con occhio spregiudicato il problema, individuando la soluzione più valida ed opportuna alla luce del criterio suddetto.

1. *Ricostruzioni di immagini diurne.*

La ricostruzione approssimata notturna di immagini architettoniche diurne costituisce problema di fondamentale importanza. Infatti nella gran maggioranza dei casi l'immagine ideata e perseguita dall'autore di un monumento è un'immagine diurna e di conseguenza sarà proprio questa immagine che converrà approssimare in una illuminazione notturna ottimale.

L'immagine diurna di un monumento possiede strutture luminose molto diverse a seconda della esposizione del monumento (a nord, sud, est, ovest) e a seconda delle caratteristiche fisiche che definiscono la qualità della luce naturale che lo riveste (con le sue componenti: sole, volta celeste, luce riflessa e diffusa). Tale luce varia a seconda della quota (al mare, in montagna, ...), dell'ora e della stagione, della posizione geografica (nelle pianure brumose del nord Europa, in Sicilia...).

Fig. 5 - Ponte della Senna a Parigi: sorgenti schermate poste al disotto del piano orizzonte di chi transita valorizzano le forme del ponte e nello stesso tempo non abbagliano. (Da *Lux*).

Per quanto riguarda la qualità della radiazione luminosa occorre in particolare sottolineare le sue ampissime variazioni di tonalità legate ai fenomeni di diverso assorbimento e rifrazione delle radiazioni solari delle varie lunghezze d'onda nell'attraversare l'atmosfera. La temperatura di colore della luce solare può variare da meno di 3.000° K sino a più di 10.000° K. Variazioni ancora più ampie sussistono nella tonalità della luce della volta celeste, per le diverse direzioni, per le diverse ore del giorno e per le diverse condizioni di copertura nuvolosa ([2]).

D'altra parte nello stesso luogo e nello stesso momento, e quindi nelle stesse condizioni di irraggiamento naturale, le condizioni di illuminamento di un oggetto variano in funzione del suo orientamento, in funzione delle caratteristiche geometri-

([2]) Wyszcki G., *Colour science*, Wiley, New York, 1966.

che di incidenza delle molteplici componenti della luce diurna (luce diretta del sole e della volta celeste, luce diffusa e riflessa dalle superfici degli oggetti circostanti) e in funzione del diverso apporto di energia luminosa delle componenti suddette: ad esempio per le facciate esposte a nord l'illuminamento generale è dovuto all'esclusivo apporto delle due ultime componenti di energia luminosa, per le facciate a sud può prevalere invece l'apporto della componente diretta solare e così via.

1.1. *Ricostruzione di immagini diurne di esterni.*

La ricostruzione di immagini diurne di esterni con componente di luce diretta solare trova generalmente severi condizionamenti. Anzitutto deve essere possibile installare ad altezza conveniente la sorgente luminosa concentrata atta a produrre l'illuminazione notturna approssimante l'illuminazione diretta solare: per esempio si è potuto sfruttare l'alto campanile all'angolo della Piazza ad L di S. Marco per l'illuminazione già illustrata della basilica veneziana ([3]).

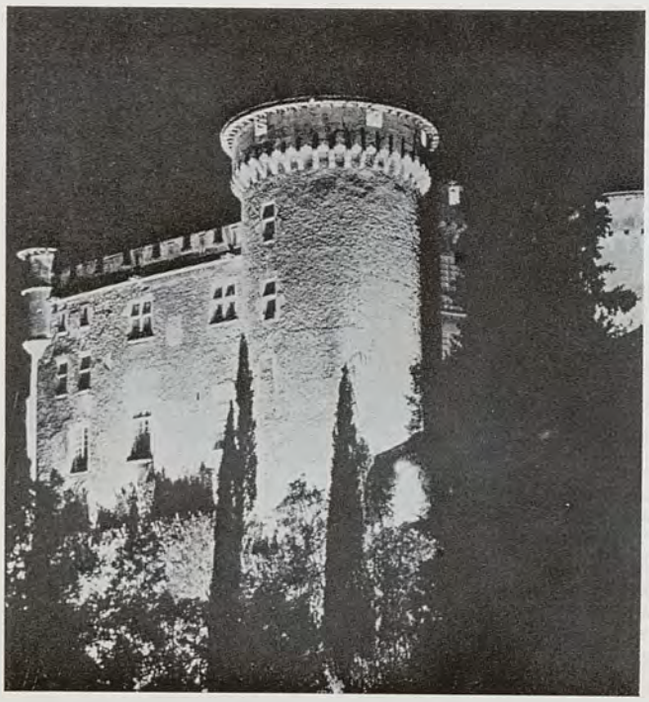

Fig. 6 - Con l'illuminazione dal basso a luce radente i rapporti diurni di luce ed ombra di taluni elementi costruttivi (cornicione, merli, finestre,...) sembrano resi « al negativo ».

In secondo luogo l'intensità e la temperatura di colore della sorgente luminosa devono essere tali da produrre luminanze e rese di colore sufficientemente approssimanti quelle diurne. Le due caratteristiche fisiche suddette sono fra loro legate dalla legge di spostamento della visibilità relativa delle radiazioni di diversa lunghezza d'onda al variare della luminanza.

Con una stessa sorgente luminosa di data distribuzione spettrale (per esempio la colossale lampada allo xenon — 500.000 lm, 20.000 w — con « luce bianca diurna » — 6.000 ÷ 7.000° K — usata per illuminare l'esempio di San Marco) le tonalità di colore risultanti possono apparire tanto più fredde quanto più sono basse le luminanze ottenute e di conseguenza quanto più ci si discosta dalle condizioni di visibilità fotopica. Al limite, con luminanze al di sotto di una certa soglia (circa 3 cd/mq), si perde la capacità di distinguere i colori ed il risultato di illuminazione approssima quello notturno alla luce lunare.

([3]) Archivio Osram - Siemens. Cfr. l'articolo cit. di A. Cavallari Murat, figg. 17 e 18.

Fig. 7 - Negativo fotografico dell'illustrazione precedente.

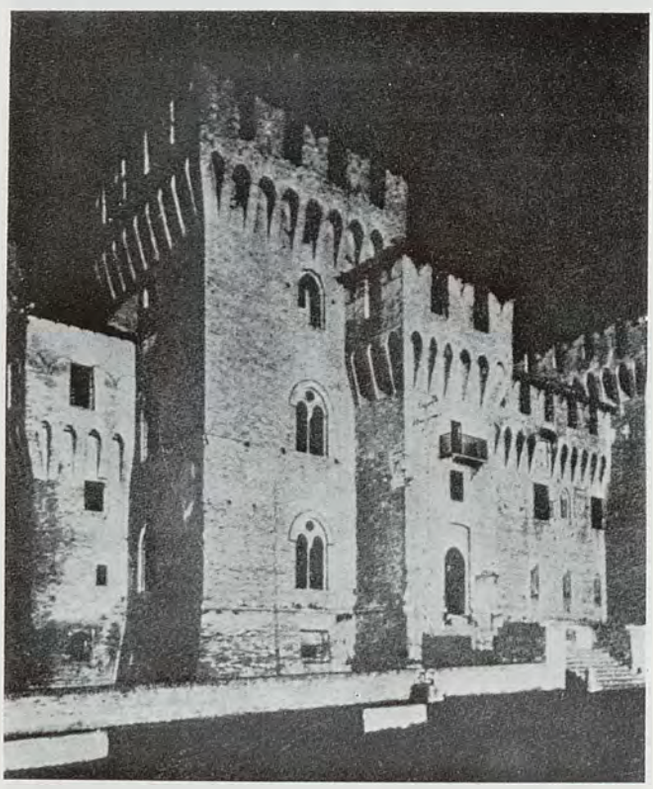

Fig. 8 - Castello Ducale a Mantova: la sapiente graduazione delle luminanze sulle facciate consecutive del monumento, consente la percezione notturna della struttura plastico-volumetrica (Da Richard, *Illuminotecnica*).

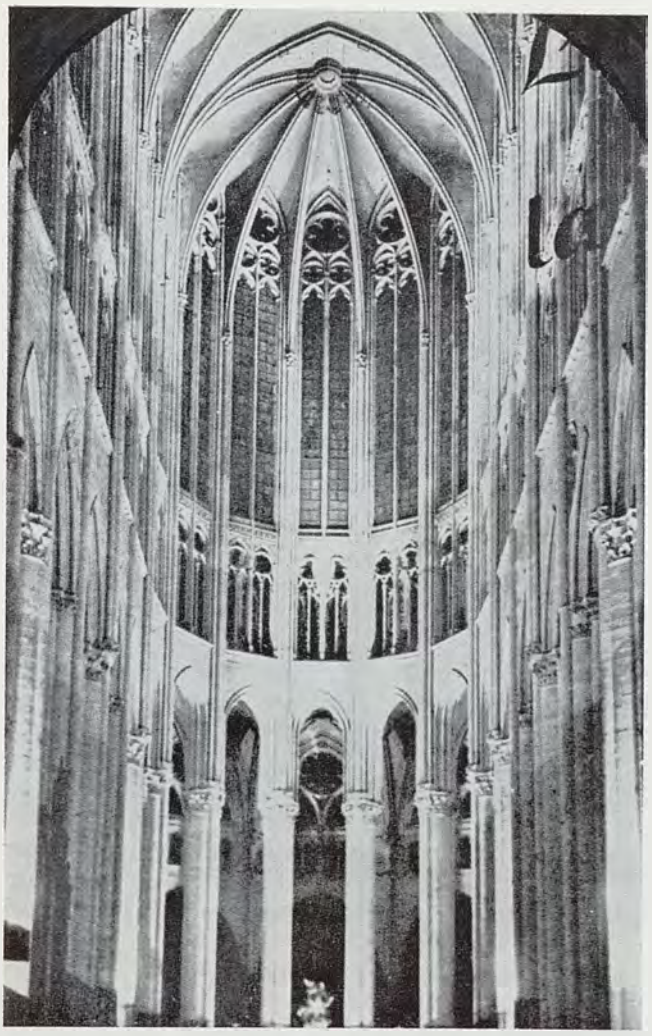

Fig. 9 - Cattedrale di Beauvais: l'illuminazione interna inverte i rapporti di luce e ombra tra elementi architettonici di volta e piedritto ed elementi di finestratura.

1.1.1. *Condizioni di sole alto sull'orizzonte.*

L'eccezionale illuminazione allo xenon di San Marco, che è stata illustrata, fu recentemente realizzata con intenzioni dimostrative e di prova; tuttavia per una migliore approssimazione dell'immagine diurna pomeridiana sarebbe stato necessario integrare l'illuminazione diretta del campanile (simulante la componente diurna solare) con una più debole illuminazione secondaria delle zone d'ombra per simulare il contributo complementare della volta celeste e della luce indiretta. Senza questa illuminazione complementare le ombre ottenute risultano eccessivamente nette e contrastanti con le zone direttamente illuminate e si ha un effetto globale un po' da paesaggio lunare (cioè con sole, più cielo nero stellato).

