

# DE REIS NAAR



Productieeenheid voor de aanmaak van vloeibare stikstof anno 1928 : distillatiekolom CLAUDE met schakelbord (links), *liquifactor* met twee temperatuurwisselaars (rechts). Een gedeelte van deze installatie bevond zich ondergronds, in betonnen putten.

(foto Josiane Kisteman, MIAT)

# R LAPU TTA ...

## Een mijlpaal van de scheikundige nijverheid in Vlaanderen onder de sloophamer.

GUIDO DESEYN, ARCHITECT MIAT

*"The universal artist had (...) fifty men at work. Some were condensing air into a dry tangible substance, by extracting the nitre, and letting the aqueous or fluid particles percolate (...)"<sup>1</sup>.*

De controversiële Engelse auteur Jonathan Swift voorspelde reeds in 1726, in zijn beroemd meesterwerk *Gulliver's Travels*, de industrie van vloeibare lucht, zuurstof, stikstof, een halve eeuw vóór de theorieën van Priestley en Lavoisier, en twee eeuwen voor de uitvindingen van Linde en Claude !

In de loop van 1992-1993 viel één van de eerste en belangrijkste elektrochemische bedrijven van Vlaanderen ten prooi aan de sloophamer : de vestiging van de NV *Belgische Elektrochemische Maatschappij* gebouwd door het Franse concern *l'Air Liquide* in de Gentse kanaalzone.

Deze cyaanamide-fabriek te Gent-Langerbrugge was een ontwerp uit 1928 van de gekende Brusselse Interbellum-architect Jasinski. Enkel het bijbehorend bureelgebouwtje bleef gespaard.

Niet alleen de volledige productie-eenheid maar ook de machinehal met daarin de nog intacte industrieel-archeologisch belangrijke technische installatie, werden verschroot.

Deze was opgebouwd uit drie indrukwekkende luchtcompressoren Burckhardt, aangedreven door elektromotoren ACEC, met bij horende stikstof-distillatiekolommen Claude van *l'Air Liquide*.

De NV SADACEM-SADACI schonk het technisch archief van de installatie aan het MIAT. Ook één compressor is gelukkig met financiële interventie van de NV die het bedrijf overnam, door het MIAT gerecupereerd en zal in de machinehal van het museum worden opgesteld.

Een exemplaar van de belangrijke Claude-distilleerkolom uit 1928, het 'hart' van de installatie, kon jammergenoeg niet worden gered. Dit omdat de thermische asbest- en

glaswol-isolatie die de installatie omhulde niet zonder gezondheidsproblemen voor de bij de ontmanteling betrokken arbeiders kon worden verwijderd. Enkel de achthoekige buitenbekleding ervan, samengesteld uit houten panelen, en het bijbehorend controle- en bedieningspaneel met meetapparatuur, kon geborgen worden om ten gepaste tijde aan de hand van de oorspronkelijke uitvoeringsplannen te worden gereconstrueerd.

### ELEKTROCHEMIE

Het opstarten van het *Air Liquide*-bedrijf in 1928-1930 hing rechtstreeks af van de nabije vestiging van de elektrische centrale van de *Société des Centrales Electriques des Flandres et du Brabant* te Langerbrugge (vanaf 1914). Deze was opgericht met het doel industriële vestigingen ten noorden van de Gentse haven langs het kanaal naar Terneuzen te bevorderen. Uiteraard vooral van bedrijven die grote hoeveelheden elektriciteit in hun productieproces verbruikten.

De vestiging van de *Société Anonyme Belge d'Electrochimie* was de eerste in haar soort in België<sup>2</sup> en zou een revolutie teweeg brengen in het gebruik van kunstmeststoffen voor de landbouw, in concurrentie met natuurlijke meststoffen zoals guano, die tot dan toe

grotendeels moesten worden geïmporteerd.

De aanmaak van stikstof (Fr. *azote*) via elektrochemische weg voor de productie van o.a. kunstmest was sinds de op punt stelling van het Franse procédé Claude in 1925 inderdaad revolutionair.

