

**D**E spoorwegadministraties beijveren zich om hun klanten meer comfort te verschaffen, en op dat gebied hebben zij in de loop der laatste jaren een aanzienlijke vooruitgang geboekt. Ondanks de verhoging van de rijnsnelheid zijn de technici erin geslaagd de loopkwaliteiten van de voertuigen te verbeteren. De afmetingen van de afdelingen, de versiering van de wanden, de verfraaiing van de zittingen, de verlichting dragen ertoe bij om het gevoel van comfort te scheppen. Dat gevoel kan evenwel aanzienlijk worden verminderd indien de lucht van het rijtuig ongenietbaar is, te koud of te warm, en indien geluiden die in de afdelingen binnendringen de reizigers storen en hen beletten elkaar te verstaan zonder hun stem te verheffen. De voertuigen moeten dus geluidvrij worden gemaakt en worden voorzien van een stelsel dat hun een optimale sfeer bezorgt. Nu is het zo dat de meeste schikkingen die getroffen worden voor de akoestische isolatie eveneens tot de thermische isolatie van de rijtuigen bijdragen. Daarom zullen wij hier over deze dubbele isolatie handelen wel wetende dat de thermische isolatie slechts een aanvulling is van de verwarmings- en verluchtinstelsels en, in sommige treinen, van dat van de luchtverzorging.

## Belang van de thermische isolatie.

Op thermisch gebied waren er door verschillende administraties reeds tal van proefnemingen op touw gezet toen, in 1959, de U.I.C. besloot een proefstation te bouwen, te Wenen, speciaal uitgerust om het warmteverlies in de rijtuigen te meten. Met die installatie kunnen statische en dynamische proefnemingen worden uitgevoerd, d.w.z. proefnemingen bij stilstand, met regelbare buitentemperaturen tussen  $-40^{\circ}\text{C}$  en  $+50^{\circ}\text{C}$  enerzijds, en, dank zij een kunstmatig verwekte luchtstroom, proefnemingen tijdens de rit, anderzijds; voor een snelheid van 120 km./u. kan de buitentemperatuur schommelen tussen  $-15^{\circ}\text{C}$  en  $+50^{\circ}\text{C}$ ; voor lagere snelheden, kan de temperatuur tot  $-40^{\circ}\text{C}$  dalen.

De proefnemingen die werden uitgevoerd met recente voertuigen hebben het mogelijk gemaakt de belangrijkheid te bepalen van de warmteverliezen alsmede de factoren die deze verliezen beïnvloeden.

Men heeft vastgesteld :

- dat de hoeveelheid warmte die langs de buitenwanden van een degelijk geïsoleerd voertuig verloren gaat, slechts lichtjes toeneemt door de verhoging van de snelheid, terwijl de hoeveelheid warmte die ontsnapt langs de ventilatie-openingen en langs de dichtheidsgebreken gevoelig verhoogt met de snelheid;
- dat, bijgevolg, het totale warmteverlies in sommige gevallen het dubbele kan bedragen vanaf 80 km./u. en dat het vereiste energieverbruik om binnen het rijtuig een behoorlijke temperatuur te handhaven, in dezelfde mate zal stijgen.

Men leidt daaruit af dat het niet voldoende is de voertuigen te voorzien van goed geïsoleerde wanden, maar dat zij, bovendien, eveneens zo goed mogelijk moeten worden dichtgemaakt.

## Belang van de akoestische isolatie.

Men heeft getracht het geluid te bestrijden aan de bron zelf, d.w.z. in de trillingen, veroorzaakt door het contact van de stalen wielband met de spoorstaaf en in de trillingen van de wielen zelf. Er schijnt, helaas, geen enkel middel te bestaan dat, tegelijk, afdoend en economisch is om dat euvel te verhelpen. Wij moeten ons dan ook er op toelekken om zoveel mogelijk de geluidsenergie te dempen die de voertuigen binnendringt. Om dat probleem op te lossen dienen wij te weten hoe dat binnendringen zich voordoet.

De vervormingen van het spoor en van het wiel veroorzaken geluidstrillingen die zich voortplanten in de lucht die heel de kast van het voertuig omgeeft. De belangrijkste bevinden zich in de nabijheid van de geluidsbron, d.w.z. onder de vloer (Fig. 1).

De trillingen worden eveneens overgebracht vanaf het wiel, doorheen de bogie, op het freem en de kast van het rijtuig, en dat zowel in het raamwerk als in de bekledingsplaten.

