

Prof. J. Boulvin, scheepsbouwkundig en  
werktuigkundig ingenieur  
(1855 - 1920)

door Prof. Ir. G. AERTSSEN

Gewoon Hoogleraar Emeritus bij de Universiteit te Gent

*10 februari 1970*

Vijftig jaar geleden overleed Prof. Jules Boulvin die in dit land een zeer merkwaardige plaats heeft ingenomen in de scheepsbouw, en in het bijzonder in de werktuigkunde.

Boulvin heeft aan de Universiteit te Gent zowat 40 jaar de machines gedoceerd en in die 40 jaar zijn er 15 waar hij bovendien nog de scheepsmachines en de scheepsvoortstuwing doceerde. Hij geeft zes lessen per week, ziet de ontwerpen na van zijn talrijke studenten en heeft de zorg van een laboratorium. Maar de opdracht van een hoogleraar is tweërlei: in de eerste plaats geeft hij zijn onderwijs, en in de tweede plaats heeft hij een research zorg, m.a.w. hij staat in voor de vooruitgang van de wetenschap in zijn discipline in eigen land.

Dat de reus die Boulvin heette aan geen van beide opdrachten in gebreke is gebleven zouden we - indien zulks nog nodig ware - met deze bijdrage even willen nagaan.

Het didactisch oeuvre van Boulvin is ongeëvenaard. Zijn cursus over machines is een monument: er wordt altijd gesproken van 8 boekdelen. Dit is niet juist. Dienen bijgevoegd „Machines et Chaudières Marines, 6e Vol., 2e Deel” en „Calcul des Organes de Machines”, zodat zijn cursus in totaal 10 boekdelen omvat, circa 4.000 blz., 3.000 fig. meestal van zijn hand. En het bleef niet bij één druk.

In 1906 wordt te Gent gestart met de afdeling scheepsbouw waar Boulvin de scheepsmachines gaat doceren. Hij heeft zijn cursus klaar „Machines et Chaudières Marines” en bij het uitbreken van de oorlog 1914 - 1918 zou de 2e druk zijn verschenen, ware het niet dat de oorlog zulks onmogelijk maakte. Want Boulvin oordeelt terecht dat een technologische cursus om de tien, zoniet om de vijf jaar, moet worden herschreven.

De voorposten van Boulvin's wetenschappelijk streven vinden we echter in zijn vijftigtal publikaties, want het is hieruit dat hij de stof put voor de achtereenvolgende edities van zijn cursus, nadat ze van tevoren het vuur hebben getrotseerd van discussies op internationaal vlak. Zijn ijver voor research heeft iets hartstochtelijks, voornamelijk in zijn jeugd toen hij bij het Zeewezen is te Antwerpen : in 1883 verschijnen van zijn hand niet minder dan 4 publikaties, waartussen een belangrijke studie van 44 blz. over de schepen van de „Red Star Line” en een beschrijving van het lichtschip „Wandelaar”.

Het is tot die periode van Boulvin's leven dat de scheepsbouwkundige zich het meest aangetrokken voelt. De jonge Boulvin, die in 1876 te Gent zijn diploma heeft behaald, hij is 21 jaar, zou door de grote deur Bruggen en Wegen kunnen binnentreden want hij heeft 89% van de punten en komt uit als eerste. Maar hij houdt van schepen en wordt aangeworven door het Zeewezen dat hem voor twee jaar naar Cherbourg stuurt om er in de Ecole d'Application du Génie Maritime schepen te leren bouwen. Hij komt dan terug naar Antwerpen om er de functie waar te nemen van sous-ingénieur bij Directeur Delcourt. Hij maakt allerhande ontwerpen van kleine schepen, waartussen precies het lichtschip „Wandelaar” en overzetboten voor de dienst Antwerpen Steen - St Anna. Het is ook toen dat hij voor een Antwerps nijveraars een jacht ontwierp waarvoor hem een gouden uurwerk als geschenk te beurt viel.

In 1881 ontvangt hij van de Regering een belangrijke opdracht : hij moet in de States een onderzoek gaan doen over :

- 1° de werking van de pakketboten die omwille van de post door de Belgische Staat worden gesubsidieerd ;
- 2° de toegang tot de havens van New-York en Philadelphia ;
- 3° de inrichtingen voor goederenbehandeling in die havens.

Over sub 1° en 3° zijn we ingelicht door Boulvin's publikatie. Hij beschrijft in detail de schepen van de Red Star Line en zijn relaas geeft goed de atmosfeer weer van deze grote liners met hun 1e en 2e klasse hutten, hun tussendecken voor landverhuizers. Die schepen hebben namen van bij ons : als „Waesland”, terwijl het laatste de „Belgenland” was die in de dertiger jaren voor een paar honderd duizend frank werd verkocht.

Boulvin had graag enkele Belgen ontmoet onder de bemanning want hij klaagt daar over in zijn verslag :

„Tous ces paquebots sont sous pavillon belge ; leurs équipages sont, en général nombreux et bien disciplinés. Nous avons souvent regretté pour notre part que l'élément national n'y fût pas représenté, tout au moins par quelques officiers et mécaniciens, mais à qui en faire le grief ? On ne peut que constater de plus en plus l'abandon des carrières maritimes par nos nationaux, non pas que les rares officiers ou mécaniciens belges soient inférieurs”.

Boulvin onderneemt de reis van New York naar Boston met de raderboot „Massachusetts”, lengte = 347 ft, breedte = 50 ft, diepgang = 13 ft, dus een schip dat de afmetingen heeft van onze huidige mailboten. Hier volgen de afmetingen van de schoepraderen : diameter 40 ft, schoepen, 12 ft breed, wat de afmetingen buiten raderkasten brengt tot 75 ft.