Non sempre però si riesce a trovare il modo di installare la sorgente luminosa principale in una posizione relativa al monumento tale da poter approssimare l'illuminazione diurna con sole alto. Si potrebbe pensare di far ricorso a sostegni artificiali, come nei grandi piazzali degli aeroporti e degli scali ferroviari. La bella piazza Mercatante di Prato è stata illuminata da due soli lampadari con sorgenti allo xenon (20.000 w) installati su due pennoni alti 30 metri disposti sull'asse della piazza. Sotto l'aspetto puramente tecnico di illuminare una piazza del mercato, la soluzione potrebbe apparire razionale ed il risultato soddisfacente: illuminamento diffuso ed abbastanza costante su tutta la piazza — 60 lux al centro, 25 lux al margine (fig. 1).

Sotto l'aspetto estetico il risultato è dubbio. L'illuminazione realizzata è lontana da ogni condizione di illuminazione reale diurna del vano; inoltre la luminanza pressoché costante realizzata su tutte le facciate prospicienti rende difficile la percezione notturna delle proporzioni e della conformazione del bel vano, proporzioni e conformazione invece facilmente percepibili ed apprezzabili nelle normali condizioni diurne con i fronti diversamente illuminati.

1.1.2. *Condizioni di sole basso sull'orizzonte e condizioni crepuscolari.*

Tecnicamente più facili da approssimare sono invece le immagini diurne con sole basso sull'orizzonte; immagini di primo mattino e di tardo pomeriggio possono essere approssimate installando la sorgente luminosa simulante il sole a non grande altezza rispetto al monumento, per esempio su edifici circostanti e convenientemente schermata alla vista.

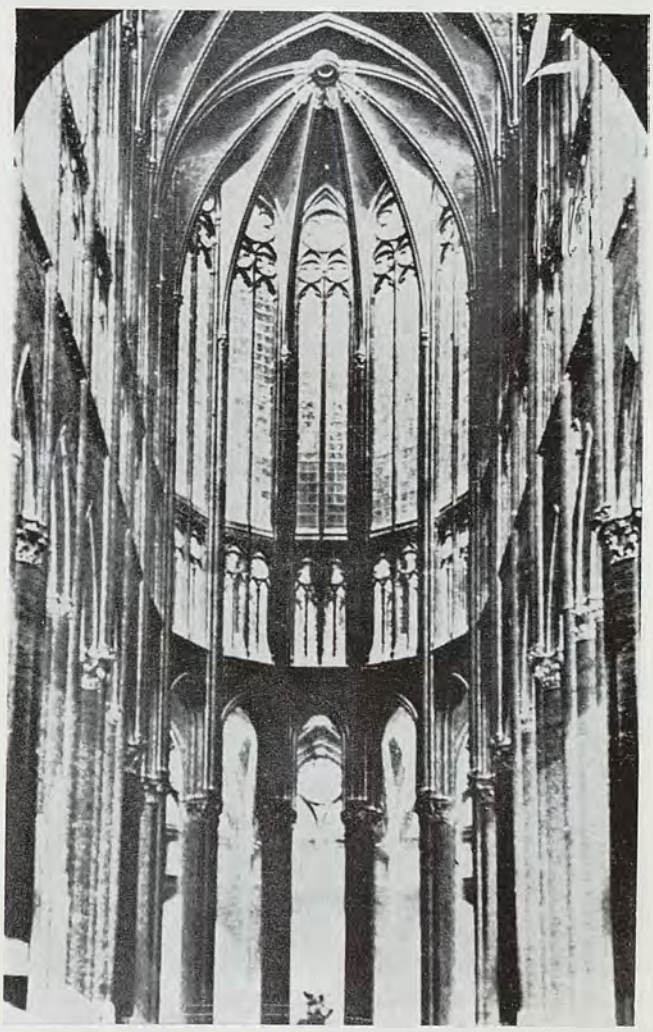

Fig. 10 - Negativo fotografico dell'illustrazione precedente.

Immagini di alba e di tramonto possono anche essere ricostruite con minore approssimazione a mezzo di sorgenti di luce poste nel terreno: l'impianto risulta relativamente più semplice, di più economica installazione e gestione, e di agevole schermatura.

Raramente però le immagini suddette, determinate dal sole basso sull'orizzonte, coincidono con le immagini che ispirarono gli autori e che essi perseguirono come principale obiettivo nella progettazione del monumento.

Tuttavia la facciata più celebre di Versailles, quella volta sul parco in direzione Ovest-Nord-Ovest, è stata probabilmente immaginata, o per lo meno verificata, per la luce dorata del pomeriggio o del tramonto e cioè per un periodo del giorno particolarmente importante nel cerimoniale di ricevimento ([4]) (fig. 2).

L'illuminazione artificiale realizzata con luce calda e diffusa dal basso provoca l'effetto magico della luce del tramonto e del crepuscolo: il gioco drammatico diurno dei chiaroscuri e delle ombre sugli elementi architettonici e nei corpi aggettanti si annulla e si scioglie; la facciata vive di toni impastati di colore che si specchiano nel laghetto; statue e trofei emergono luminosi dal cornicione e si stagliano sul cielo nero notturno in modo analogo a come questi si stagliano al tramonto sulla volta celeste quando è già scura nella zona orientale.

Spesso però la decisione di approssimare una immagine di tramonto è dettata dall'impossibilità tecnica di approssimare più congeniali immagini diurne o da un ripiego di convenienza per ragioni di economia di realizzazione e di gestione.

L'illuminazione della facciata (orientata ad ovest) del Duomo di Firenze, in occasione del congresso A.I.D.I. 1972, fu realizzata sia con proiettori posti sui tetti di edifici circostanti la piazza (e quindi più bassi della sommità della facciata suddetta), sia a mezzo di proiettori schermati posti in basso su pali semaforici ([5]). La luce diretta proveniente da tali sorgenti approssima condizioni di sole molto basso pomeridiano: purtroppo tale condizione di luce annulla gli effetti stereometrici (di ombra e di chiaroscuro); viceversa l'alta qualità tonale del flusso luminoso valorizza notevolmente le tinte dei marmi (fig. 3).

([4]) *Revue Française d'Electricité*, 2, 1970, pag. 75.
([5]) *Notiziario Osram*, dicembre 1972.

Fig. 11 - Chiesa della Gran Madre di Dio di Torino: l'illuminazione della cupola a mezzo di sorgenti schermate dal cornicione falsa i valori architettonici del complesso e dei singoli elementi di raffinato gusto neoclassico.

Fig. 12 - La stessa cupola di giorno illuminata dal lucernario rotondo. zenitale.

Per la facciata del Duomo sono state usate lampade ad incandescenza con alogeni — 3.000° K, ~22 lm/w —; per il campanile e per la cupola è stata usata luce miscelata di lampade a vapori di alogenuri — 6.000° K, ~80 lm/w — e di lampade al sodio di alta pressione con luce bianco oro — 2.100° K, ~120 lm/w.

L'illuminazione pseudo orizzontale « strisciata », e cioè che investe il prospetto principale del monumento con un angolo azimutale relativamente basso (minore di 45°), può approssimare immagini con sole basso radente, caratterizzate da ombre lunghe e forti chiaroscuri esaltanti i valori plastici e la composizione volumetrica dell'edificio, come per l'Hôtel de Clinon al Marais ([6]) o per un ponte sulla Senna a Parigi ([7]). In quest'ultimo esempio la sorgente luminosa è stata posta sull'argine, appena al di sotto del piano d'orizzonte di chi transita sul ponte, ed è schermata alla vista con schermi orizzontali (figg. 4 e 5).

Spesso in casi di edifici isolati in campagna risulta pressoché impossibile o non conveniente di illuminare con sorgenti poste più in alto dell'orizzonte dell'osservatore.

L'illuminazione dal basso, scelta frequentemente in questi casi, può dare risultati poco accettabili. Capita facilmente di conseguire con tale illuminazione un vero e proprio capovolgimento dei valori chiaroscurali dell'illuminazione diurna, come si può notare confrontando il risultato dell'illuminazione dal basso di un castello ([8]) con la sua riproduzione negativa fotografica: per esempio il cornicione aggettante e mensolato risulta con l'illuminazione tra gli elementi della facciata maggiormente illuminati, mentre nelle condizioni diurne esso è generalmente un caratteristico elemento di coro-

([6]) *Lux*, 1970, pag. 350.
([7]) *Lux*, 1970, pag. 343.
([8]) *Lux*, 1970, pag. 506.

Fig. 13 - Atrio dell'Opéra di Parigi: sorgenti elettriche sostituiscono, rinforzate ma con analoga resa cromatica, gli originali becchi a gas. (Da *Lux*).

namento, dotato di forti ombre proprie e portate (figg. 6 e 7).

Il ripiego di approssimare un'immagine di tramonto può essere anche abilmente approssimato con un'illuminazione « strisciata » proveniente dal basso da sorgenti schermate poste nel terreno e quindi di agevole installazione e manutenzione.

Nel Castello Ducale di Mantova, grazie all'inclinazione notevole della luce, sembrano riusciti ad esempio ad approssimare le condizioni di illuminazione diurna del cornicione a mezzo delle ombre portate trasversali delle singole mensole che lo compongono ([9]) (fig. 8).

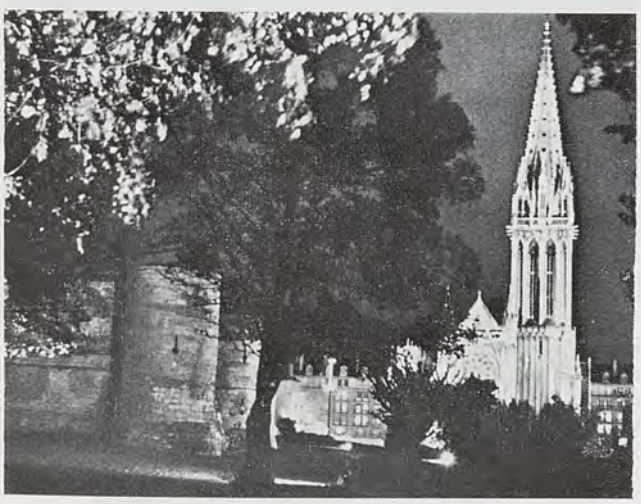

Fig. 14 - Un'adeguata illuminazione della cornice ambientale permette di percepire nottetempo il giusto valore di S. Pierre de Caen in rapporto al contesto ambientale. (Da *Revue Française d'Electricité*).

1.2. *Ricostruzione di immagini diurne di interni.*

Il problema presenta aspetti particolari diversi dagli aspetti caratteristici del problema testé considerato (1.1.), di ricostruzione di immagini diurne di esterni. Di conseguenza risulta opportuno considerarlo separatamente. Come per i casi già visti di esterni, la ricostruzione approssimata di notte dell'immagine diurna non può avvenire che attraverso sistemi di illuminazione simulanti le condizioni di luce naturale diurna come per esempio sulla Cappella Antenori esaminate da Cavallari Murat. L'adozione di sistemi diversi o contrastanti può dare luogo a risultati arbitrari, lontani dall'immagine diurna perseguita e strutturata dall'autore. L'illuminazione del vano del coro della cattedrale di Beauvais ha dato luogo ad un risultato che appare quasi come il negativo fotografico della splendida immagine diurna caratterizzata dal controluce degli immensi finestroni policromi (figg. 9 e 10).