Dit innoverend bedrijf besloeg ca. 15.000 m<sup>2</sup> en was gunstig ingeplant tussen het kanaal en de spoorweg Gent-Terneuzen. Het bestond hoofdzakelijk uit drie functionele gebouwen: een bureelgebouw, een compressoren-machinelhal (beiden in baksteen in strenge art deco vormgeving) en een reusachtige productiehhal van ca. 4.500 m<sup>2</sup>.

De realisatie van de gewapend betonconstructie van de productiehhal (een functionele architectuur: een gewapend betonskelet met holle betonsteenvulling onder een asbest-golfplatendak met beglaasde lichtstraten) gebeurde onder toezicht van de befaamde professor Mangel, directeur van het betonlaboratorium aan de Gentse universiteit.

Cyaanamide (calcium-cyaanamide) werd er langs elektrochemische weg aangemaakt door de fixatie van stikstof uit de lucht op calciumcarbide bij een temperatuur van ca. 1.000°C°. Carbide of *carbure* zelf werd verkregen in een elektrische oven door het roosteren van kalk en cokes, en stikstof gewoon uit de atmosfeer gewonnen door toepassing van het procédé Claude.

De fabriek was uitgerust voor een jaarlijkse productie van 25.000 ton cyaanamide.

De productiehhal was in de lengteas verdeeld in twee helften: een hal voor de fabricage en opslag van carbide en een tweede voor de productie van cyaanamide.

Cokes en kalk werden er opgeslagen in betonnen silo's die rechtstreeks twee elektrische ovens Miguet van elk 4.500 kVA voedden. Het aldus verkregen carbide werd vervolgens fijn gemalen en gebruikt voor de aanmaak van cyaanamide, aanmaak die gebeurde in de tweede hal.

Eens de behandeling van carbide en stikstof in elektrische smeltkroeven afgelopen, werd ook de fijn gemalen cyaanamide in silo's opgeslagen.

Ovens en molens konden worden bediend van op een werkplatform op 6 meter hoogte. Vier rolbruggen van 2,5 ton elk stonden in voor de bediening ervan.

Boven de betonnen silo's was een waterreservoir van 1.000 m<sup>3</sup> voorzien.

De benodigde elektrische stroom leverde de centrale van Langerbrugge via een kabel van 12.000 volt. De totaal benodigde kracht was voorzien op 20.000 KVA.

### VLOEIBARE LUCHT <sup>3</sup>

**Z**uurstof (Fr. *oxygène*) is één der meest verspreide elementen in de natuur: in de lucht die we inademen (in combinatie met stikstof), in het water (in combinatie met waterstof), in mineralen en ertsen (met oxyden, carbonaten, silicaten).

Zuurstofgas is een kleurloos, reukloos, smaakloos gas. Chemisch bindt het zich met een groot aantal elementen, wat gepaard gaat met afgifte van warmte.

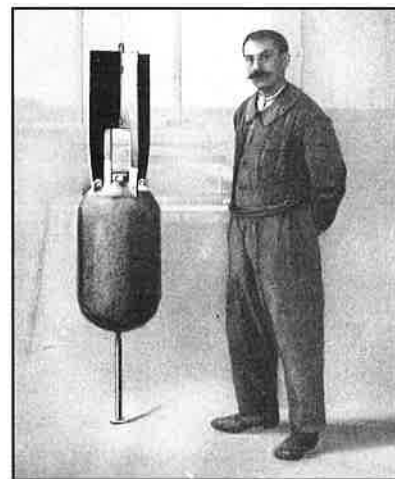
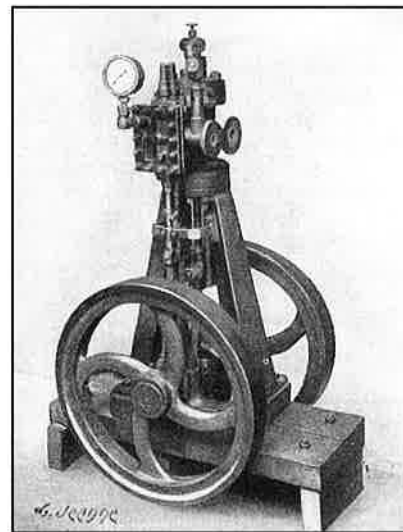
Nochtans is zuurstof (O<sup>2</sup>) als element slechts geïsoleerd in 1774 door Priestley, net zoals Lavoisier enkel in 1778 kon aantonen dat het als onderdeel van lucht ademhaling en verbranding onderhoudt.