De geluidstrillingen die de kast omgeven voegen zich bij de trillingen die langs het metaal worden voortgeplant, en de kast zelf begint dus te trillen onder de gecombineerde inwerking van die twee overplantingswijzen. Daardoor vangt de binnenbekleding, die natuurlijk op het

raamwerk vastgemaakt is, de samengevoegde trillingen op en deelt ze uiteindelijk mee aan de binnenzijde der afdelingen.

De uitwendige geluidstrillingen kunnen eveneens binnen in de voertuigen dringen langs allerhande dichtheidsgebreken, zoals die van de vensters, de deuren, de ventilatietoestellen, de openingen van de leidingen.

Er moet, ten slotte, ook gedacht worden aan al de geluidsbronnen die zich in het voertuig zelf bevinden.

Het zijn al de organen die, onder inwerking van de schommelingen van de loop, kunnen beginnen te trillen of in hun stutten te bewegen (remhangwerk, schuifdeuren, metalen belegsels, enz.).

## Uitvoering van de isolatie.

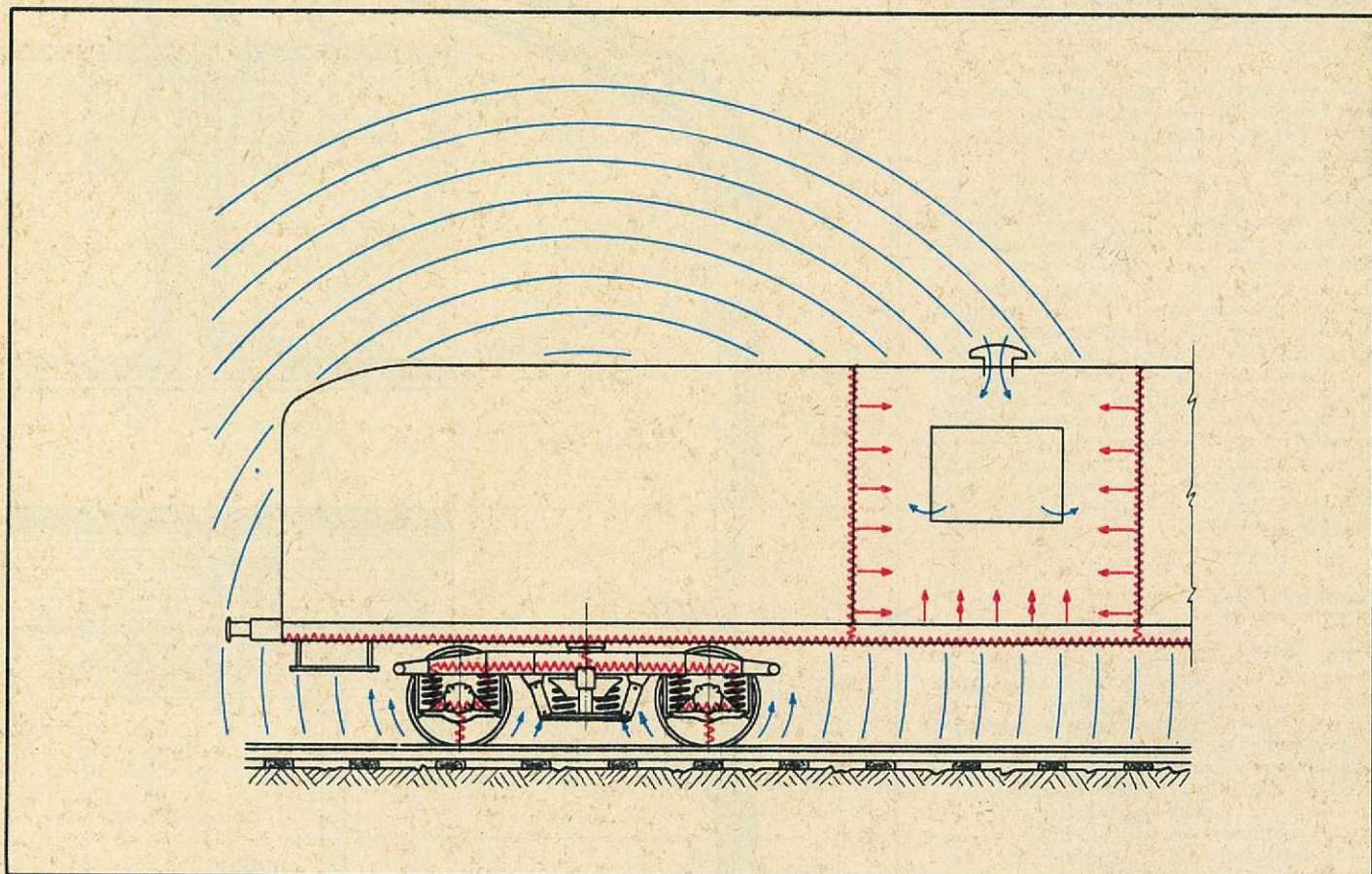
Hoe moet, in die omstandigheden, de thermische en akoestische isolatie van de voertuigen worden opgevat?