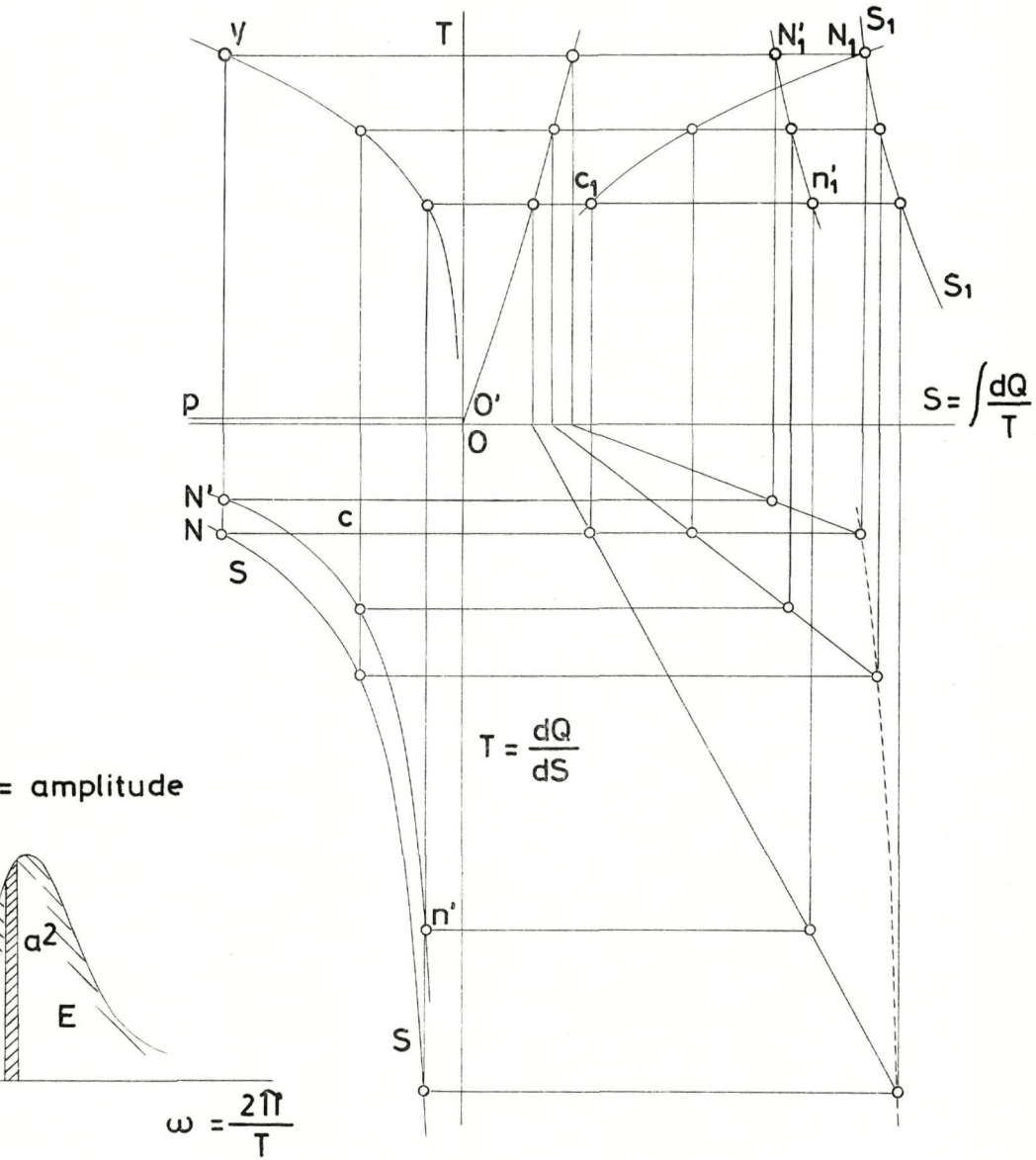
Nog meer belangwekkend zijn de inlichtingen die Boulvin medebrengt over de goederenbehandeling. Hij brengt tekeningen mede van de drijvende graan-elevatoren die in de zeehavens het graan overslaan van lichter in zeeschip. Vergeten we niet dat we in 1881 zijn en te Antwerpen begint men te discussieren over het invoeren van graan-elevatoren in onze haven. De twisten hieromtrent zijn zeer langdurig geweest. Men geraakte er niet over akkoord of de reders ofwel de Stad de graanelevatoren zouden exploiteren. Bedenken we meteen dat ook de buildragers bepaald gekant waren tegen het invoeren van die mecanisatie. In 1910 besliste dan de Stad dat zij zelf de graanelevatoren zou exploiteren. Dat lang aarzelen had dan toch zijn goede zijde. Boulvin's graanelevatoren waren emmergraanelevatoren : een emmerketting bracht het graan vanuit de schuit in een hoge toren, op de ponton van de graanelevatoren gebouwd, van waar het over een schuif in het ruim van het zeeschip werd gestort. Deze toestellen waren zeer hoog en topzwaar en Boulvin getuigt dat ze bij zwaar weder af en toe kapseisden. Misschien heeft deze getuigenis het Antwerps Stadsbestuur ertoe gebracht pneumatische toestellen aan te kopen i.p.v. emmerelevatoren. Toen dan in 1910 het Stadsbestuur de beslissing nam te mecaniseren ging het zeer vlug en na enkele jaren bezat de Stad een vloot van een twintigtal graanzuigers waarvan er nooit één kapseisde.

Maar Boulvin, ingenieur bij het Zeewezen, neemt diagrammen van zijn machines en in 1883 schrijft hij een verhandeling over de toepassing van de compoundmachine voor korte vaarten. Wel werden reeds rond 1843 compoundmachines vervaardigd bij Feyenoord door Roentgen, maar het duurde tot in de zestiger jaren vooraleer de compoundmachine met oppervlakcondensor en 4 atm. stoomdruk werkelijk ingang vond in de koopvaardij. Hiermede werd het kolenverbruik teruggebracht van 1800 tot 1100 g. per ipk - uur. De belangstelling van Boulvin voor machines wordt zo groot dat, toen hem wordt gevraagd colleges te komen geven over dit vak aan de Universiteit te Gent, hij met begeestering aanvaardt terug te keren naar zijn school, maar nu aan de andere zijde van de tafel. Het is hem dan verder verlopen zoals het meestal gaat : eens de voet in de beugel, springt men op het paard. In 1887 wordt Boulvin in disponibiteit gesteld bij het Zeewezen en wordt full-time hoogleraar aan de Universiteit te Gent, niet zonder nochtans nog eens een brandend onderwerp te hebben behandeld i.z. haveninrichtingen : het leegpompen van droogdokken door middel van centrifugaalpompen. Hij schrijft daarover een verhandeling in 1886, op het ogenblik dat de Stad Antwerpen droogdokken aan het

graven gaat. Het zag er toen uit alsof Boulvin haveningenieur wilde worden. Had hij ook niet het jaar daarvoor nog een nota laten verschijnen over de diverse diensten van openbaar nut in de haven van Antwerpen.