De eerste échte poging om via industriële weg zuurstof te produceren dateert van 1896 toen, door de elektrolyse van water (het procédé Garoti), zuurstofgas en waterstofgas is verkregen. Deze gasen werden vervolgens samengeperst in langwerpige ijzeren cilinders (gasflessen) om het transport mogelijk te maken. Zodoende introduceerde men deze industrie in België, maar de toepassingen bleven aanvankelijk beperkt. Enkel het gloeilicht-systeem Drummond maakte er gebruik van.

Meer succes had vanaf 1901 de uitvinding van het autogeen lassen

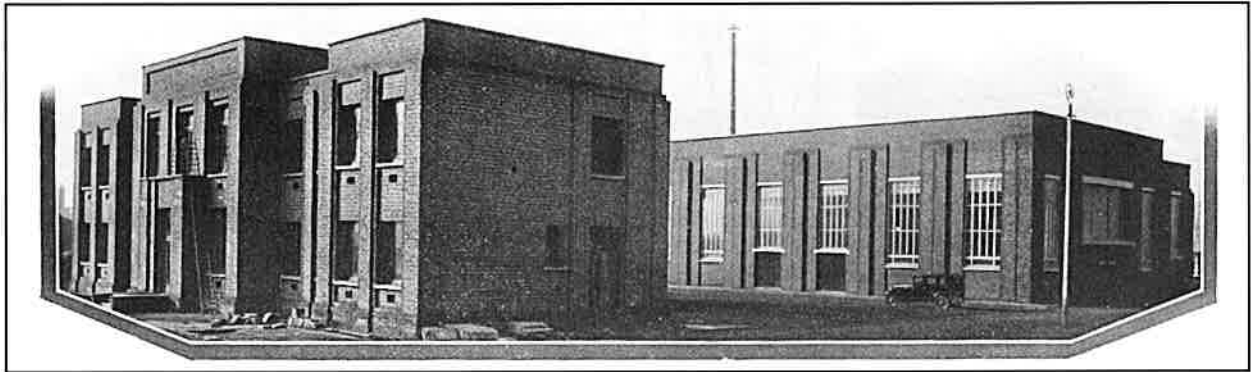
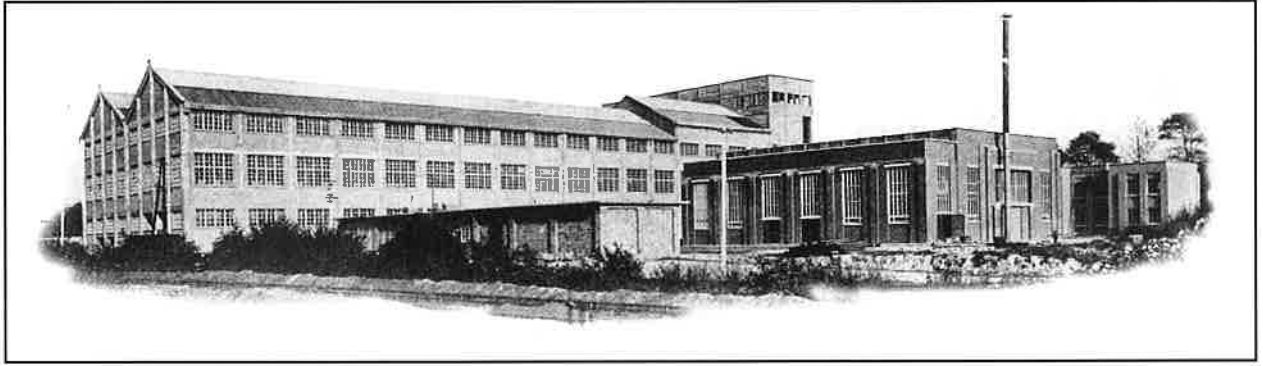
**De eerste compressor met zuiger ontwikkeld door Claude, die 'vloeibare lucht' heeft opgeleverd, heden bewaard in de Conservatoire des Arts et Métiers te Parijs. Dit type machine zou nadien op industriële basis worden gefabriceerd door de Société l'Air Liquide.**