In calorisch opzicht, is het voldoende isolerende materialen aan te brengen op de buitenwanden, zoveel mogelijk thermische bruggen te vermijden en de openingen op te vullen. Sommige hiervan, o.m. die van de ventilatietoestellen, mogen niet volledig worden dichtgemaakt, en men moet de verliezen die hieruit voortvloeien goedschiks of kwaadschiks aanvaarden; dit zal een verhoging van de energie voor de verwarming noodzakelijk maken.

Voor de akoestiek ligt het probleem anders. De kleinste openingen kunnen voor de isolatie ware vijanden worden. Die welke men niet kan uitschakelen moeten zo geconditioneerd worden dat de indringing van het geluid in elk geval beperkt wordt, b.v. door het aanbrengen van keerschotten. Hoe dan ook, toch zullen sommige elementen van de kast, zoals de vensterramen en de deuren een bepaald geluidsvermogen doorlaten; het globale akoestische niveau zal dus nooit lager kunnen worden gebracht dan dat wat onafscheidelijk verbonden is met die onvermijdelijke onvolmaaktheden.

De geluidsisolatie wordt verkregen door twee soorten van maatregelen: onderbrekingen in de continuïteit van de metalen verbindingen enerzijds, en schermen van isolerende materialen waarmee men de wanden en de vloer bekleeft, anderzijds.

# DE SPOORRIJTUIGEN



ZO WORDEN DE GELUIDSTRILLINGEN OVERGEBRACHT (fig. 1).

## Onderbrekingen in de verbindingen.

Om de overbrenging der metaaltrillingen te keer te gaan, worden er elastische steunen tussengevoegd. Zo worden er gewoonlijk rubberen dempkussens voorzien aan de verbindingen der verschillende organen van de bogies en aan de steunstukken van de kast. In de kast zelf worden rubberen of kurken steunen geplaatst op alle bevestigingspunten van de binnenbekleding, zowel voor de wanden en de vloeren als voor de zittingen en de schotten (Fig. 2). In de meeste gevallen moeten er evenwel tamelijk strakke verbindingen worden gerealiseerd, wat de doelmatigheid van die tussenstukken beperkt.

Daar de overbrenging der metaaltrillingen op de elementen van de binnen-

bekleding niet volledig kan worden vermeden, moeten de metaaltrillingen zelf zoveel mogelijk worden beperkt. Dit is de rol van de trillingdempende produkten, die een gedeelte van de trillingenergie door de inwendige wrijving van hun deeltjes opslorpen. Die produkten bevatten gewoonlijk anorganische stoffen, of soms kurk, gewikkeld in een bindmiddel op basis van kunstharz, rubber of bitumen. Onder de anorganische stoffen is het vermiculiet een van de meest gebruikte. De harsen zijn gewoonlijk vinyl- of acrylderivaten.

Al die trillingdempende materialen worden gewoonlijk op de staalplaten en de elementen van het geraamte gespoten in lagen die vrijwel alle dezelfde dikte hebben. Hun uitwerking is dus merkkelijk belangrijker op de staalplaten dan op de gewalste elementen.

De trillingdempende materialen bezitten ook steeds een bepaald opslorpinas-

vermogen ten opzichte van de trillingen die door de lucht worden overgeplant. Ze kunnen zelfs gedeeltelijk instaan voor de thermische isolatie.

## Schermen.

De geluidstrillingen van de lucht moeten worden opgeslorpt door schermen van vezelachtige of poreuze stoffen, zoals glaswol wordt het meest gebruikt en wel agglomeraten of kunstharsschuim. Glaswol wordt het meest gebruikt en wel omdat ze licht is en een zeer gering warmtegeleidingsvermogen bezit. Om dit produkt een optimale deugdelijkheid en meer elasticiteit te bezorgen kiest men de extrafijne gebakeliseerde variëteit met lange vezels (doormeter 2 micron, lengte 20 tot 50 cm.). Men beperkt zich

gewoonlijk tot dichtheden begrepen tussen 8 en 50 kg./m<sup>3</sup>.