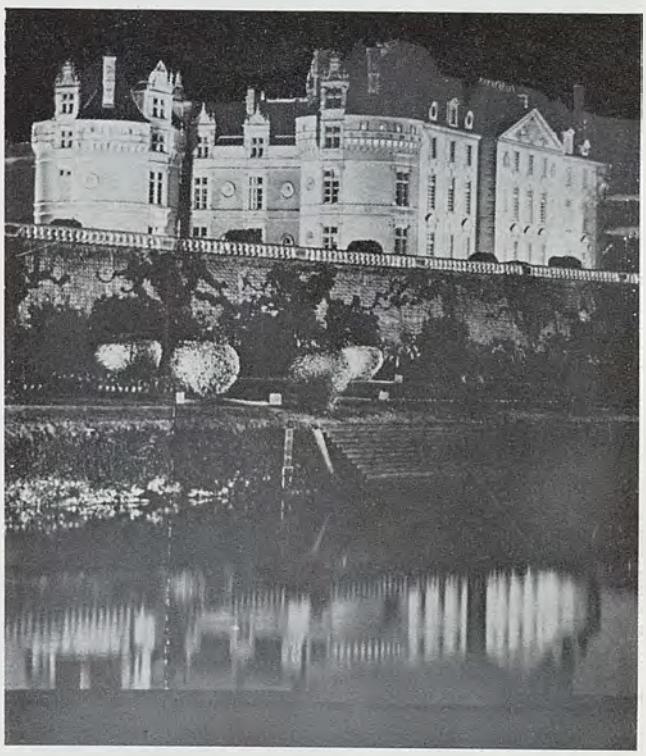

Fig. 15 - Graduata illuminazione del giardino e del castello di Lude, Tours. (Da *Revue Française d'Electricité*).

Analogo risultato arbitrario e lontano dall'immagine diurna è stato ottenuto nella Gran Madre di Dio a Torino installando tubi fluorescenti sul cornicione della cupola. Eppure in questo caso sarebbe stato relativamente facile ed economico illuminare l'interno della Chiesa simulando le condizioni diurne a mezzo di proiettori posti in chiave alla cupola, in corrispondenza dell'apertura circolare dalla quale di giorno proviene tutta la luce naturale diffusa (della volta celeste) che illumina la Chiesa (figg. 11 e 12).

Spesso però il ricostruire di notte l'immagine

([9]) R. Richard, (AIDI), *Elementi di illuminotecnica*, 2ª ed., Milano, 1971.

Fig. 16 - L'illuminazione di elementi del paesaggio facilitano agli atleti la percezione delle distanze e dei dislivelli durante le gare olimpioniche notturne di salto a Grenoble. (Da *Lux*).

diurna risulta cosa estremamente difficile, se non impossibile, come nel caso visto del controluce delle vetrate policrome della Cattedrale di Beauvais.

In questi casi può convenire di ripiegare sulla ricostruzione di immagini tradizionali di illuminazione artificiale notturna. Peraltro, in funzione di tali condizioni di luce e di tali immagini notturne possono essere state concepite opere pregevoli di arredo, come, nelle cattedrali, gli stalli del coro, fruito istituzionalmente sia di giorno che di notte: per esempio con il suggestivo ufficio vespertino dei canonici.

Negli interni nati per essere fruiti prevalentemente di notte come i teatri o i saloni di ricevimento dei palazzi, l'illuminazione da ricostruire criticamente deve essere senz'altro quella tradizionale notturna in funzione della quale è stata concepita e strutturata la decorazione di stucchi, di ori, di specchi, e cristalli.

Spesso in tal caso può risultare opportuno di rinforzare sensibilmente i livelli di illuminamento, per adattarli ai livelli a cui si è ora abituati.

La cosa però va fatta con sensibilità e competenza critica, cercando di non falsare i rapporti di luminanza e le tonalità di colore. Per esempio nell'atrio dell'Opéra di Parigi ([11]) adeguate sorgenti moderne sostituiscono, rinforzate, gli originali becchi a gas: tuttavia l'ampiezza e la capacità diffondente dei globi opalini garantisce contro l'abbagliamento per eccessiva luminanza delle sorgenti (fig. 13).

([11]) *Revue Française d'Electricité*, 1972, pag. 66.

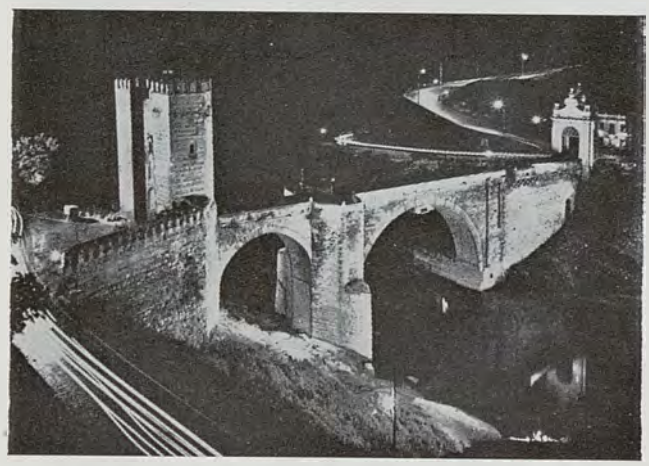

Fig. 17 - Il ponte di Alcantara. (Da *Revue Internationale d'Electricité*).

2. *Problemi di suggerimento notturno della cornice ambientale del monumento.*

L'illuminazione di un monumento non può essere mai affrontata come problema concernente il monumento come fatto a sé stante. È generalmente indispensabile ricostruire l'immagine della cornice ambientale in cui il monumento vive ed ha valore.

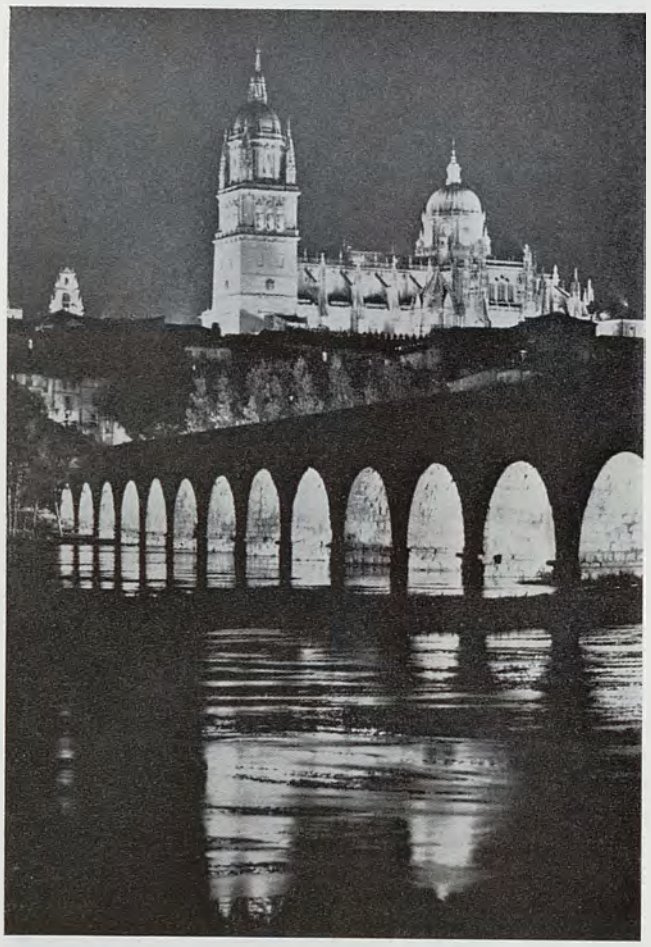

Fig. 18 - Per chi arrivi a Salamanca dal ponte, il complesso degli edifici principali illuminati fornisce un quadro sintetico della città. (Da *Revue Internationale d'Electricité*).

Ciò vale per monumenti sia in ambienti urbani (come Saint Pierre a Caen) ([12]) che per monumenti in ambiente suburbano ed extra urbano (come lo Chateau de Lude a Tours) ([13]) (figg. 14 e 15).

Talvolta è sufficiente suggerire semplicemente l'immagine della cornice ambientale, illuminando convenientemente alcuni suoi elementi salienti e caratterizzanti, come il fianco di montagna ed i caratteristici torrioni rocciosi delle Trois Poucelles delimitanti la valletta con la pista notturna di salto delle olimpiadi sciistiche di Grenoble ([14]). In que-

([12]) *Revue Française d'Electricité*, 1972, pag. 71.
([13]) *Revue Française d'Electricité*, 1970, 4, pag. 47.
([14]) *Lux*, 1968, pag. 142.

sto caso l'illuminazione notturna di elementi di cornice ambientale ha avuto anche lo scopo pratico di facilitare atleti e spettatori nell'apprezzamento notturno delle dimensioni della pista e dell'entità dei salti (fig. 16).

Il celebre ponte di Alcantara sul Tago può essere colto e apprezzato anche nelle sue storiche funzioni nodali e strategiche grazie all'illuminazione notturna delle tre strade che vi convergono. Per altro il buio della notte ha permesso di cancellare alla vista le recenti costruzioni deturpanti dei dintorni (fig. 17).

Ed ancora, per chi arrivi a Salamanca dal fiume, la visione globale degli elementi fondamentali e nodali della città (ponte, via al ponte, cattedrale, ed altri edifici) facilita ed anticipa la percezione del disegno sintetico della città ([16]) (fig. 18).

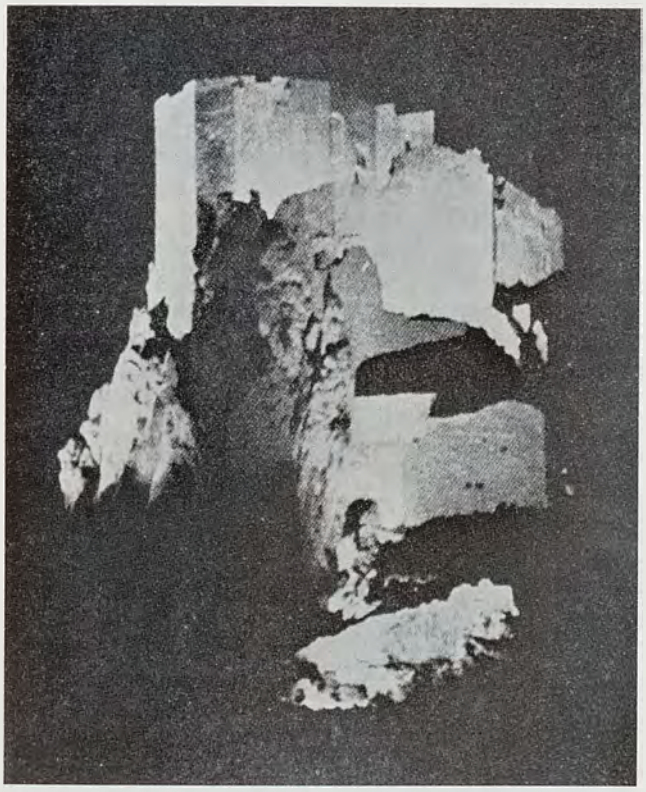

Fig. 19 - Effetti drammatici di illuminazione sulle rovine del desolato castello di Queribus sui Pirenei, caro a poeti. (Da *Lux*).