Maar 1887 is een keerpunt, Boulvin verhuist naar Gent en gaat daar wortel schieten. Hij wordt belast met de volledige cursus over machines. Op dat onderwijs gaat hij zijn stempel drukken. In 1890 richt hij een nieuwe afdeling in voor de opleiding van werktuigkundige ingenieurs, nadat hij in 1888 in de Annalen van de A.I.G. een nota had gepubliceerd over laboratoria voor machines. Hij heeft *Stevens Institute of Technology* bezocht te Hoboken U.S.A. en er deze laboratoria gezien. Want hij droomt over het oprichten van een laboratorium. Intussen had hij in 1888 een deel van zijn cursus laten drukken, een zeldzaam feit in die jaren op de Universiteit. Nu gaat Boulvin werkelijk kunnen studeren. En hij geeft zich met hart en ziel aan een probleem dat reeds zijn aandacht vroeg toen hij bij het Zeewezen diagrammen trok van zijn stoommachines, namelijk het opzoeken van de warmteverliezen en het bepalen van het rendement van de stoomzuigermachine. Noteren wij dat op het einde van de 19e en het begin van de 20e eeuw Gent de bakermat is geworden van de geperfectioneerde stoommachine. De machines van Phénix, Carels, Van den Kerckhove zijn wereldvermaard geworden, Boulvin gaat geregeld naar de werkhuizen met zijn studenten en hij vindt er de geschikte atmosfeer voor zijn teugelloze drift naar weetgierigheid en research.

In 1872 legde ingenieur Belpaire een nota voor aan de Académie Royale de Belgique waarin hij entropie  $S$  en absolute temperatuur  $T$  aangaf als de veranderlijken die de thermodynamische toestand van een lichaam bepalen. Gebruik makend van die voorstelling tekende Boulvin de cyclus van Rankine van de stoommachine en vond tussen het pv diagram van Clapeyron en het entropiediagram een correlatie die hij onderbracht in vier kwadranten. Het werd dus mogelijk van een gesloten pv diagram dat op een zuigermachine opgenomen wordt, over te gaan naar een gesloten entropiediagram. Ongeacht de buitengewoon grote didactische waarde van het diagram, dat toelaat meteen de invloed van watergehalte en oververhitting, onvolledige expansie, compressie en schadelijke ruimte vast te leggen, verleent de Boulvintransformatie vrij eenvoudig het middel om niet slechts het rendement van de cyclus van Rankine, maar ook het reële rendement te berekenen. De transformatie houdt rekening met de eventuele oververhitting, waarbij dan de constante specifieke warmte  $C$  op constante druk wordt aangenomen, en de compressie waarbij zoals Hirn aanneemt, de stoom als droog wordt beschouwd bij het eind van de uitlaat, terwijl dan de specifieke warmte als veranderlijk wordt beschouwd tijdens de compressie. Fig. 2 geeft de transformatie voor de cyclus van Rankine weer, zoals die voorkomt in Deel 3 van „Cours de Mécanique Appliquée aux Machines”. De voordelen van de oververhitting



$1/3 = 2.8 \sqrt{E}$

entropie - diagram pv - TS voor verzadigde stoom van Boulvin.

i.z. rendement blijken uit de „Etude sur la Vapeur Surchauffée”, door Boulvin voorgedragen voor de Association Technique Maritime te Parijs in 1902. De Boulvin-transformatie is toepasselijk op iedere thermische machine en Bourlet paste ze toe op een dieselmotor met drukvulling. Het begrip entropie wordt door Boulvin uitsluitend gebruikt om de oppervlakte onder de  $T = f(S)$  krommen als warmtehoeveelheid te behandelen. Dergelijk procédé komt ook voor in de oceanografie waar, voor het evalueren van een onregelmatige golf die uit een

aantal sinusgolfjes bestaat met amplitude  $a$  en frequentie  $\Omega = \frac{2\pi}{T}$

( $T$  zijnde de periode), men in ordinaat brengt  $\frac{a^2}{\delta\Omega}$ , ten einde een elemen-