Op thermisch gebied is de lucht zelf een uitstekend isolatiemiddel op voorwaarde dat zij voorkomt in dunne lagen waarin geen enkele convectiestroom kan ontstaan. Alle poreuze of vezelachtige stoffen kunnen dus goede thermische isolatiemiddelen zijn. Dat is namelijk het geval voor de glaswol. Andere stoffen zoals asbestvezels, korrelkurk die samengebonden is met een aangepast middel en synthetisch schuim, vertonen goede thermische eigenschappen, gekoppeld aan belangwekkende kwaliteiten op het stuk van de akoestische isolatie.

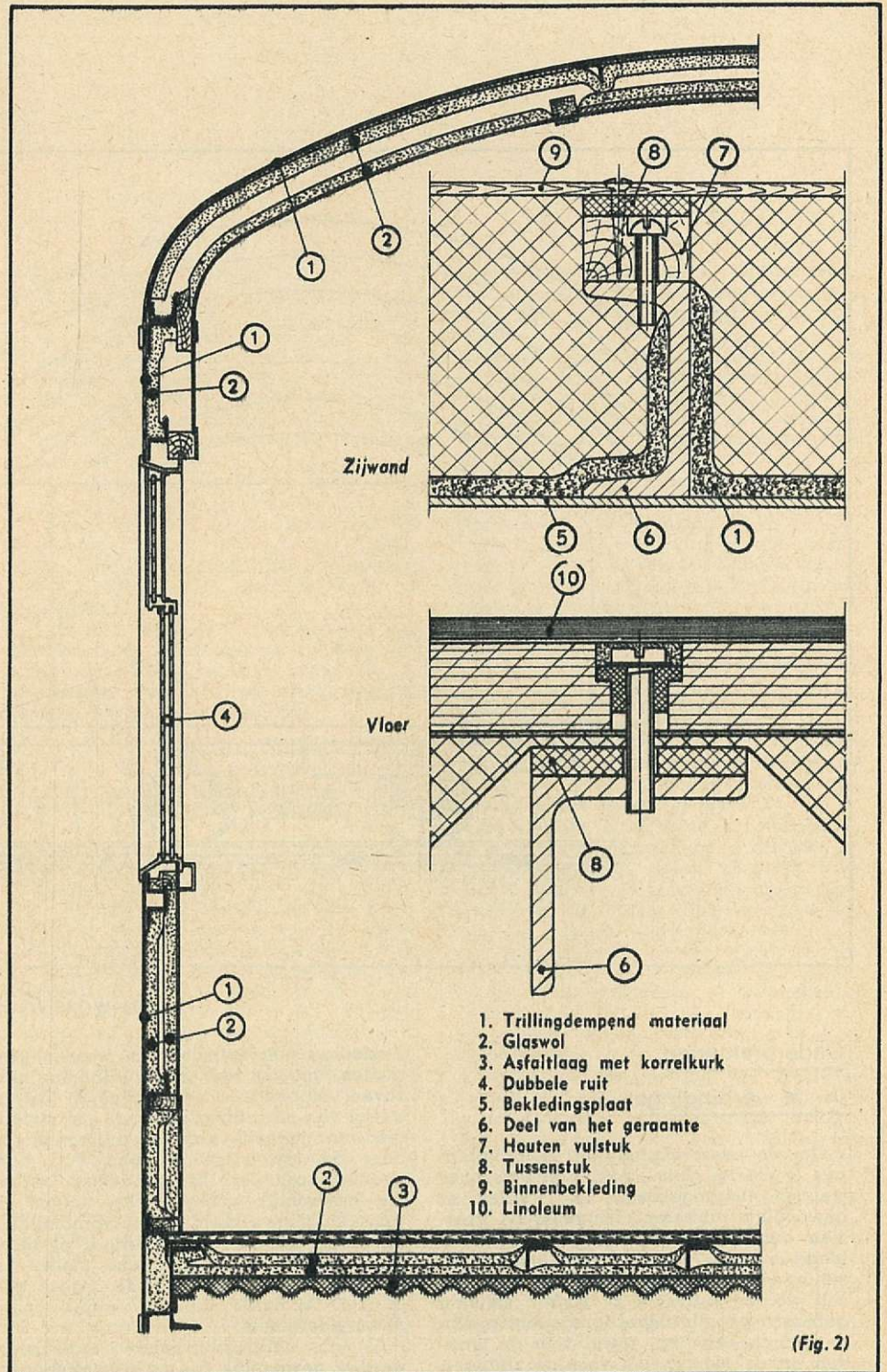
In wat voorafgaat werd reeds gewag gemaakt van het belangrijke aandeel der vensters bij het verlies aan warmte en bij het binnendringen van het geluid. Het is dus ten zeerste geraden dubbele glasramen te gebruiken waarvan de schermen die gebreken in aanzienlijke mate verminderen. De ramen moeten bovendien derwijze worden gebouwd dat hun openschuivend gedeelte niet glijdt in een in de wand van het rijtuig aangebrachte opening, want de isolatiemogelijkheden van die wand worden aldus naar evenredigheid vermindert.