3. *Ricostruzione di immagini surreali o di sogno.*

In certi casi l'immagine che si decide di ricostruire di notte non è, né la particolare immagine che ideò l'autore del monumento, né una qualsiasi altra immagine che possa realizzarsi in condizioni diurne.

Venne deciso per esempio di approssimare l'immagine che suscitò al poeta l'ambiente desolato dei Pirenei con le rovine del castello di Queribus: ([17]) « Monts depouillés, arides, fendus en gorges de très vaillante allure, des paysages de pierre vive, d'ombre rare et claire, de parois colorées de soleil éclatant » (Onésime RECLU). In conseguenza le rocce di base del castello e le rovine dei torrioni sono state illuminate dal basso con sprazzi drammatici di luce (fig. 19).

([15]) *Revue Internat. de l'Eclairage*, 1966-67, pag. 61.

([16]) *Revue Internat. de l'Eclairage*, 1966-67, pag. 61.

([17]) *Lux*, 1971, pag. 91.

Fig. 20 - Effetti surreali e di sogno nell'illuminazione dal basso di un bosco durante le Floriales Internationales di Parigi. (Da *Lux*).

In un altro esempio la luce « strisciata » verso l'alto conferisce ad un bosco di conifere un'atmosfera di sogno ([18]) (fig. 20).

([18]) *Lux*, 1969, pag. 207.

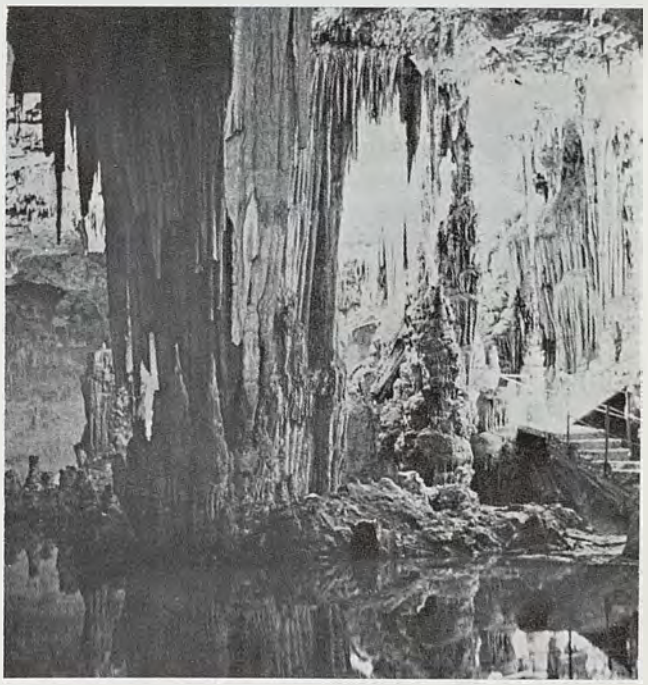

Fig. 21 - Le grotte di Nettuno a Capo Caccia presso Alghero. (Da *Le vie d'Italia e del mondo*).

Fig. 22 - Il Campidoglio a Washington: l'eccezionalmente intensa illuminazione frontale « smaterializza » la cupola dell'edificio, divenuta simbolo dell'istituzione democratica negli Stati Uniti. (Da *Lux*).

Nell'illuminazione delle grotte, mai vivificate dalla luce del giorno, l'estro dell'illuminotecnico si può sbizzarrire liberamente a creare atmosfere ed immagini le più varie ([19]) (fig. 21).

A Washington un'eccezionalmente intensa illuminazione frontale dal basso della cupola del Campidoglio non suscita quasi effetti di ombra e di chiaroscuro e smaterializza l'oggetto avvolgendolo in un'atmosfera di luce surreale che è ricercata e congeniale al valore di simbolo nazionale del monumento ([20]) (fig. 22).

4. *Ricostruzione e correzione restaurativa di immagini notturne di esterni.*

La ricostruzione e la correzione restaurativa di immagini notturne costituisce un altro frequente ripiego di comodo, per la relativa semplicità di realizzazione, per le maggiori tolleranze nell'approssimazione critica, per i minori costi di impianto e di gestione.

Generalmente però, negli esterni, l'immagine notturna che si approssima o si recupera con opportune correzioni non coincide con l'immagine che ispirò l'autore del monumento: può essere però un'immagine ispiratrice di artisti e poeti.

L'illuminazione naturale con luce lunare è caratterizzata da basse luminanze, da una caratteristica tonalità fredda e dalla impossibilità di distinguere i colori (visibilità scotopica). Le tre caratteristiche sono tra loro legate: la distribuzione spettrale della luce lunare in effetti si differenzia pochissimo, per il visibile, dalla luce del sole (4.000 - 10.000° K) ([21]) La tonalità fredda e l'impossibilità di distinguere i colori sono legati al fatto che le luminanze suscitate dalle luce lunare sono nettamente al di sotto della soglia di visibilità fotopica (circa 3 cd/mq).

([19]) *Le vie d'Italia e del Mondo*, 1970, pag. 533.

([20]) *Lux*, 1967, pag. 477.

([21]) Cfr. Fresa A., *La luna*, Milano, 1952.

4.1. *Immagini di chiaro di luna.*

La ricostruzione dell'immagine al chiaro di luna di monumenti in ambiente urbano (come la facciata del Santo Stefano di Vienna) ([22]) comporta generalmente di operare consistenti correzioni dell'effetto naturale della luce lunare. La presenza di forti illuminamenti a livello stradale, dovuti all'attuale illuminazione pubblica e ancor più alla presenza di vetrine illuminate, non permettono normalmente di percepire le deboli luminanze suscitate dalla luce naturale della luna nelle zone alte degli edifici. L'effetto di luna sulle guglie del Santo Stefano, quale si poteva percepire un secolo fa grazie ai relativamente bassi livelli di luminanza al piano stradale, ha potuto essere oggi ricostruito solo rinforzando notevolmente le luminanze simulanti l'effetto lunare, sino a superare la soglia della visibilità fotopica, offrendo la possibilità di distinguere i colori delle celebri tegole di ceramica della copertura. Nelle condizioni fotopiche suddette, la tonalità fredda dell'immagine al chiaro di luna può essere resa con sorgenti luinose a « luce bianchissima » con relativamente alta temperatura di colore ed ottima efficienza luminosa (come le lampade a vapori di mercurio ad alta pressione — 7.000° K, circa 55 lm/w, o le lampade a vapori di alogenuri — 6.000° K, circa 80 lm/w) (fig. 23).

Il problema di rendere congruenti le esigenze di illuminazione dei negozi con le esigenze di illuminazione dei complessi monumentali dei centri storici sussiste in generale, e quindi anche per i casi di ricostruzione di immagini diurne già esaminati in precedenza.

([22]) *Le vie d'Italia e del Mondo*, 1970, pag. 613.

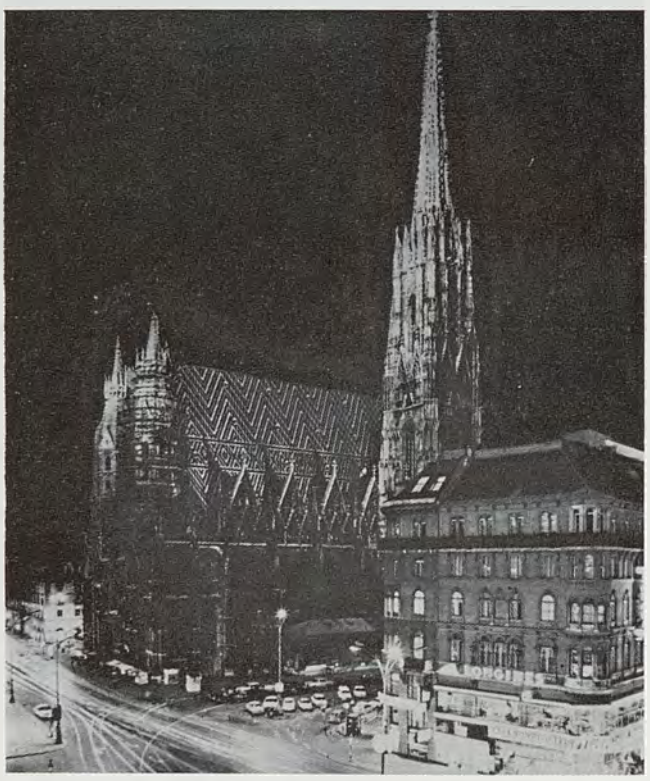

Fig. 23 - Il Santo Stefano di Vienna: ricostruzione di effetti di luce lunare sulla guglia e sul tetto. (Da *Le vie d'Italia e del mondo*).

Fig. 24 - Via Garibaldi a Torino: le forti luminanze delle vetrine impediscono la percezione notturna del prezioso ambiente settecentesco.

Gli alti valori di luminanza che si tende a realizzare sempre più nelle vetrine comportano di aumentare i livelli di luminanza necessari per valorizzare gli edifici del complesso ambientale.

Si assiste nel corso degli anni ad una sorta di « escalation » negli standards di illuminazione delle vetrine e delle insegne, fenomeno chiaramente alimentato dall'esigenza commerciale di attrarre l'attenzione sul singolo negozio. Gli stessi abachi di dimensionamento riportati nelle « raccomandazioni » e nei manuali consigliano di adeguare le luminanze delle singole vetrine alle luminanze medie circostanti, o di superarle ([23]).

La conseguenza di questa evoluzione progressiva e capillare risulta, per esempio, nella bellissima Via Garibaldi di Torino ([24]). Basta paragonare lo stato attuale caotico delle facciate a piano terreno, con l'ordinato disegno unitario originale settecentesco ([25]). Al di sopra dei forti livelli di luminanza media dei negozi e delle insegne il disturbo può diventare tale da non rendere più attuabile alcuna soluzione illuminotecnica atta a valorizzare nottetempo il complesso ambientale (figg. 24 e 25).

In conseguenza a questo fatto, le autorità preposte alla tutela del centro storico di Ginevra e quelle preposte al Marais di Parigi hanno già posto chiare e severe limitazioni sia alle tipologie realizzative delle vetrine e delle insegne che ai loro livelli di illuminamento ([26]).

([23]) L. Richard, (AIDI), *Elementi di illuminotecnica*, 2ª ed., Milano, 1971, pag. 124.

([24]) Ricostruita su tracciato rettilineo e con isolati ciascuno di disegno unitario dopo il 1736.

([25]) Archivio storico comunale, Torino.