(uit G. CLAUDE, *Air liquide. Oxygène. Azote. Gaz rares.*, Dunod, Paris 1926)

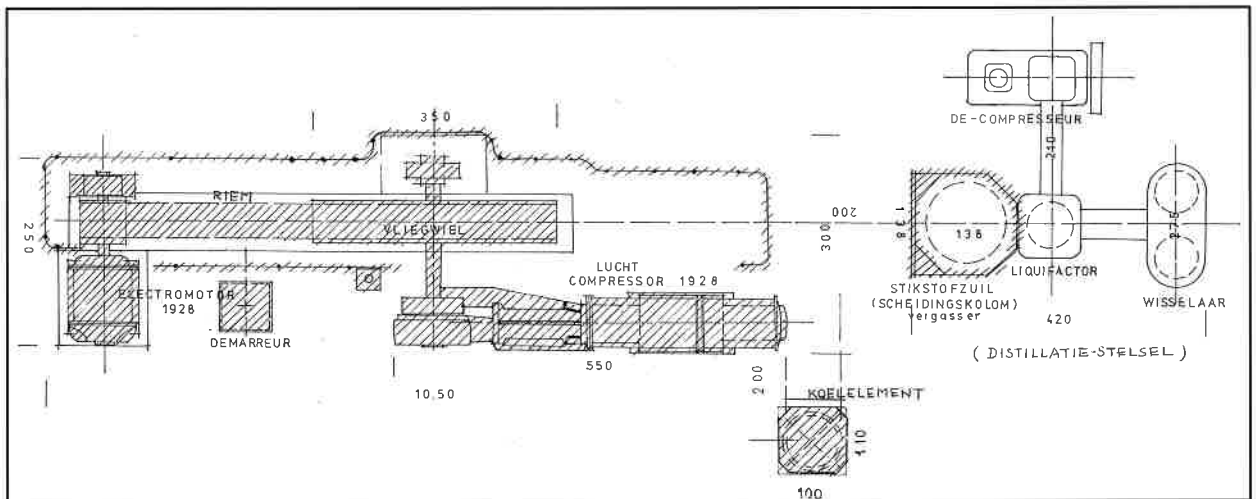


**Vliegtuigbom anno 1914 gevuld met vloeibare zuurstof (ontworpen voor grote vernielingskracht), leverbaar door het bedrijf D'ARSONVAL-CLAUDE vanaf het begin van WO I.**