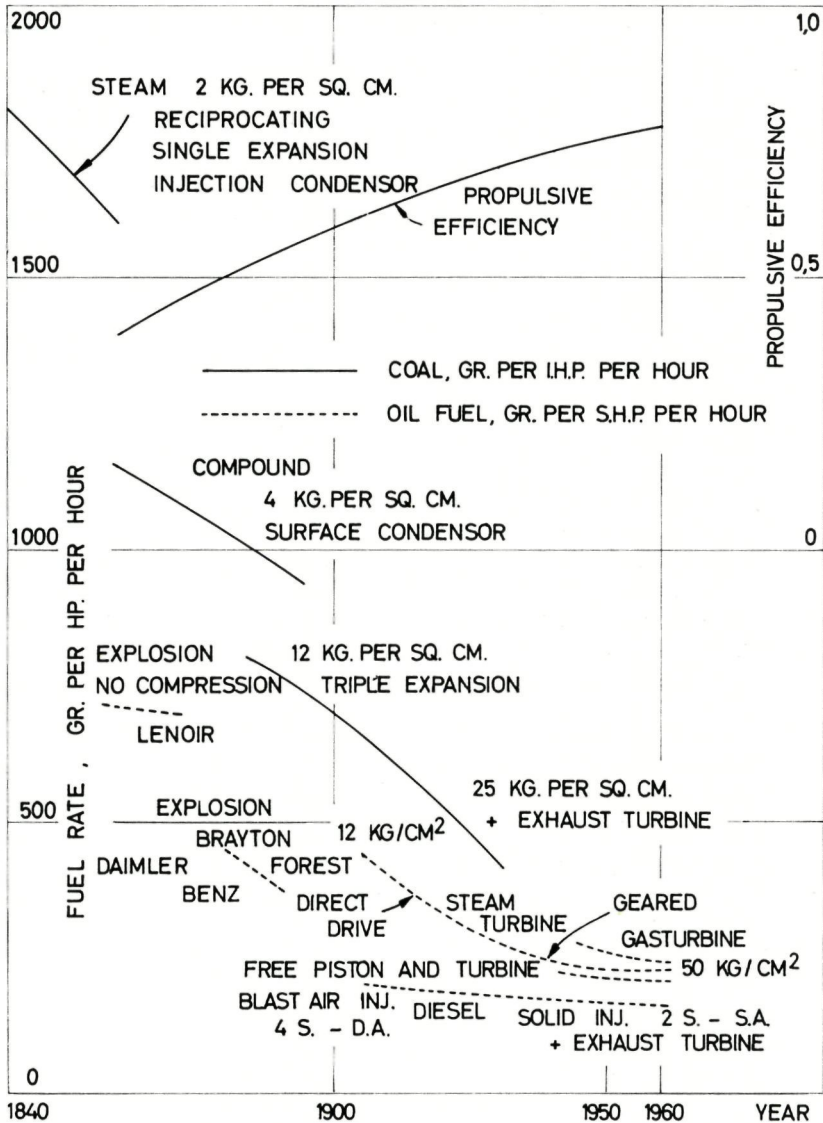
tair rechthoekje te verkrijgen (gearceerd in de figuur) waarvan de oppervlakte  $a^2$  wordt. Hetgeen belang heeft is niet zozeer de kromme dan wel de oppervlakte die eronder ligt en die de energie voorstelt  $E$  van de onregelmatige golf, som van de energieën  $a^2$  van de componenten met amplitudes  $a$ . Zo is  $a^2$  te vergelijken met  $dQ = T dS$ . Uit  $E$  wordt dan een karakteristieke golfhoogte bepaald met de formule  $H = k\sqrt{E}$ ,  $k$  zijnde een der coëfficiënten van Longuet - Higgins. Zo is de significante golfhoogte  $H \frac{1}{3} = 2.8\sqrt{E}$ . In fig. 2 is het Boulvin-diagram aangevuld geworden met dit begrip uit de oceanografie ter vergelijking. Vermelden we nog dat de oceanografen de naam

energie-densiteit hebben gegeven aan de ordinaat  $\frac{a^2}{\delta\Omega}$

De Boulvin-transformatie is op internationaal vlak gebruikt geworden vanaf 1898, datum waarop Boulvin te Londen bij Spon zijn verhandeling publiceerde: *The Entropy Diagram and its Applications*. Lelong past de methode toe voor de analyse van diagrammen van scheepsmachines met meervoudige expansie in de Etablissements d'Indret, Prof. Schroeter van München bezigt ze voor de calorimetrische analyse van een Van den Kerckhove machine en Stodola citeert in zijn beroemd werk *Die Dampfturbine*: „Die Bestimmung der Entropie aus den Werten an den Grenzkurven nach Boulvin „blz. 136.

Intussen is Boulvin er in geslaagd de nodige kredieten te verkrijgen voor het bouwen van zijn laboratorium, dat in 1900 ter beschikking van de studenten kon worden gesteld. Het laboratorium bevat een stoomketel en een stoommachine, ook een gasmotor.

Samen met Prof. Meuwissen nam Boulvin in 1906 het initiatief aan de Universiteit een afdeling voor scheepsbouwkunde op te richten. Meuwissen gaf de kursussen in de scheepsbouwkunde, terwijl Boulvin stoomketels en scheepsmachines doceerde. Hier kreeg hij weer een kolfje naar zijn hand. De *Ecole d'Application du Génie Maritime* te Cherbourg en zijn bijna tienjarig verblijf bij het Zeewezen te Ant-



3. Brandstofverbruik van voortstuwingsmachines.  
 (van 1840 tot 1920 naar Boulvin samengesteld).

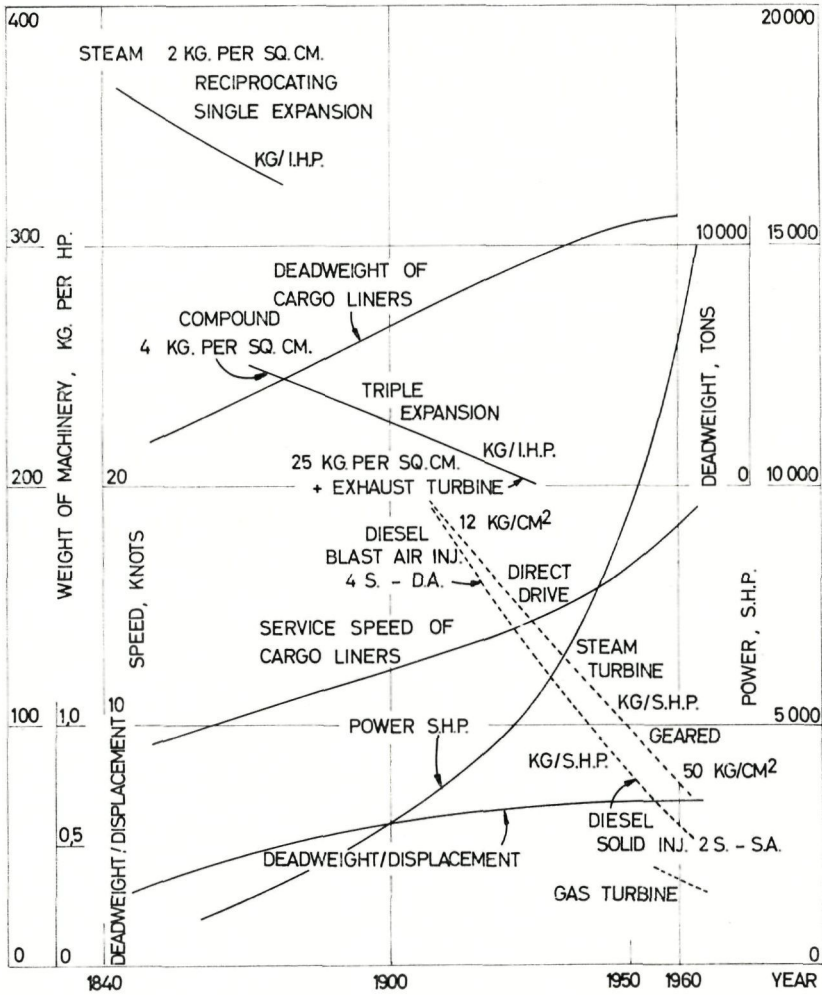
werpen hebben hem lust gegeven voor het zoute water. En hij gaat zich niet beperken tot de machines want hier is hij op zijn terrein. Hij doceert de totale voortstuwing, vaartweerstand, schroef en schoepenwiel, stoomketels en machines. De 2e editie van zijn „Machines et Chaudières Marines”, die bij het uitbreken van de oorlog 1914-1918 is klaargekomen en uiteraard slechts na de oorlog kon worden gepubliceerd is voor zijn tijd het meest up-to-date werk dat ik ooit heb gelezen.