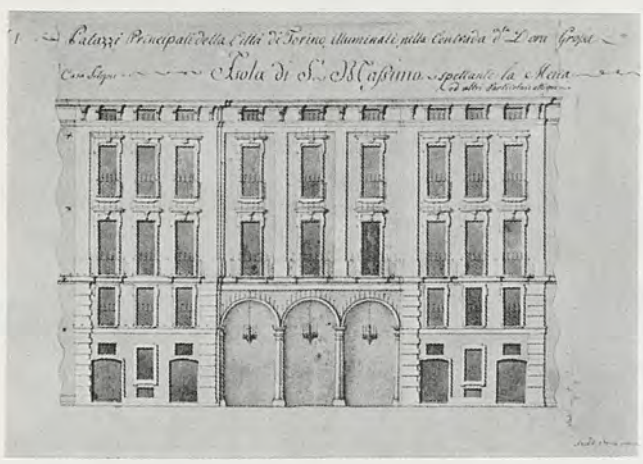

Fig. 25 - La chiara ritmatura dei negozi e delle vetrine nel disegno originario dell'isolato di S. Massimo in Via Garibaldi, da un progetto coevo di « luminaria ».

4.2. *Restauro di immagini notturne da antichi sistemi di illuminazione artificiale.*

La ricostruzione dell'immagine notturna di un monumento o di un complesso monumentale quale si aveva con antichi e tradizionali sistemi di illuminazione artificiale (lanterne ad olio, lampioni a gas, od altro) non può generalmente essere conseguita ripristinando semplicemente le antiche sorgenti di luce.

È generalmente necessario di elevare proporzionalmente il livello delle antiche luminanze, pur cercando di conseguire le stesse tonalità di luce e le stesse rese cromatiche. Ciò è necessario per varie ragioni:

Fig. 26 - Illuminazione discreta, ma intensa dove necessaria, dei « quais » e dei canali attorno al Palais de l'Isle ad Annecy.

a) per non isolare il complesso monumentale in una zona urbana nettamente meno luminosa delle zone circostanti illuminate con i livelli normali;

b) per la necessità di ragiungere almeno i minimi standards attuali di illuminazione pubblica per ragioni di sicurezza e di traffico;

c) per l'esigenza di consentire adeguati livelli di luminanza ai negozi e agli androni privati.

Per esempio il flusso emesso dai lampioni che contenevano i becchi a gas può essere aumentato a mezzo di nuove sorgenti di luce, proteggendole però con elementi diffusori di maggiori superficie ed efficienza in modo da mantenere costante la luminanza tradizionale della sorgente ed evitare l'abbagliamento (Palais de l'Isle di Annency), (fig. 26).

Paolo Scarzella

([26]) Cfr. P. Scarzella, *Restauro di monumenti e valorizzazione di insiemi storico-urbanistici*, Atti e Rassegna Tecnica, novembre 1970.

Sulla ripartizione trasversale dei sovraccarichi negli impalcati a solettone alleggerito

C. CASTIGLIA (*) - *F. A. SANTAGATA* (**) *dopo aver trasformato in termini finiti il valore del parametro di rigidezza flessionale trasversale unitaria per un impalcato a solettone alleggerito a comportamento ortotropo, individuano i valori dei coefficienti di ripartizione tra sversale da impiegare per una calcolazione rigorosa, evidenziando con esempi l'entità degli errori che si commettono adottando valori limiti costanti per parametri effettivamente variabili.*

1. Il parametro di rigidezza flessionale trasversale unitaria

In una sezione alleggerita con vani circolari il valore della rigidezza flessionale trasversale unitaria è espresso da (1):

$$\varrho_E = \frac{E\, b_0\, H^2\,(H-2f)}{32\left[\left(1-\frac{3f}{H}\right)\frac{b_1}{2} + \int_0^{d_1/2} \frac{H^2 - 3Hf - 2H\sqrt{\frac{d_1^2}{4}-u^2}}{H-2\sqrt{\frac{d_1^2}{4}-u^2}}\,du\right]} \qquad [1]$$

$$\text{in cui } f = \frac{z}{2}\,\frac{H-1{,}33\,z}{H-z}\,.$$

Per la risoluzione dell'integrale I al denominatore della [1], sostituendo

$$\frac{d_1}{2} = a > 0;\quad H^2 - 3Hf = K;\quad u = a\cdot\sin t;$$

per cui $du = a\cdot\cos t\cdot dt$; $\sqrt{a^2-u^2} = a\cdot\cos t$;

risulta:

$$I = \frac{1}{4}\int_0^{\pi/2} \frac{K - 2H\cdot a\cdot\cos t}{\left(\frac{H}{2} - a\cdot\cos t\right)^2}\, a\cdot\cos t\cdot dt; \qquad [2]$$

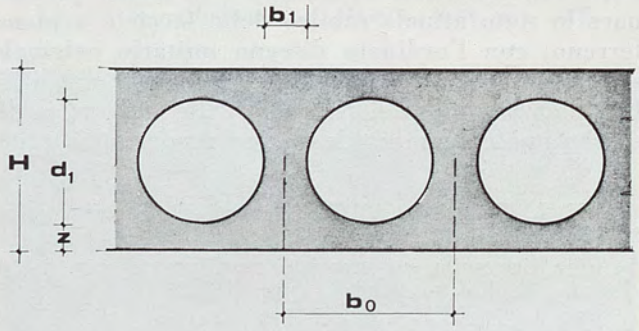

Fig. 1.

$$I = \frac{K\,a}{4}\int_0^{\pi/2} \frac{\cos t}{\left(\frac{H}{2} - a\cdot\cos t\right)^2}\,dt - \frac{a^2\,H}{2}\int_0^{\pi/2} \frac{\cos^2 t}{\left(\frac{H}{2} - a\cos t\right)^2}\,dt;$$

essendo inoltre: $\cos^2 t = \frac{a^2}{a^2}\cos^2 t = \frac{\left(\frac{H}{2} - a\cdot\cos t\right)^2 + aH\cdot\cos t - \frac{H^2}{4}}{a^2}$; [3]

(*) Costruzioni Strade Ferrovie Aeroporti - Politecnico di Torino.
(**) Tecnica dei Cantieri - Politecnico di Torino.

(1) Bares-Massonnet, *Le calcul des grillages de poutres et dalles orthotropes*, Dunod, Paris, 1966.

dalle [2], [3]

$$I = \frac{K\,a}{4}\left\{\int_0^{\pi/2} \frac{\cos t}{\left(\frac{H}{2} - a\cos t\right)^2} - \frac{H}{2}\left[\frac{\pi}{2} + a\,H\int_0^{\pi/2} \frac{\cos t\cdot dt}{\left(\frac{H}{2} - a\cdot\cos t\right)^2} - \frac{H^2}{4}\int_0^{\pi/2} \frac{dt}{\left(\frac{H}{2} - a\cdot\cos t\right)^2}\right]\right\};$$

ponendo:

$$I_1 = \int_0^{\pi/2} \frac{\cos t\cdot dt}{\left(\frac{H}{2} - a\cdot\cos t\right)^2}; \qquad [4]$$

$$I_2 = \int_0^{\pi/2} \frac{dt}{\left(\frac{H}{2} - a\cos t\right)^2} \qquad [5]$$

la [2] diventa

$$I = -\frac{H\pi}{4} + \left(\frac{Ka}{4} - \frac{aH^2}{2}\right) I_1 + \frac{H^3}{8}\,I_2. \qquad [2']$$

La [4] è del tipo $\int \frac{\cos t\,dt}{(\alpha + \beta\cdot\cos t)^2}$ e la sua soluzione è (2):

$$\int \frac{\cos t\cdot dt}{(\alpha + \beta\cdot\cos t)^2} = \frac{\alpha\cdot\sin t}{(\alpha^2 - \beta^2)(\alpha + \beta\cdot\cos t)} - \frac{\beta}{\alpha^2 - \beta^2}\int \frac{dt}{\alpha + \beta\cdot\cos t} \qquad [6]$$

essendo a sua volta (per $\alpha^2 > \beta^2$):

$$\int \frac{dt}{\alpha + \beta\cdot\cos t} = \frac{2}{\sqrt{\alpha^2 - \beta^2}}\,\text{artg}\,\frac{(\alpha - \beta)\,\text{tg}\,\frac{t}{2}}{\sqrt{\alpha^2 - \beta^2}}. \qquad [7]$$

La [5] è del tipo $\int \frac{dt}{(\alpha + \beta\cdot\cos t)^2}$ e la sua soluzione è (2):

$$\int \frac{dt}{(\alpha + \beta\cdot\cos t)^2} = \frac{\beta\cdot\sin t}{(\beta^2 - \alpha^2)(\alpha + \beta\cdot\cos t)} - \frac{\alpha}{\beta^2 - \alpha^2}\int \frac{dt}{\alpha + \beta\cdot\cos t} \qquad [8]$$

in cui l'integrale a secondo membro è ancora del tipo della [7].

Essendo $\alpha = \frac{H}{2}$, $\beta = -a = -\frac{d_1}{2}$, è verificato in ogni caso $\alpha^2 > \beta^2$, per cui fra 0 e $\frac{\pi}{2}$

$$I_1 = \frac{\frac{H}{2}}{\left(\frac{H^2}{4} - \frac{d_1^2}{4}\right)\frac{H}{2}} + \frac{\frac{d_1}{2}}{\frac{H^2}{4} - \frac{d_1^2}{4}}\,\frac{2}{\sqrt{\frac{H^2}{4} - \frac{d_1^2}{4}}}\,\text{artg}\,\frac{\frac{H}{2} + \frac{d_1}{2}}{\sqrt{\frac{H^2}{4} - \frac{d_1^2}{4}}} =$$

$$= \frac{4}{H^2 - d_1^2} + \frac{4\,d_1}{H^2 - d_1^2}\,\frac{2}{\sqrt{H^2 - d_1^2}}\cdot\text{artg}\,\frac{H + d_1}{\sqrt{H^2 - d_1^2}}. \qquad [4']$$

Analogamente, fra gli stessi limiti di integrazione:

$$I_2 = \frac{\frac{d_1}{2}}{\left(\frac{H^2}{4} - \frac{d_1^2}{4}\right)\frac{H}{2}} + \frac{\frac{H}{2}}{\frac{H^2}{4} - \frac{d_1^2}{4}}\,\frac{2}{\sqrt{H^2 - d_1^2}}\,\text{artg}\,\frac{H + d_1}{\sqrt{H^2 - d_1^2}} =$$

$$= \frac{4\,d_1}{H(H^2 - d_1^2)} + \frac{4\,H}{H^2 - d_1^2}\,\frac{2}{\sqrt{H^2 - d_1^2}}\cdot\text{artg}\,\frac{H + d_1}{\sqrt{H^2 - d_1^2}}. \qquad [5']$$

(2) Herbert Bristol Dwight, *Tables of integrals and other mathematical data*, Mac Millan Comp-

Dalle [2'], [4'], [5'] risulta

$$I = -\frac{H\pi}{4} - \frac{Hd_1}{2}(H+3f)\left(\frac{1}{H^2-d_1^2} + \frac{2\,d_1}{(H^2-d_1^2)\sqrt{H^2-d_1^2}}\,\text{artg}\cdot\frac{H+d_1}{\sqrt{H^2-d_1^2}}\right) +$$
$$+\frac{H^3}{2}\left[\frac{d_1}{H\,(H^2-d_1^2)} + \frac{2\,H}{H^2-d_1^2}\,\frac{1}{\sqrt{H^2-d_1^2}}\,\text{artg}\,\frac{H+d_1}{\sqrt{H^2-d_1^2}}\right];$$

pertanto la trasformazione in termini finiti dell'integrale a denominatore della [1] è:

$$I = Hd_1\left[-\frac{\pi}{4d_1} - \frac{3f}{2\,(H^2-d_1^2)} + \left(\frac{H}{d_1} - \frac{3fd_1}{H^2-d_1^2}\right)\frac{1}{\sqrt{H^2-d_1^2}}\cdot\text{artg}\,\frac{H+d_1}{\sqrt{H^2-d_1^2}}\right] \qquad [2'']$$

Il controllo del valore dell'integrale definito effettuato con il metodo dei trapezi, in connessione con il principio di Romberg ([3]) ha permesso di valutarne l'approssimazione ([4]), controllando il limite superiore del valore assoluto dell'errore per confronto con un valore molto ridotto di ε assegnato pari a 1×10^{-7}.