Andere maatregelen kunnen eveneens een overwegende invloed hebben. Het is dus niet voldoende de isoleringen zo goed mogelijk aan te brengen om een doeltreffende thermische en akoestische isolatie te bekomen, men moet er tevens zorg voor dragen dat de hele bouw behoorlijk opgevat is.

### Samenvatting.

Het programma van de te realiseren thermische en akoestische isolatie kan als volgt worden samengevat :

1. Vanaf het wiel tot aan de kast de rechtstreekse overbrenging van de trillingen verzachten door overal waar zulks mogelijk is elastische dempings-elementen tussen te plaatsen ;
2. Het geraamte en de staalplaten van de kast met een trillingdempend produkt bedekken ;
3. Daarop een laag aanbrengen van een stof die in akoestisch opzicht absorberend en in thermisch opzicht isolerend werkt. Indien het trillingdempend produkt in die twee opzichten reeds een merkbaar resultaat oplevert, mag die laag worden verminderd en zelfs, in minder belangrijke gevallen, achterwege worden gelaten ;
4. Een tweede opslorplingslaag plaatsen tegen de binnenbekleding ;
5. De thermische en akoestische bruggen vermijden : houten vulstukken of, beter nog, aangepaste tussenstukken plaatsen over de hele lengte van de steunen der binnenbekleding en zorg dragen voor de volmaakte continuïteit van al de isolerende lagen ;
6. De inwendige stoffering afmaken met opslorpemde bekledingen (tapijten op de vloer, fluweel op de zitbanken, enz.) ;
7. Zorg dragen voor de goede dichtheid van deuren en vensters ; indien nodig, keerplaten aanbrengen aan de openingen die volstrekt noodzakelijk zijn ;



De trilling van een vast lichaam brengt de omringende luchtlagen eveneens in trilling. Aldus ontstaan drukgolven die zich in de atmosfeer voortplanten. Wanneer ze het oor bereiken, beïnvloeden ze het trommelvlies; wat aldus wordt waargenomen noemt men een toon of een geluid.

De geluidsgewaarwording varieert volgens de frequentie en de energie van de drukgolf. Het is gemakkelijk de frequentie te meten: ze wordt uitgedrukt door het aantal trillingen per seconde, d.i. in Hertz (Hz). De energie van de geluidsgolf kan op verschillende wijzen gemeten worden, b.v. door de meting van de druk die ze teweegbrengt per oppervlakte-eenheid. Maar dergelijke metingen hebben geen rechtstreeks verband met de werkelijke geluidsgewaarwording. Het is om die reden dat de decibel uitgedacht werd, die het geluidsdruk-niveau bepaalt t.o.v. een referentiegeluid (het zwakste dat nog hoorbaar is) door een logaritmische verhouding.

Daar de geluidsgewaarwording zowel van de frequentie als van het geluidsdruk-niveau afhangt, kunnen twee verschillende tonen dezelfde gewaarwording veroorzaken. Aldus geeft een toon van 100 Hz en 68 dB dezelfde gewaarwording als een toon van 1.000 Hz en 50 dB. Het is dus noodzakelijk het geluidsniveau van twee tonen rechtstreeks te kunnen vergelijken door middel van een zelfde referentie: die referentie is de meting in foon die het geluidsniveau uitdrukt dat de toon zou moeten hebben bij de frequentie van 1.000 Hz om dezelfde gewaarwording te veroorzaken. Aldus hebben de beide hierboven vermelde tonen dezelfde geluidskracht van 50 foon.