Vooraf komt een uiteenzetting over de vaartweerstand. Boulvin geeft de theorie, niet slechts van de schroef, maar ook van de wielvoortstuwder die nog veel in de tropen op de rivieren voorkomt. Een geperfectioneerde voortstuwder is het wiel waarvan de schoepen aan het oscilleren worden gebracht door een knuppel aan een excentriek verbonden. Boulvin verklaart, door snelheidspolen te gebruiken, hoe de schoepen tangentiaal, dus zonder stoten, in het water komen en hoe ze er tangentiaal uitkomen, dus zonder water op te tillen. Hierdoor wordt een noemenswaardige verbetering van het rendement bereikt.

De compoundmachine met 4 at. stoomdruk en condensor had reeds verbetering gebracht in het rendement van de stoommachine. Omtrent 1880 doet de triple-expansie machine met een stoomdruk van 12 at. het kolenverbruik in de Schotse ketels dalen tot 800 en 700 g. en het specifiek gewicht van de machine wordt teruggebracht op 230 Kg per ipk. Fig. 3 en Fig. 4 geven het beeld van de evolutie van de stoommachine omtrent de eeuwwisseling. De figuren zijn voor de periode 1840 tot 1920 samengesteld volgens gegevens uit Boulvin. De grootste stoomzuigermachines waren die van de „Kaiser Wilhelm II”, circa 20.000 pk, in het boek van Boulvin beschreven.

Maar nog een andere transformatie voltrok zich bij deze eeuwwisseling toen grote transatlantiekers werden gebouwd en de zeer grote zuigermachines die daarin werden geplaatst de aandacht op zich trokken door hun buitengewoon groot gewicht en volumen. Naar lichtere stoominstallaties werd gezocht. Op de Naval Review van 1897 verscheen de „Turbinia” die reeds in 1894 met Parsons-turbine was toegerust en een snelheid bereikte van 34 knoop. In 1904 werd dan de eerste turbinetransatlantiekter gebouwd, de „Virginian”, een jaar later gevolgd door onze mailboot „Princesse Elisabeth” die daarmee het eerste turbineschip werd van het continent en met zijn 24 knoop het snelste schip van de wereldkoopvaardij. Een jaar later echter ging het wereldrecord naar de transatlantiekter „Mauretania” met 26 knoop. Het ware niet denkbaar geweest de 65.000 pk van deze transatlantiekter met zuigerstoommachines te ontwikkelen.

Blijven we even staan bij de beschrijving gegeven van de mailboot door Boulvin. De stoomketels hebben wel de kunstmatige trek Howden, maar de Schotse ketels, met hun 11 at., zijn zonder oververhitting en de turbines drijven direct de drie schroeven aan. We aanvaar-



4. Eenheidsgewicht van voortstuwingsmachines.  
(van 1840 tot 1920 naar Boulvin samengesteld).

den nog de directe aandrijving van de schroeven, want behoorlijke snelheidsreductors waren nog niet op de markt en slechts in 1909 werd de „Vespasian” uitgerust met een turbine met enkelvoudige tandwieloverbrenging. Maar waarom geen waterpijpketels en waarom geen oververhitting? Boulvin heeft contact gehouden met het Zeewezen, wordt er overigens later officieel raadgever. Boulvin zegt in zijn boek: de Yarrow ketels van die tijd - en het moesten Yarrow ketels zijn, vanwege het voedingwater - zonder oververhitters of watervoorwarmers hadden een rendement dat beneden dit van de Schotse ketels lag. Boulvin had reeds vroeger gewezen, met zijn entropie-diagram, op de voordelen van de oververhitting, maar brons voor de kleppen, zegt hij, moogt ge niet meer gebruiken boven 220°. En wat was de kwaliteit van die appendages in 1905? We kunnen er over oordelen als we vernemen dat bij zijn eerste reis de turbine-mailboot bijna de staketsels te Dover inbeukte omdat de stoomtoevoer niet kon afgesloten worden. Later veranderde dat. De „Princesse Marie - José” van 1922 kreeg Babcock ketels en oververhitting, en snelheidsreductors verbonden de turbine met de schroef.

Ook in het boek van Boulvin vond ik - wanneer ik de inlichting nodig had - afmetingen en aantal van de zinken platen die in een Schotse ketel dienen opgehangen om corrosie tegen te gaan. En Boulvin's raad op blz. 505 gewalste platen de voorkeur te geven boven gegoten heeft mij eens toegelaten een keuze te doen tussen twee leveranciers.

Indien ik dit citeer dan is het om er op te wijzen dat de grote geleerde Boulvin het detail niet uit het oog verloor. Reeds Napoleon zegde: „een veldslag wordt gewonnen met de knopen en de schoenen van de soldaten”. Boulvin's tien boekdelen zitten opgepropt met inlichtingen van praktische aard.