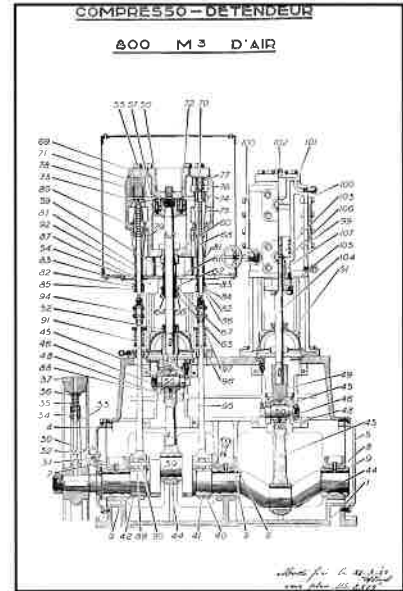
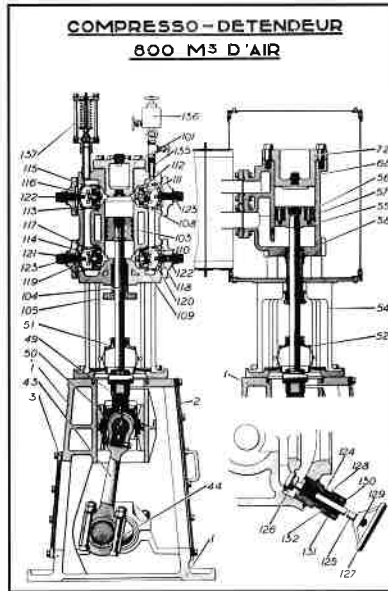
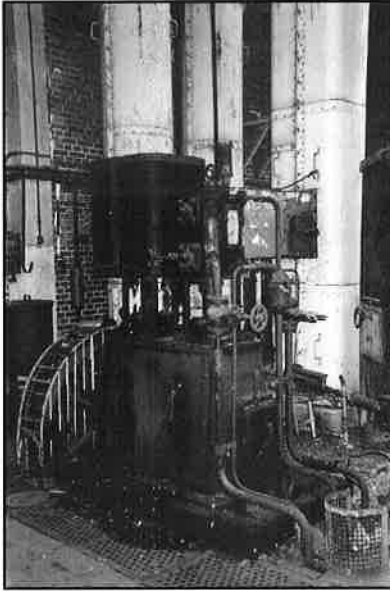
(uit G. CLAUDE, *Air liquide. Oxygène. Azote. Gaz rares.*, Dunod, Paris 1926)



Toestand bij de opstarting in augustus 1929 van de heden gesloopte cyaanamidedfabriek van de *Société Belge d'Electrochimie* te Langerbrugge in de Gentse kanaalzone. Zicht op de productie- en machinehal vanop de spoorlijn Gent-Terneuzen (boven), en van de burelen en machinehal aan de kanaalzijde (onder). Enkel het bureelgebrouwtje n.o.v. de Brusselse architect Jasinski links bleef behouden.  
 (Uit : *La Technique des Travaux*, 6de jaargang nr. 3, maart 1930. Verzameling MIAT)



Schema met de opstelling van   n productie-eenheid voor de aanmaak van stikstof. De gearceerde delen - luchtcompressor, vliegwiel, electromotor, starter, koelelement, afsluithekkens en omhulsel met schakelbord van één stikstofzuil - werden door het MIAT gerecupereerd.  
 Ook al waren de niet-gearceerde delen van even groot belang ter illustratie van de werking van een dergelijke chemische installatie, toch konden zij om praktische redenen niet worden gerecupereerd. De scheidingskolom, *liquifactor*, wisselaars en leidingen waren ingepakt in een thermische isolatie van glaswol en schadelijke asbestwol, die zonder veiligheidsmaatregelen niet konden worden verwijderd.  
 (tekening Guido Deseyn, MIAT)