2. Il parametro di torsione

Con riferimento al metodo di Guyon-Massonnet, essendo noti i valori

J_p = momento d'inerzia flessionale di una trave,
Y_p = momento d'inerzia torsionale di una trave,
J_E = momento d'inerzia flessionale di un trasverso,
Y_E = momento d'inerzia torsionale di un trasverso,

per un impalcato a solettone alleggerito del tipo schematizzato nelle figure 2 e 3 e caratterizzato da N fori, i parametri fondamentali di rigidezza ϱ, γ risultano così definiti:

la rigidezza flessionale longitudinale unitaria $\varrho_p = \dfrac{E\,J_p}{b_0}$, individuata dalla

$$\frac{\varrho_p}{E} = \frac{J_p}{b_0} = \frac{b_0\,H^3 - 0{,}59\,d_1^4}{12\,b_0}\,; \qquad [9]$$

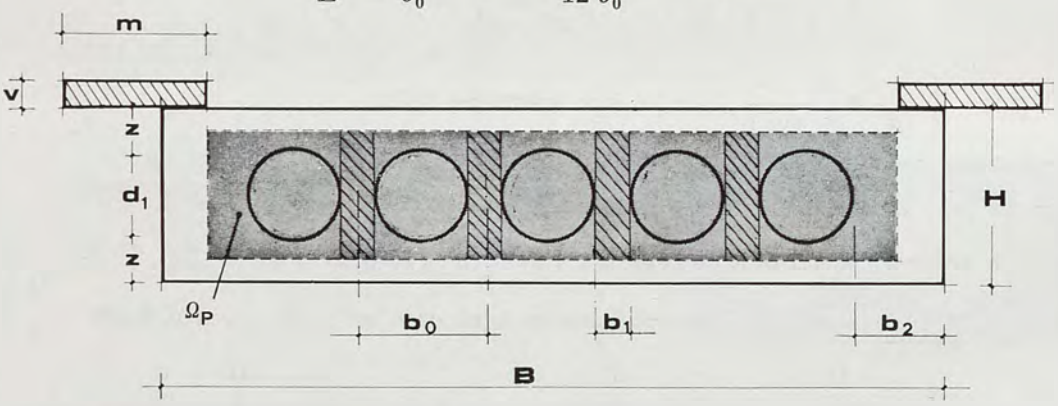

Fig. 2 Sezione trasversale impalcato

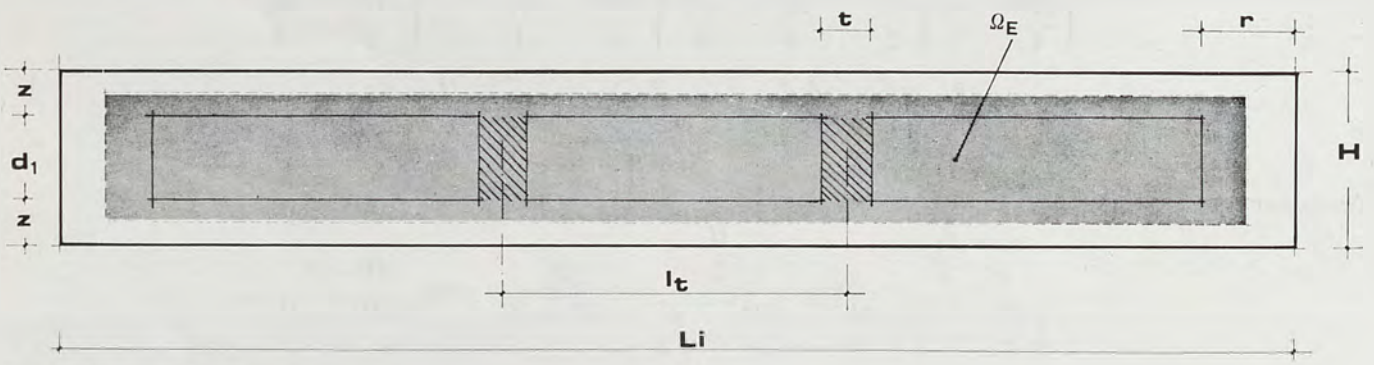

Fig. 3 Sezione longitudinale impalcato

([3]) Das Verfahren Von Romberg-Stiefel-Bauer als spezialfall des allegemeinen Prinzips Von Ricahardson. Mathematik- Technik Wirtschaft Voll XI, ISS., 2, 1964, pag. 49-54.

([4]) Subroutine QUATR, Libreria SSP, IBM.

la rigidezza flessionale trasversale unitaria $\varrho_E = \dfrac{E\,J_E}{l_t}$ che per le [1], [2″] è individuata dalla:

$$\frac{\varrho_E}{E} = \frac{J_E}{l_t} = \frac{b_0\,H^2(H-2f)}{32\left\{\left(1-\dfrac{3f}{H}\right)\dfrac{b_1}{2} + Hd_1\left[-\dfrac{\pi}{4d_1} - \dfrac{3f}{2\,(H^2-d_1^2)} + \left(\dfrac{H}{d_1} - \dfrac{3fd_1}{H^2-d_1^2}\right)\Psi\right]\right\}} \qquad [10]$$

in cui

$$f = \frac{z}{2}\,\frac{H-1{,}33\,z}{H-z}\;;$$

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{H^2-d_1^2}}\;\text{artg}\;\frac{H+d_1}{\sqrt{H^2-d_1^2}}\,.$$

Dall'espressione generale del momento d'inerzia torsionale per una generica sezione cava a pareti sottili (Bredt):

$$Y = \frac{4\,\Omega^2}{\displaystyle\int_s \frac{ds}{h}} + \overset{i}{\Sigma}\beta_i\;a_i\;b_i^3\;; \qquad [11]$$

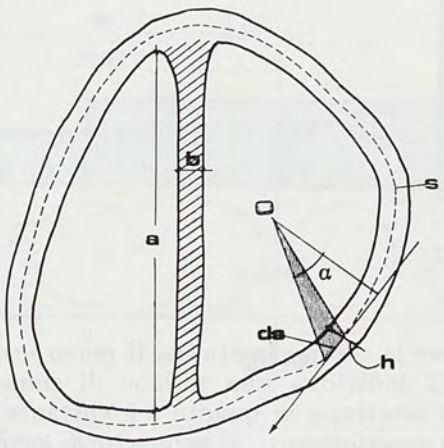

Fig. 4.

la rigidezza torsionale longitudinale unitaria $\gamma_P = \dfrac{G\cdot Y_P}{b_0}$, per una sezione con N fori, risulta dalla:

$$\frac{\gamma_P}{G} = \frac{Yp}{b_0} = \frac{4\,\Omega_P^2}{(N+1)\,b_0\cdot 2\left(\dfrac{b_0\,N}{0{,}5\,z} + \dfrac{H-z}{b_2}\right)} + \frac{(N-1)\cdot\beta'\cdot d_1\,b_1^3 + 2\cdot\beta''\cdot mv^3}{(N+1)\cdot b_0} \qquad [12]$$

avendo assunto il valore di 0,5 z in quanto il restante 50% è computato in γ_E ed essendo trascurabile l'apporto dei triangoli circolari per il calcolo di γ_P (fig. 5);

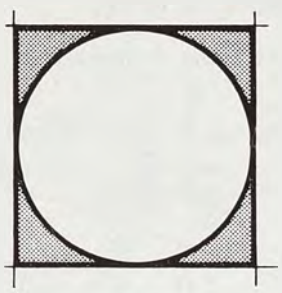

Fig. 5.

la rigidezza torsionale trasversale unitaria $\gamma_E = \dfrac{GY_E}{l_t}$ risulta dalla:

$$\frac{\gamma_E}{G} = \frac{Y_E}{l_t} = \frac{4\,\Omega_E^2}{(L_i-r)\,2\left(\dfrac{L_i-r}{0{,}5\,z} + \dfrac{H-z}{r}\right)} + \frac{(n_t-2)\,\beta'''d_1\,t^3}{L_i-r}\;; \qquad [13]$$

essendo Ω_p, Ω_E le aree racchiuse tra le mediane esterne della sezione normale alle travi e ai trasversi e pari rispettivamente a:

$\Omega_p = (B-b_2)\,(H-z)$;

$\Omega_E = (L_i-r)\,(H-z)$

ed essendo (5) per un elemento rettangolare di lati a, b con $a > b$ (fig. 6)

$$\frac{1}{\beta} = \frac{a^2 + b^2}{a^2}\left[3{,}56 - 0{,}56\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^2\right]$$

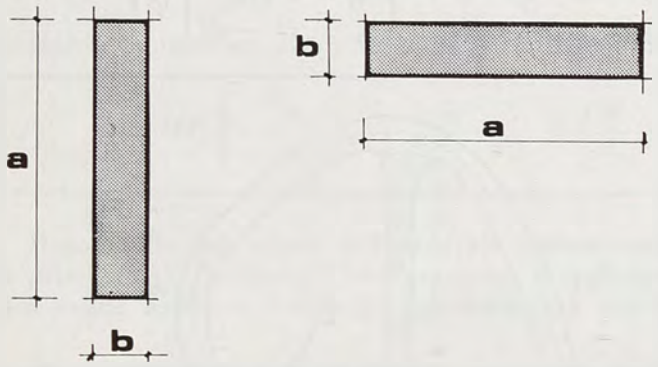

Fig. 6.

Poichè, per la sezione in studio, il piano orizzontale ad $H/2$ individua una sezione di simmetria della lastra ortotropa in quanto z è costante inferiormente e superiormente, *il parametro di torsione* α risulta:

$$\alpha = \frac{\eta_y \cdot \varrho_p + \eta_x \cdot \varrho_E + \gamma_p + \gamma_E}{2\sqrt{\varrho_p \cdot \varrho_E}} \qquad [14]$$

in cui η_x ed η_y non sono i coefficienti di Poisson in senso esatto ma definiscono il legame tra tensione e deformazione su assi ortogonali per effetto dell'ortotropia costruttiva invece che dell'anisotropia del materiale.