Maar zij doen ook het middel aan de hand om, zoals we reeds hebben gezien met het entropiediagram, fundamentele problemen op te lossen in verband met de rationele mechanica. Dikwijls heb ik in de loop van mijn carrière gegrepen naar de twee kapitels in het boek over scheepsmachines die handelen over de rustige stand en de rustige gang van machines. Het diagram Fig. 5 is fundamenteel voor de Yarrow-Schlick-Tweedy balancerings van inertiekrachten. Het heeft ook weer een bijzondere didactische waarde in zover dat het aantoont dat, voor een machine met viervoudige expansie, moeilijk een compromis gevonden wordt tussen het balanceren van heen en weergaande massa's en een rationele stoomverbinding tussen opeenvolgende cilindrs. Het balanceren eist sluiten van de veelhoek OABC voor de krachten, van de driehoek ABD voor de momenten. Dit leidt tot de samenstelling van krachten  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  en  $M_4$  in driehoek OAC', waaruit blijkt dat de lichte massa's aan de uiteinden moeten komen in  $M_1$  en  $M_4$ , terwijl de zware massa's binnenwaarts komen, in  $M_2$  en  $M_3$ . Daar nu een rationele verbinding door stoomleidingen ertoe brengt de cilindrs achter-

eenvolgens te plaatsen in  $M_1$  hoge druk,  $M_2$  middendruk I,  $M_3$  middendruk II,  $M_4$  lage druk en de lage drukcilinder de grootste massa's geeft, moeten contragewichten de balancering in orde brengen. Hetzelfde diagramma dient voor de beoordeling van de balancering van welke 4 kruksmachine ook. Zo heeft het mij geholpen bij het beoordelen van de balancering van het systeem compoundmachine-tweeling luchtpomp van graanzuigers.

Maar met zijn hoofdstuk over de studie der regelmatigheid van de machines helpt ook Boulvin de graad van oneenparigheid van een machine te verbeteren. Zo stond ik eens in mijn carrière tegenover de narigheden verwekt door de vermoeingsbreuk van een krukas van een dieselgraanzuiger. Verbetering van de regelmatigheid door het kiezen van een groter vliegwiël bleek de oplossing te brengen.

Trots het feit dat hij zoveel aandacht besteedde aan de problemen van de zuigermotoren, was Boulvin gewonnen voor de roterende machines: in „L'Alliance Industrielle” van 1910 onderstreept hij er de enorme voordelen van en voorspelt het verdwijnen van de zuigerstoommachine aan boord van schepen en het vervangen ervan door de turbine. Wat het eerste punt betreft, had hij gelijk. Vijf en twintig jaar later verdwijnen deze stoommachines van onze koopvaardij, maar ze worden meestal vervangen door de dieselmotor zodat voor het tweede punt hij slechts voor de helft juist had voorspeld. Hij voorspelt de ontwikkeling van ventilatoren en compressoren en toont ons hun karakteristieken, geheel onafhankelijk van het toereenaantal, waarmee de afmetingen direct kunnen worden bepaald. Om de werking van onafhankelijk aangedreven spoelpompen van de diesels van dubbelschroefschepen en het eventuele „pompen” bij het stilleggen van een van de diesels te begrijpen, kan men niet beter doen dan teruggaan naar de karakteristieke krommen die Boulvin in zijn cursus geeft.

Maar het meest vooruitstrevend gedeelte van de cursus over scheepsmachines is ongetwijfeld het hoofdstuk dat handelt over dieselmotoren. Op een ogenblik dat een reder, die een diesel durft gebruiken voor het aandrijven van zijn schroef, nog gehouden wordt voor een zonderling, wijdt Boulvin 40 bladzijden en 45 figuren aan een nieuwigheid die 20 jaar later een geheel nieuw uitzicht aan onze koopvaardij zal hebben gegeven. Af en toe grijp ik terug naar die cursus, want al het essentiële staat erin: dynamische studie, balancering, regulariteit, koppels in bedrijf en bij het aanlopen, belasting van de onderdelen en zulks evenzeer voor de viertakt- als voor de tweetaktmotor, met details van Carels- en Sulzermotoren.

Vergeten we niet dat Boulvin geboren is in 1855, Diesel in 1858. Beide ingenieurs ontmoeten elkaar bij Carels die licentie krijgt voor het bouwen van dieselmotoren. De Carnot-cyclus is thermodynamisch de cyclus met hoogste rendement en Diesel streeft er naar deze cyclus te verwezenlijken, met dan een zo hoog mogelijke temperatuur van de top-isotherm. Hij slaagt er slechts gedeeltelijk in en in 1897 verwezen-

lijkt hij zijn diagram (Fig. 6). De topisotherm is er in 23, de expansie-adiabaat is er in 34 en de compressie-adiabaat in 12. Maar tussen de twee adiabaten ontbreekt de beneden-isotherm. Het verwezenlijken ervan zou een te grote slag vergen en de bouw te zeer compliceren. In plaats daarvan wordt de expansie stopgezet in 4 en de uitlaat begint. Boulvin, met zijn entropiediagram TS, wijst op de tekortkomingen t.o.v. de cyclus van Carnot, te korte expansie  $bc'$  en ontbreken van de beneden isotherm  $cd$  (Fig. 7). Ondanks deze tekortkomingen overtreft het rendement van de motor veruit al wat met de stoommachine tot dan toe kon worden bereikt. Met deze verbrandingsmotor zijn we veel verder dan wat Lenoir, een Belg die de eerste gasmotor bouwde en vermoedelijk ook de eerste motorboot, had verwezenlijkt. En Boulvin, met zijn entropiediagram, wijst er weer eens op dat, door het totaal ontbreken van compressie, Lenoir's gasmotor tot verdwijnen was gedoemd.

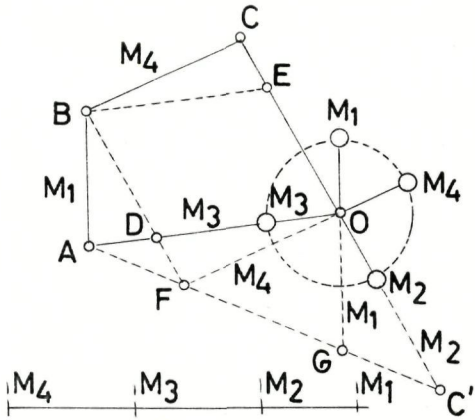
In 1913 bouwde Carels een dieselmotor voor de Britse Admiralty. We weten dat Diesel deerniswekkend verdween op een sombere nacht van dat jaar, toen hij de Noordzee overstak vanuit België naar Engeland. Boulvin was niet met hem op die droevige overtocht, maar we vermoeden dat vermits Diesel over België kwam, hij Carels bezocht en daar een laatste maal Boulvin ontmoette.