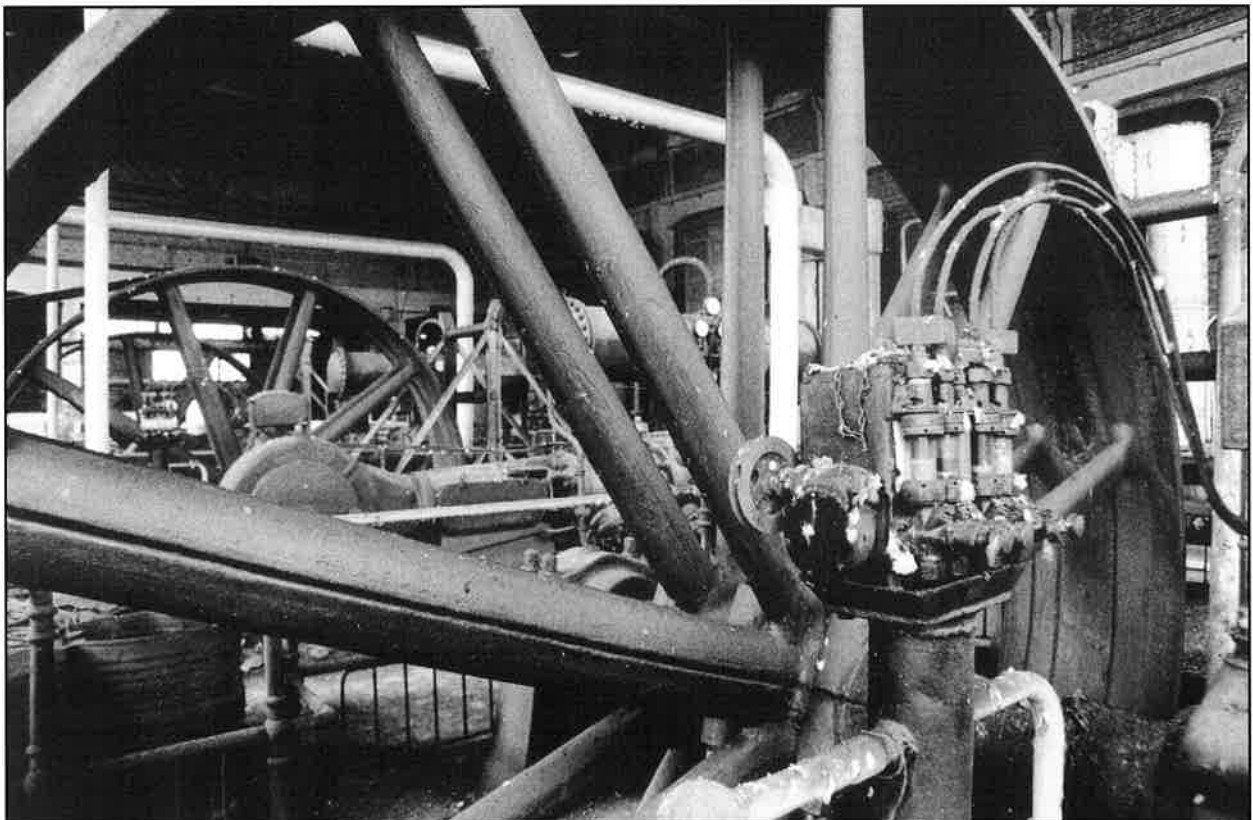


**Compresso-ontspanner van Schotse origine uit 1928, horende bij de stikstofkolom CLAUDE (algemeen beeld, langs- en dwarsdoorsnede).**

(foto Josiane Kisteman & archief SADA-CI-verzameling MIAT)

**Vliegwiel (onder) en compressie-gedeelte (rechts) van de luchtcompressor BURCKHARDT (Basel-Zwitserland) uit 1928, geschonken door de N.V. SADACI aan het MIAT.**

(foto Josiane Kisteman, MIAT)



(Fr. *la soudure oxygène*) waarbij een hydroxygeenvlam (verbranding van waterstofgas in zuurstofgas) wordt gebruikt.

Doch de elektrolyse van water bleek duur uit te vallen door een hoog verbruik aan elektriciteit. Daarom boden de uitvindingen van de Duitse Dr. Carl Linde (1897) en de Fransman Georges Claude (1902), namelijk het goedkopere distilleren van zuurstofgas uit vloeibaar gemaakte lucht, een uitkomst.

Vooraf toen een ander gas, het acetyleen (ook al was dit gevaarlijk explosief in contact met vloeibare zuurstof) de waterstof uit het elektrolyse-procédé zou verdringen (na de uitvinding van Moisson betreffende calciumcarbide in 1894).

Daarnaast kreeg het autogeen lassen de concurrentie van een andere Belgische uitvinding, het snijbranden (Fr. *Oxycoupage*) van Jottrand (1904). Dit zou een massale toepassing kennen in de industrie en de ambachtelijke sector.