Een dergelijke meting biedt evenwel nog een nadeel: ze is niet evenredig aan de gewaarwording. Men komt tenslotte aan een subjectieve mateenheid die zeer nauw overeenkomt met de werkelijke fysiologische gewaarwording: de soon. In deze meetschaal, zijn de waarden van luidheid rechtstreeks evenredig aan de fysiologische gewaarwordingen; aldus is een geluid van 64 soon werkelijk tweemaal heviger dan een geluid van 32 soon.

De onderstaande tabel geeft de overeenstemming tussen de foon- en soonschalen en geeft eveneens het niveau van sommige zeer vertrouwde geluiden.

In het rechtergedeelte van die tabel ziet men dat het geluidsniveau van het gerucht dat ontstaat in de bogie de pijnlijke grens, d.i. 256 soon, kan benaderen.

	Soon	Foon	
Straalvliegtuig . . . . .	512	130	
PIJNLIJKE GRENS . . . . .	256	120	Bogie
Renwagens . . . . .	128	110	Voorbijrijden van een exprestrein
Ketelmakerij . . . . .	64	100	
Symfonisch orkest . . . . .	32	90	
Stadsverkeer . . . . .	16	80	Reizigersafdelingen
	8	70	
	4	60	
	2	50	
Normaal spoor . . . . .	1	40	
Rustige flat . . . . .	0,5	30	
Studio radio-uitzending . . . . .	0,25	20	
Gefluister . . . . .		10	
HOORBAARHEIDSGRENS . . . . .		0	

3 tot 6 mm.). Vervolgens wordt, zonder onderbreking, op heel de buitenbekleding een laag geplakt van extrafijne gebakeliseerde glaswol. Eventueel wordt er onder de vloer een laag aangebracht die dubbel zo dik is. De vulstukken die dienen om de binnenbekleding vast te hechten, worden bezet met rubberen of geplastificeerde kurkplaten. Alvorens de binnenbekleding (vloer, zijwanden en dakwanden) te plaatsen, bedekt men ze op de achterzijde met een nieuwe laag glaswol. Deze wordt derwijze aangebracht dat, na het plaatsen der bekleding, de laag geen enkele onderbreking vertoont; die laag wordt zelfs vastgeklemd tussen de bekleding en haar steunen. De hechtsels van de bekleding, zitbanken en andere onderdelen van de binneninrichting worden bovendien zo gerecliseerd dat de metalen bruggen tussen het geraamte en de binnenbekleding zoveel mogelijk worden vermeden. De foto toont een dergelijke realisatie waarmee men in de afdelingen een geluidsniveau kan bekomen van minder dan 6 soon (65 foon), d.w.z. ongeveer een veertigste van het geluid in de bogie.

In de elektrische tweewagenmotorrijtuigen type 1962 van de N.M.B.S. kon het geluidsniveau zelfs worden verminderd tot 2,6 soon (54 foon) in de afdelingen 1<sup>ste</sup> klasse, d.w.z., in onderhavig geval, tot een zestigste van het geluid in de bogie.

Proefnemingen in verband met de thermische isolatie hebben uitgewezen dat, ten opzichte van oudere rijtuigen die onvoldoende of slecht geïsoleerd zijn, het verbruik van verwarmingsenergie met ongeveer een derde kan worden verminderd.

Dergelijke resultaten, samen met de verbeteringen aangebracht aan het verwarmingsstelsel, de verlichting, enz., veroorloven ons te bevestigen dat het reizigersmaterieel dat in de loop der laatste jaren door de N.M.B.S. werd gebouwd, tot het beste van de Europese netten mag worden gerekend.

W. van RIJN,  
eerste ingenieur.

- De metalen buisleidingen die doorheen de kast lopen bekleden en isoleren;
- Al de organen die trillingen kunnen overbrengen, elastisch ophangen (ventilatoren, compressoren, enz.).

### Bij de N.M.B.S.

Gelet op dat programma, wordt de isolatie van de kast der reizigersrijtuigen van de N.M.B.S. thans gerealiseerd volgens het prinsipeschema hiernaast. De gegolde plaat onder de vloer is bedekt met een dikke laag korrelkurk (of eventueel een ander produkt), samengebonden met een asfaltprodukt. Na een beschermende verlaag krijgen de kast en de staalplaten een laag van een trillingdempend produkt waarvan de dikte wordt bepaald overeenkomstig de kenmerken die dat produkt vertoont (gewoonlijk