Een posthume uitgave is Boulvin's „Calcul des Organes de Machines”, verschenen in 1921. Ik vermoed dat dit het boekdeel is dat de meeste diensten bewijst omdat daarin berekeningen voorkomen van machinedelen die zowat overal worden gebruikt, te land en aan boord van schepen : bouten, klinknagels en spieën ; zuigers, cylinders en krukassen van stoommachines en dieselmotoren, pijpen en pijpverbindingen; schalmen van kettingen met of zonder dam, haken voor hijswerktuigen, tandwiel- en riemoverbrenging.

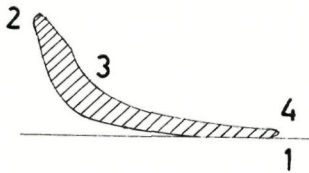
Boulvin behaalde in 1901 de prijs Plumey van het Institut (Parijs) voor zijn toepassingen van het entropiediagram, in 1912 de prijs Auguste Sacré van de Académie Royale de Belgique. Deze prijs is bestemd om een uitvinding te belonen die een werkelijke vooruitgang betekent in de mechanica. Hij wordt ook verleend aan de auteur van een werk over mechanica dat nieuwe belangrijke theorieën bevat.

In 1913 wordt Boulvin verkozen tot corresponderend lid van het Institut (Parijs), als opvolger van Amsler, in de afdeling Mechanica. Sedert de stichting door Colbert werden slechts drie Belgen in deze afdeling verkozen : Dvelshauwers-Déry in 1900, Boulvin in 1913 en Van den Dungen in 1956. In de afdeling Scheikunde vinden we twee Belgen, Swarts en Solvay, in de afdeling Aardrijkskunde en Scheepvaart, A. de Gerlache, in de Meetkunde de la Vallée-Poussin.

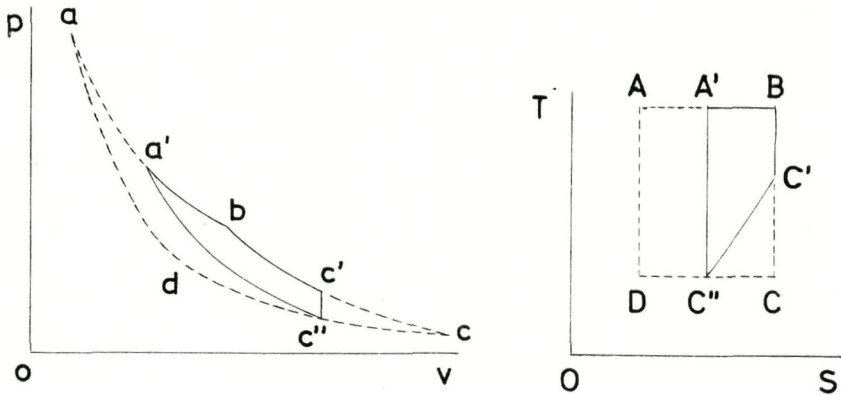
In 1919 wordt Boulvin corresponderend lid van de Académie Royale de Belgique, een onderscheiding die zelden aan een ingenieur wordt toegekend. Met al die onderscheidingen hield Boulvin het hoofd koel. Hij bleef de stoere, eerlijke werker die hij was in zijn prille



5. Balancing Yarrow-Schlick-Tweedy naar Boulvin.



6. Diagram van dieselmotor op het eind der 19de eeuw.



7. pv en TS diagram van dieselmotor naar Boulvin.

jeugd toen hij, 10 jaar oud, twee uren moest lopen om de lessen te volgen van het Collège Communal te Charleroi.

Het ware onvolledig indien een bijzondere facet van Boulvin's persoonlijkheid onbelicht bleve. Ik zou een woord willen toevoegen over zijn talent als aquarellist. Toen Boulvin ingenieur was bij het Zeewezen te Antwerpen kwam hij in aanraking met een groep kunstenaars en ging aan het schilderen in zijn vrije uren. Maar wat hij ook deed, wilde hij goed doen. Hij volgde avondlessen in de Academie om te leren tekenen. Dat is de aanvang van zijn carrière als aquarellist. Er zijn van hem een zestigtal aquarellen. Hij nam deel aan tentoonstellingen en in 1892 mocht hij de gelukwensen ontvangen van Leopold II.

Welke talenten hij ook gebruikte, Boulvin gaf altijd de volle maat van zijn kunnen. Wars van alle grappenmakerij, was hij de schrik van de middelmatige, maar werd hij geliefd door de goede studenten. Met een geringe ervaring van machines werd het de zuiver wiskundig geschoolde kandidaat - ingenieur moeilijk bij aanvang van een cursus machinebouw. Wanneer hij dan een beschrijving te volgen had over bijvoorbeeld een schaaftank ontlokte dit van de hoogleraar wel eens de ironische opmerking „C'est l'enfance de l'art". Het wekelijks bezoek aan het atelier van Phenix zou trouwens een levende documentatie bezorgen, want Boulvin hield eraan zijn onderwijs aanschouwelijk te maken. Deze uiteraard minder aantrekkelijke technologische scholing werd goedge maakt door het intellectuele genot bij de sublieme uiteenzetting van hoofdstukken met fysische inslag als de thermodynamica, de balancering van machines, e.a.

Boulvin stierf op 20 januari 1920 en bereikte de leeftijd van 65 jaar. Twee dagen tevoren gaf hij nog college.

#### ABREVIATIONS :

A.I.G. Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles Spéciales de Gand, Bibliotheek, Universiteit Gent.

A.T.P. Annales des Travaux Publics, Ministerie Openbare Werken, Brussel.

R.M. Reveue de Mécanique, Dunod, Paris.

A.T.M. Association Technique Maritime, Paris.