In 1922 publiceerde het Franse tijdschrift *Génie Civile* de weerslag van een discussie binnen de *Société des Ingénieurs Civils* om het uitvindingsrecht op de aanmaak van

'synthetisch' ammoniak, tussen het Franse systeem Claude en de Duitse tegenhanger, het systeem Haber, toegepast door de *Badische Anilin und Sodafabrik* (BASF). Een kosten-baten analyse tussen beide was daarvan het resultaat, waarbij het procédé Claude het haalde.

Het samenpersen van een mengsel van stikstofgas (uit de lucht) en waterstofgas (uit water) om ammoniak te verkrijgen na verwarming tot 500 à 600°C in een katalysator onder druk, het systeem Haber, werd reeds op industriële basis vanaf 1913 gerealiseerd door de BASF in haar fabriek te Ludwigs-haven-am-Rhein. Tijdens WO I werd in meerdere Duitse bedrijven dit voor de oorlogsindustrie belangrijk product in grote hoeveelheden geproduceerd.

Het procédé Haber had echter het nadeel een immense technische en economische input in reusachtige bedrijven te vereisen, om ter plaatse met grote investeringen en dito brandstofverbruik (cokes), het benodigde waterstofgas te kunnen aanmaken.

Claude verbeterde het Duitse systeem veeleer door gebruik te maken van hogere compressie dan

door hoger brandstofverbruik (hyperdruk).

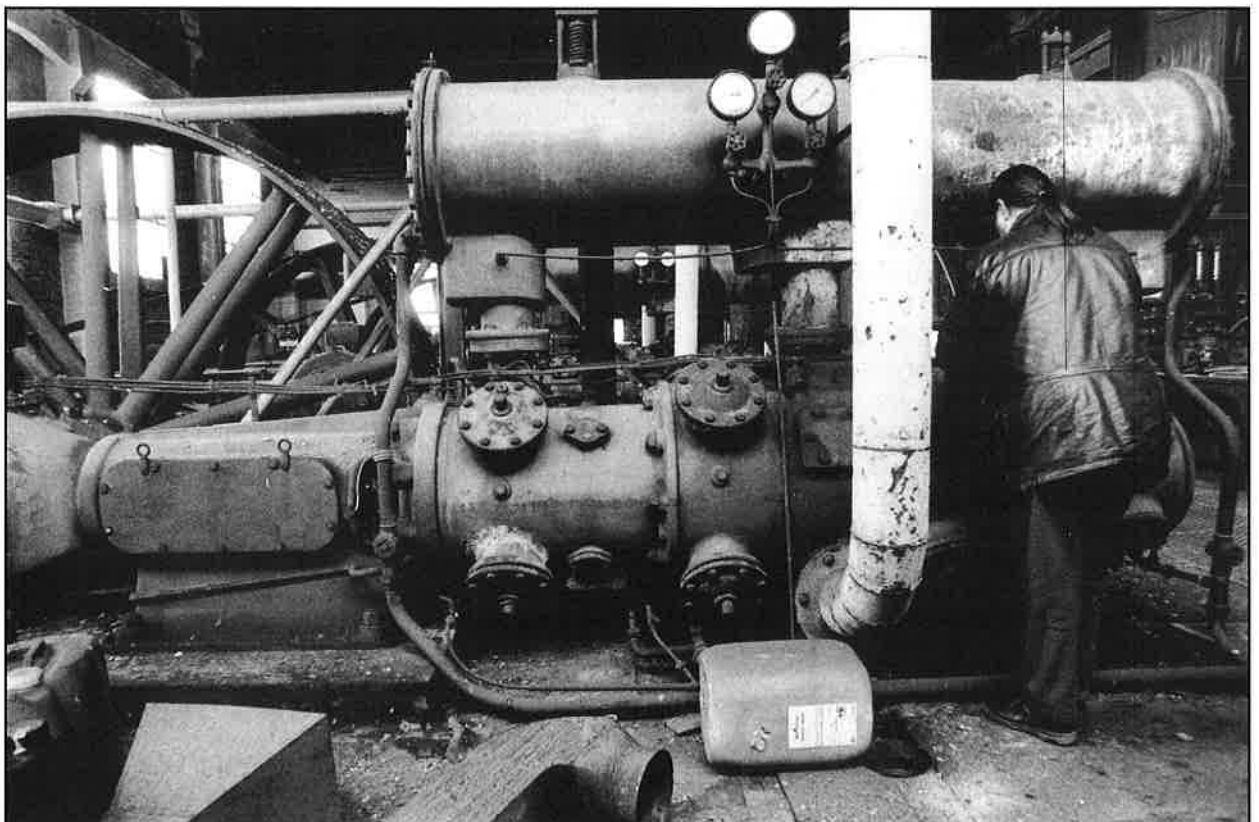
Theoretisch bestaan er meerdere middelen en middelen om zuurstof en stikstof te verkrijgen. Maar de enige methode die tot nu toe een industriële toepassing heeft gekregen is deze die erin bestaat de zuurstof af te zonderen door distillatie bij lage temperatuur.