Applicando il 1° *principio di reciprocità*:

$$\varrho_p \cdot \eta_y = \varrho_E \cdot \eta_x \qquad [15]$$

il parametro di torsione è quindi

$$\alpha = \frac{\eta_x \cdot \varrho_E + \frac{1}{2}(\gamma_p + \gamma_E)}{\sqrt{\varrho_p \cdot \varrho_E}} \qquad [14']$$

e il coefficiente $G = \dfrac{E}{2(1 + \sqrt{\eta_x \cdot \eta_y})}$ diventa:

$$G = E/2\,(1 + \eta_x \sqrt{\varrho_E/\varrho_p})$$

pertanto:

$$\alpha = \frac{\eta_x\left(\frac{\varrho_E}{E}\right) + \frac{\left(\frac{\gamma_p}{G}\right) + \left(\frac{\gamma_E}{G}\right)}{4\left(1 + \eta_x\sqrt{\left(\frac{\varrho_E}{E}\right)\Big/\left(\frac{\varrho_p}{E}\right)}\right)}}{\sqrt{\left(\frac{\varrho_E}{E}\right)\left(\frac{\varrho_p}{E}\right)}} \qquad [14'']$$

in cui $\eta_x = 0{,}15$ (sezione tipo cassone).

(5) R. Chambaud et P. Lebelle, «*Formulaire du beton armé*» - *tome 1ª*, ITBTB, Paris, 1967.

a/b	β	a/b	β
1,00	0,1404	3,30	0,2694
1,05	0,1473	3,40	0,2712
1,10	0,1539	3,50	0,2730
1,15	0,1601	3,60	0,2746
1,20	0,1660	3,70	0,2761
1,25	0,1716	3,80	0,2776
1,30	0,1769	3,90	0,2789
1,35	0,1820	4,00	0,2802
1,40	0,1868	4,10	0,2815
1,45	0,1914	4,20	0,2827
1,50	0,1958	4,30	0,2838
1,55	0,1998	4,40	0,2849
1,60	0,2037	4,50	0,2859
1,65	0,2074	4,60	0,2869
1,70	0,2109	4,70	0,2878
1,75	0,2143	4,80	0,2887
1,80	0,2174	4,90	0,2896
1,85	0,2205	5,00	0,2904
1,90	0,2234	5,25	0,2923
1,95	0,2261	5,50	0,2941
2,00	0,2287	5,75	0,2957
2,05	0,2312	6,00	0,2972
2,10	0,2336	6,25	0,2985
2,15	0,2359	6,50	0,2998
2,20	0,2381	6,75	0,3009
2,25	0,2402	7,00	0,3020
2,30	0,2422	7,50	0,3040
2,35	0,2441	8,00	0,3057
2,40	0,2459	8,50	0,3072
2,45	0,2477	9,00	0,3085
2,50	0,2494	9,50	0,3098
2,55	0,2510	10,00	0,3109
2,60	0,2525	11,00	0,3128
2,65	0,2541	12,00	0,3144
2,70	0,2555	13,00	0,3157
2,75	0,2569	14,00	0,3169
2,80	0,2582	15,00	0,3179
2,85	0,2595	16,00	0,3189
2,90	0,2608	17,00	0,3197
2,95	0,2620	18,00	0,3204
3,00	0,2632	19,00	0,3210
3,10	0,2654	20,00	0,3216
3,20	0,2675		

3. Il parametro di trasverso

Essendo $2b = (N + 1)\,b_0$ la *larghezza attiva* (vedi punto 7), ed L_c la luce di calcolo, risulta:

$$\vartheta = \frac{b}{L_c}\sqrt[4]{\left(\frac{\varrho_p}{E}\right)\Big/\left(\frac{\varrho_E}{E}\right)} \qquad [16]$$

che, quando è inferiore a 0,3, definisce un tipo di trasverso avente praticamente rigidezza flessionale infinita.

4. Applicazioni

4.1. *Ponte da 24 m*

Per un impalcato da ponte avente le caratteristiche di fig. 7.

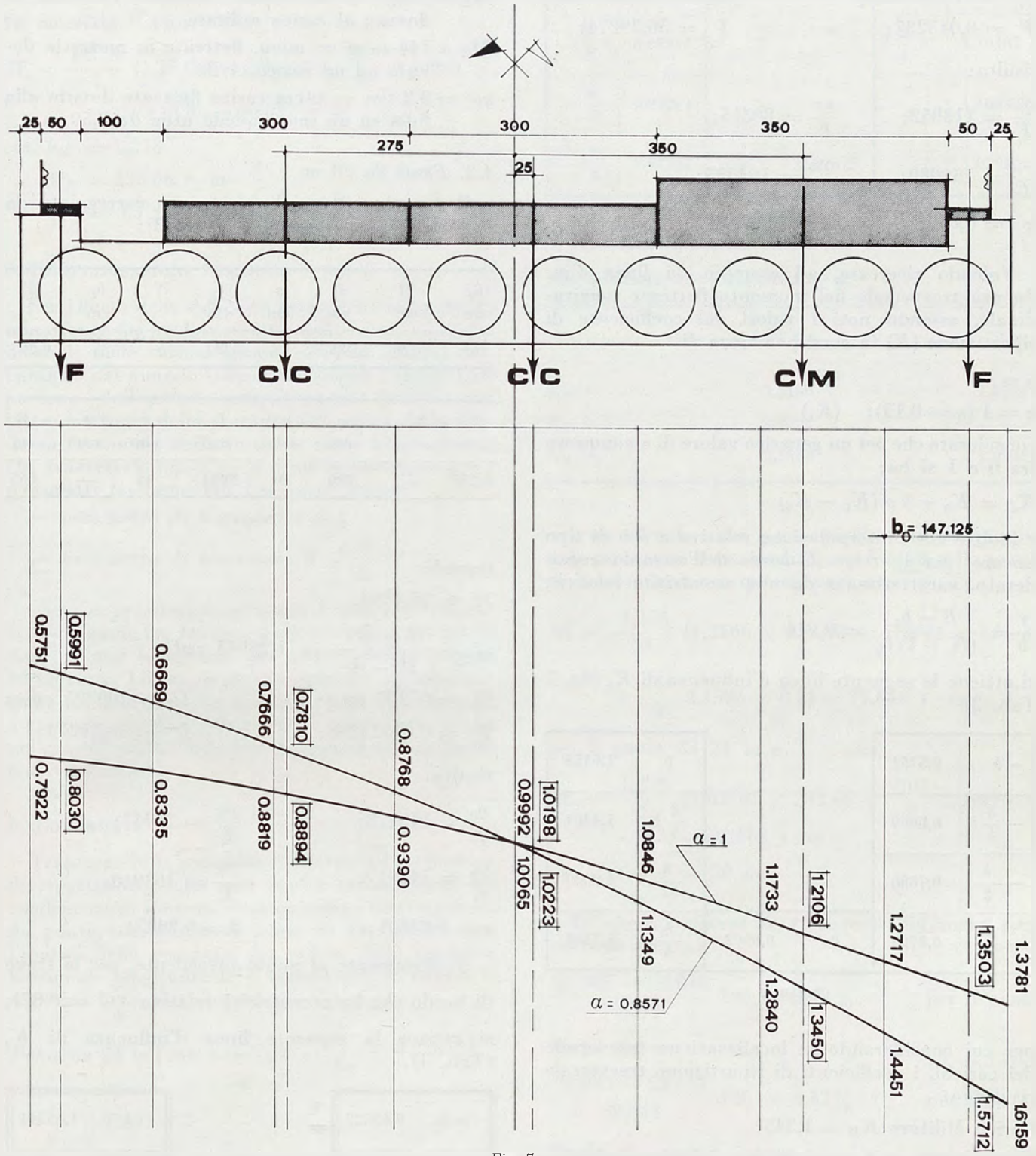

Fig. 7.

essendo:

b_0 cm	H cm	d_1 cm	z cm	b_1 cm	N	b_2 cm	β'	β''	β'''	m cm	v cm	L cm	r cm	t cm	B cm
107	120	90	15	17	10	25	0,293	0,249	0,286	75	30	2476	68	20	1103

Tabella 1

da $3f = 21{,}4393$;

$$\text{artg}\,\frac{H + d_1}{\sqrt{H^2 - d_1^2}} = 1{,}20943 \text{ rad};$$

$\Omega_p = 113190$ cmq; $\Omega_E = 252840$ cmq;

$\Psi = 0{,}015237$; $I = 56{,}39274$;

risulta:

$\frac{\varrho_p}{E} = 113852$; $\frac{\varrho_E}{E} = 80315$;

$\frac{\gamma_p}{G} = 150080$; $\frac{\gamma_E}{G} = 164755$;

$\alpha = 0{,}857$; $\vartheta = 0{,}268$.

Volendo ricercare, ad esempio, la linea d'influenza trasversale del momento flettente longitudinale, essendo noti i valori del coefficiente di ripartizione (K) in corrispondenza di

$\alpha = 0$; (K_0)

$\alpha = 1$ $(\eta = 0{,}15)$; (K_1)

considerato che per un generico valore di α compreso fra 0 e 1 si ha:

$$K_\alpha = K_0 + \sqrt{\alpha}\,(K_1 - K_0)$$

e inoltre che l'interpolazione relativa a ϑ è di tipo lineare, per la *trave di bordo* dell'esempio considerato, caratterizzata da una *eccentricità relativa*:

$$\frac{y}{b} = \frac{B - b_2}{(N+1)\,b_0} = 0{,}916$$

si ottiene la seguente linea d'influenza di K_α (fig. 7 Tab. 2)

$-b$	0,5751			b	1,6159
$-\frac{3}{4}b$	0,6669			$\frac{3}{4}b$	1,4451
$-\frac{b}{2}$	0,7666			$\frac{b}{2}$	1,2840
$-\frac{b}{4}$	0,8768	0	0,9992	$\frac{b}{4}$	1,1349

Tabella 2

per cui considerando la localizzazione trasversale dei carichi, i coefficienti di ripartizione trasversale risultano:

Carico Militare $K_M = 1{,}345$

Carico Civile $K_C = 1{,}0223 + 0{,}7810 = 1{,}8033$

Folla $K_F = 1{,}5712 + 0{,}5991 = 2{,}1703$

In mezzeria

$$M_a = \frac{1{,}255}{11}\,(1{,}345 \times 310{,}93 + 1{,}8033 \times 144 + \frac{24^2}{8}\,2{,}1703 \times 0{,}2) = 80{,}905\ tm$$

è il momento flettente longitudinale dovuto ai sovraccarichi accidentali con una luce di calcolo di 24 m, a cui corrispondono:

K_d = coefficiente dinamico = 1,255

M_M = 310,93 $t \cdot m$ = mom. flettente in mezzeria dovuto al carico militare

M_C = 144 $t \cdot m$ = mom. flettente in mezzeria dovuto ad un carico civile

q_F = 0,2 t/m = sovraccarico flettente dovuto alla folla su un marciapiede utile da 0,50 m.