1. L'application du système compound aux machines marines pour les courtes traversées, A.T.P. 1883.
2. Notice sur les bouées de l'Escaut maritime et du littoral, A.T.P. 1883.
3. Les services réguliers de la Red Star Line entre Anvers et l'Amérique du Nord, A.I.G. 1883.
4. L'exposition nationale à Turin, A.I.G. 1883.
5. Note sur le phare flottant „Wandelaar”, A.T.P. 1884.
6. Etude sur les distributions sans excentriques, A.I.G. 1884.
7. Exposé des progrès récents accomplis dans les embarcations à vapeur, A.I.G. 1884.
8. Note sur divers services d'utilité publique intéressant le port d'Anvers, A.I.G. 1885.
9. Note sur les diagrammes de deux machines marines, A.I.G. 1886.
10. Epuisement des formes de radoub au moyen de pompes centrifuges, A.T.P. 1886.
11. La construction des machines et les prospectus américains, L'Industrie Moderne, 1887.
12. Note sur quelques laboratoires de mécanique appliquée, A.I.G. 1888.
13. Etude sur les machines à vapeur Hertay à détente variable par le régulateur, L'Industrie Moderne, 1888.
14. Cours de mécanique appliquée aux machines professé à l'Ecole spéciale du Génie civil de Gand, 7<sup>e</sup> Fascicule, Machines servant à déplacer les fluides, Bernard, Paris, 1889.
15. Essai d'une machine compound de filature, A.I.G. 1890.
16. Travaux du Congrès de Mécanique Appliquée, tenu à Paris en 1889, A.I.G. 1890.
17. Du tourniquet hydraulique, L'Industrie Moderne, 1890.
18. Théorie élémentaire de la machine compound, L'Alliance Industrielle, Liège, 1890 en 1891.
19. Cours de mécanique appliquée aux machines professé à l'Ecole spéciale du Génie civil de Gand, 1<sup>er</sup> Fascicule, Théorie générale des mécanismes, Bernard, Paris, 1891.
20. Théorie et pratique des moteurs à gaz : quatre conférences faites à l'Association des ingénieurs et dessinateurs-mécaniciens de Belgique, L'Alliance Industrielle, Liège, 1892.
21. Cours de mécanique appliquée aux machines, etc. 2<sup>e</sup> Fascicule, Moteurs animés, récepteurs hydrauliques, récepteurs pneumatiques, Bernard, Paris, 1892.
22. Cours de mécanique appliquée aux machines, etc. 3<sup>e</sup> Fascicule, Théorie des Machines thermiques, Bernard, Paris, 1893.
23. Ncuveau diagramme des propriétés de la vapeur d'eau, A.I.G. 1893.
24. Cours de mécanique appliquée aux machines, etc. 4<sup>e</sup> Fascicule, Générateurs de vapeur, Bernard, Paris 1894.
25. Analyse d'un essai de moteur à vapeur, A.I.G. 1895.
26. Cours de mécanique appliquée aux machines, 5<sup>e</sup> Fascicule, Machines à vapeur, Bernard, Paris 1896.
27. Entropy - diagram of a compound engine, Engineering, Vol. LXI, London, 1896.
28. Cours de mécanique appliquée aux machines, 7<sup>e</sup> Fascicule, 2<sup>e</sup> Edit., Bernard, Paris, 1897.

29. Le diagramme entropique et ses applications, R.M., 1897.
30. Cours de mécanique appliquée aux machines, etc. 6<sup>e</sup> Fascicule, Locomotives et machines marines, Bernard, Paris, 1898.
31. Examen critique des expériences de M. Dwelshauvers-Déry sur la compression de la vapeur dans l'espace mort, R.M. 1898.
32. The entropy-diagram and its applications, Translated by Bryan Donkin, Spon, London, 1898.
33. De l'organisation des laboratoires mécaniques, Congrès International de Mécanique appliquée, Paris 1900, Dunod.
34. Cours de mécanique appliquée aux machines, etc. 8<sup>e</sup> Fascicule. Transport du travail à distance, appareils de levage. Bernard, Paris, 1899.
35. Etude des machines à vapeur par le diagramme entropique, R.M. 1901.
36. Histoire de la distribution Walschaerts, R.M. 1902.
37. Notice sur les travaux de Bryan Donkin, R.M. 1902.
38. Etude sur la vapeur d'eau surchauffée, A.T.M. 1902.
39. The mechanical laboratory in engineering education, Engineering Magazine, New-York, 1902.
40. Considérations sur l'enseignement de la mécanique, R.M. 1904 en 1905.
41. Cours de mécanique appliquée aux machines, etc. 3<sup>e</sup> Fascicule, 2<sup>e</sup> Edition, Bernard, Paris, 1905.
42. Ibid. 4<sup>e</sup> Fascicule, 2<sup>e</sup> Edition, Bernard, Paris, 1905.
43. Ibid. 1<sup>er</sup> Fascicule, 2<sup>e</sup> Edition, Bernard, Paris, 1906.
44. Ibid. 2<sup>e</sup> Fascicule, 2<sup>e</sup> Edition, Bernard, Paris, 1907.
45. Expériences sur la compression dans l'espace nuisible des machines à vapeur, R.M. 1907.
46. Programmes des cours de machines enseignés aux Ecoles spéciales du Génie civil et des Arts et Manufactures annexées à l'Université de Gand, A.I.G. 1907.
47. Essais des machines élévatoires de l'usine d'Onoz, A.I.G. 1908.
48. Cours de mécanique appliquée aux machines, etc. 5<sup>e</sup> Fascicule, 2<sup>e</sup> Edition, Geisler, Paris, 1909.
49. Ibid. 7<sup>e</sup> Fascicule, 3<sup>e</sup> Edition, Geisler, Paris, 1910.
50. Ibid. 5<sup>e</sup> Fascicule, 3<sup>e</sup> Edition, Geisler, Paris, 1912.
51. Ibid. 6<sup>e</sup> Fascicule, 1<sup>er</sup> partie, 2<sup>e</sup> Edition, Geisler, Paris, 1912.
52. Ibid. 6<sup>e</sup> Fascicule, 2<sup>me</sup> partie, 2<sup>e</sup> Edition, Albin Michel, Paris, 1921.
53. Ibid. 4<sup>e</sup> Fascicule, 3<sup>e</sup> Edition, Albin Michel, Paris, 1921.
54. Ibid. 8<sup>e</sup> Fascicule, 2<sup>e</sup> Edition, Albin Michel, Paris, 1921.
55. Ibid. 1<sup>er</sup> Fascicule, 3<sup>e</sup> Edition, Albin Michel, Paris, 1922.
56. Calcul des organes des machines, Gauthier-Villars et C<sup>o</sup>, Paris, 1921.
57. A propos de l'étude des machines à vapeur.  
par le diagramme entropique A.T.M. 1915-1920.
58. Tirage induit par trompe aspirante, A.T.M. 1915 - 1920.