4.2. *Ponte da 20 m*

Per un impalcato da ponte con carreggiata da 6,00 m e caratterizzato da (Tab. 3):

b_0 cm	H cm	d_1 cm	z cm	b_1 cm	N	b_2 cm	β'
105	120	90	15	15	6	25	0,297

β''	β'''	m cm	v cm	L_i cm	r cm	t cm	B cm
0,270	—	100	30	2044	45	—	665

Tabella 3

essendo:

$3f = 21{,}4393$;

$$\text{artg}\,\frac{H + d_1}{\sqrt{H^2 - d_1^2}} = 1{,}20943 \text{ rad};$$

$\Omega_p = 67200$ cmq; $\Omega_E = 209895$ cmq;

$\Psi = 0{,}01523738$; $I = 56{,}39274$;

risulta:

$\frac{\varrho_p}{E} = 113278$; $\frac{\varrho_E}{E} = 79847$;

$\frac{\gamma_p}{G} = 141917$; $\frac{\gamma_E}{E} = 163940$;

$\alpha = 0{,}84001$; $\vartheta = 0{,}20054$.

Analogamente al punto precedente, per la trave di bordo che ha eccentricità relativa $\frac{y}{b} = 0{,}871$, si ottiene la seguente linea d'influenza di K_α (Tab. 4):

$-b$	0,65522			b	1,45544
$\frac{3}{4}-b$	0,73720			$\frac{3}{4}b$	1,33751
$-\frac{b}{2}$	0,82344			$\frac{b}{2}$	1,22372
$-\frac{b}{4}$	0,91481	0	1,01192	$\frac{b}{4}$	1,11493

Tabella 4

che permette di ricavare i seguenti coefficienti di ripartizione trasversale:

Carico Militare $K_M = 1{,}15415$
Folla $K_F = 1{,}41693 + 0{,}68199 = 2{,}09892$

In mezzeria risulta:

$$M_a = \frac{1{,}278}{7}(1{,}15415 \times 238{,}66 + \frac{20^2}{8} 2{,}09892 \times \times 0{,}3) = 56{,}037\ t \cdot m$$

con $K_d = 1{,}278$
$M_M = 238{,}66\ t \cdot m$
$q_F = 0{,}3$ t/m (marciapiede utile da 0,75 m).

5. Semplificazioni pratiche

Per effetto delle difficoltà intrinsiche nella determinazione dei valori esatti delle caratteristiche inerziali delle sezioni geometriche in studio, nell'ambito del metodo Guyon-Massonnet i progettisti partono dall'ipotesi semplificatrice (valida per lastre isotrope) della costanza del valore della rigidezza flessionale unitaria sia in senso longitudinale che trasversale ($\varrho_P = \varrho_E = \varrho$) ed individuano per i parametri fondamentali i seguenti valori:

— parametro di torsione: $\alpha = 1$

— parametro di trasverso: $\vartheta = \frac{b}{L_c}$.

Altra approssimazione usata è quella di trascurare il legame tra tensioni e deformazioni del materiale su assi ortogonali per effetto dell'ortrotopia costruttiva. Ciò equivale con qualche approssimazione ad utilizzare un coefficiente di Poisson pari a zero. Tale ipotesi non risponde alla realtà se non nel caso di sezioni eterogenee aperte e non collegate trasversalmente.

6. Confronti

Trascurando la variazione indotta nei coefficienti di ripartizione dalla non esatta introduzione del coefficiente di Poisson, riesaminiamo i due impalcati da ponte considerati al punto 4. Per effetto dell'ipotesi della costanza del valore delle rigidezze flessionali longitudinali e trasversali, si hanno le seguenti linee di influenza di K_α:

Ponte da 24 m $\left(\text{con } \alpha = 1;\ \vartheta = \frac{b}{L_c} = 0{,}22635\right)$

$-b$	0,7922			b	1,3781
$-\frac{3}{4}b$	0,8335			$\frac{3}{4}b$	1,2717
$-\frac{b}{2}$	0,8819			$\frac{b}{2}$	1,1733
$-\frac{b}{4}$	0,9390	0	1,0065	$\frac{b}{4}$	1,0846

Tabella 5 (vedi fig. 7)

Ponte da 20 m $\left(\text{con } \alpha = 1;\ \vartheta = \frac{b}{L_c} = 0{,}18375\right)$

$-b$	0,88675			b	1,21720
$-\frac{3}{4}b$	0,91291			$\frac{3}{4}b$	1,16107
$-\frac{b}{2}$	0,94284			$\frac{b}{2}$	1,10848
$-\frac{b}{4}$	0,97711	0	1,01615	$\frac{b}{4}$	1,05999

Tabella 6

che portano rispettivamente a:

	24 m	20 m
$K_M =$	1,2106	1,07747
$K_C =$	1,9092	—
$K_F =$	2,1533	2,09416

I nuovi valori del momento flettente longitudinale dovuto ai sovraccarichi accidentali sulla trave di bordo risultano quindi pari a:

$$M_a = \frac{1{,}255}{11}(1{,}2106 \times 310{,}93 + 1{,}9092 \times 144 + + \frac{24^2}{8} 2{,}1533 \times 0{,}2) = 77{,}849\ t \cdot m$$

per il ponte da 24 m e

$$M_a = \frac{1{,}278}{7}(1{,}07747 \times 238{,}66 + \frac{20^2}{8} 2{,}09416 \times \times 0{,}3) = 52{,}683\ \text{t} \cdot \text{m}$$

per il ponte da 20 m.

In corrispondenza si ottengono differenze percentuali pari a:

$\frac{80{,}905 - 77{,}849}{77{,}849} 100 = 3{,}93\%$ per il ponte da 24 m, e

$\frac{56{,}037 - 52{,}683}{52{,}683} 100 = 6{,}37\%$ per il ponte da 20 m.

La prima è da ritenere *significativa*, la seconda *altamente significativa* ($> 5\%$).

7. Ripartizione trasversale e metodo Guyon-Massonnet

L'entità della ripartizione trasversale dei sovraccarichi sulle strutture piane e omogenee dipende

dall'efficacia della collaborazione fra gli elementi portanti principali nel senso che l'interazione tra essi è tanto più efficace quanto migliore è il collegamento trasversale o quanto più piccola è la percentuale di carico sopportata dall'elemento principale caricato direttamente.

Nel caso delle lastre ortotrope, premesso che l'ortotropia non è riferita ai materiali ma piuttosto alla forma, va detto che le differenti soluzioni pratiche evidenziano soltanto un diverso modo di calcolare le equazioni fondamentali.

L'indirizzo prevalente degli studiosi si è rivolto verso una soluzione finale che permetta agli ingegneri strutturali di superare l'inconveniente di applicare complicate funzioni iperboliche ed esponenziali, disponendo invece di *coefficienti di ripartizione trasversali* calcolati sulla base di ipotesi semplificatrici e possibilmente tabellati con conseguenti vantaggi di rapidità, chiarezza e facilità di controllo.

I primi ad affrontare e risolvere tali problemi sono stati Faltus, Leonhardt e V. Dasek che però nei loro studi hanno fatto completa astrazione della resistenza a torsione delle travi principali, ipotesi sufficientemente valida nel caso di travi metalliche (non a cassone) e senza soletta.

Tale ipotesi però non è apparsa giustificata confrontando il comportamento reale delle strutture realizzate con travi in c. a. e in c. a. p. in cui la non trascurabile resistenza a torsione gioca un ruolo molto importante.

In seguito con Huber, si è passati dallo studio dei metodi degli sforzi o delle deformazioni a quelli che utilizzano l'assimilazione a lastre ortotrope, per le quali Cornelius ha fornito una soluzione valida e applicabile nella pratica risolvendo l'equazione biarmonica (alle derivate parziali) che è alla base del problema.

Ma solo Guyon e Massonnet hanno permesso di poter completamente utilizzare i vantaggi del metodo dei coefficienti di ripartizione e l'esattezza di quello delle piastre ortotrope rivelando rispettivamente il primo (6) la possibilità di calcolare le lastre a debole rigidezza torsionale, comunque caricate, col metodo dei coefficienti di ripartizione e il secondo la possibilità di introdurre nel calcolo l'effetto torsionale (7).

Le ipotesi fondamentali introdotte dal Massonnet per semplificare i metodi generali sono due:

1) Il ponte reale è sostituito da una struttura continua tipo lastra ortotropa, avente gli stessi valori medi delle rigidezze flessionale e torsionale, oltre che la possibilità di essere analizzata col calcolo differenziale;

(6) Guyon, *Calcul des ponts larges à poutres moultiples solidarisées par des entretoises*, APC, n. 9-10, Paris, 1946.

(7) Massonnet, *Compléments à la méthode de calcul des ponts à poutres moultiples*, AITBTP, n. 5, Buxelles, 1954.

2) per l'analisi della ripartizione trasversale reale dei sovraccarichi, il carico lungo l'asse longitudinale del ponte è assimilato a una distribuzione di tipo sinusoidale.

Tale ipotesi è giustificata dal fatto che i momenti flettenti massimi si ottengono concentrando i carichi massimi verso il centro della campata, cosicchè sovrapponendo l'effetto del carico uniforme dovuto al peso proprio si può ragionevolmente assimilare tutta la distribuzione a una di tipo sinusoidale.

Per verificare l'esattezza del metodo e definire l'entità dell'errore che si commette sostituendo:

— un numero finito di travi con un irrigidimento elastico longitudinale ripartito con continuità su tutta la larghezza del ponte;

— un numero finito di trasversi con un irrigidimento elastico trasversale ripartito con continuità su tutta la luce del ponte; considerando che in pratica alla larghezza reale (interesse fra le travi di bordo pari a $N \cdot b_0$) si sostituisce la *larghezza attiva* della lastra pari a $(N + 1)\, b_0$ risulta che si ha la

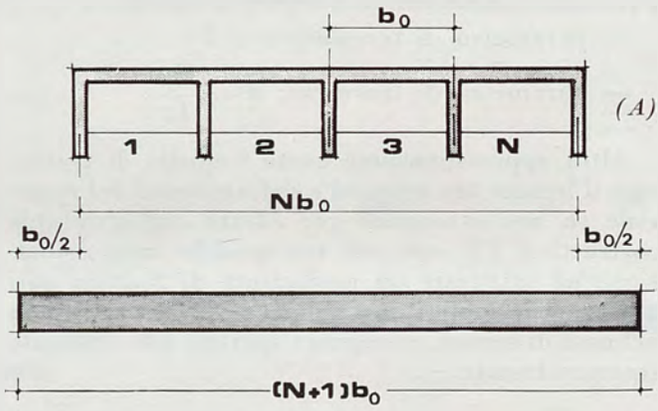

Fig. 8.

stessa deformazione sia nel caso di trave su numero variabile di appoggi elastici (A) come nel caso di trave su fondazione elastica (B), purchè il trasverso e la fondazione elastica siano prolungati di $b_0/2$ su ciascun lato.

Analogamente, per l'approssimazione relativa ai trasversi, si è visto che gli errori che si commettono per la determinazione del coefficiente di ripartizione trasversale sono pari all'1,4% quando vi sia un solo trasverso centrale e che si riducono notevolmente coll'aumentare del loro numero.

E ciò vale sia per le strutture aventi rigidezza torsionale come per quelle senza rigidezza torsionale.

C. Castiglia - F. A. Santagata

Direttore responsabile: **GUIDO BONICELLI** Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - CORSO SIRACUSA, 37 - TORINO