Dit industrieel procédé zou zich al gauw als het meest economische uitwijzen.

De toepassing van zuivere zuurstof en stikstof zou aanvankelijk zowel in de bewapeningswedloop als in de mijnbouw (springstof), de (petro)chemische en kunstmest-industrie, de geneeskunde, de metaalnijverheid (affinage in Martin-ovens; staalproductie in Thomas-convertors) als later in de luchtvaart (reactiemotoren), een revolutie teweegbrengen.

## GEORGES CLAUDE

**D**e Franse chemicus en fabrikant Georges Claude (1870-19?) zou, als laatste van een hele reeks onderzoekers (Van Marum 1792, Faraday 1823



en 1845, Thilorier, Donny en Mareska 1840, Siemens 1857, Andrews 1863, Cailletet 1877, Solvay, Linde, Hampson 1895) vanaf 1899 baanbrekend werk verrichten dat onder andere leidde tot de publicatie in 1922 van zijn standaardwerk *Air Liquide, oxygène, azote, gaz rares*<sup>4</sup> en het commercialiseren van zijn uitvinding door het daartoe opgerichte Franse bedrijf *l'Air Liquide*<sup>5</sup>.

Lucht, de atmosfeer die ons omringt, is voornamelijk een mengsel van twee gasen, zuurstof en stikstof. Deze bevat verder ofwel, in vaste verhoudingen, andere elementen (argon) en edele gasen (neon, helium, krypton, xenon) ofwel, in veranderlijke verhoudingen, waterdamp, koolzuurgas (CO<sub>2</sub>) en hydrocarbiden (acetyleen). Zuurstof en stikstof kan men scheiden door gebruik te maken van hun verschil in vluchtigheid en door ze nadien opnieuw vloeibaar te maken onder voldoende hoge druk<sup>67</sup>. Lucht wordt vloeibaar onder atmosferische druk op -193°C. Zoals alle gasen, kan lucht reeds vloeibaar worden op minder lage temperatuur, als hij wordt samengeperst. Bij 30 kg/cm<sup>2</sup> druk bijvoorbeeld gebeurt dit op -145°C. Daarbij is -140°C de zg. 'kritische temperatuur' waarboven geen vloeibaarheid optreedt.

Het samendrukken van een gas gaat gepaard met warmte-ontwikkeling. Omgekeerd, als men het laat uitzetten, koelt het af. Deze gewone afkoeling alleen zou niet volstaan om de gewenste -140°C te bereiken. Daarom liet Claude de samengeperste lucht vooraf afkoelen tijdens de doortocht in zogenaamde wisselaars, waar in tegengestelde richting de reeds afgekoelde gasen doorstroonden.

Vloeibare lucht vertoont dezelfde eigenschappen als water, en is lichtblauw van kleur. De mengverhouding van zuurstof en stikstof daarin bedraagt circa 21% t.o.v. 79%. Dit mengsel bezit dezelfde eigenschappen als twee andere gemengde vloeistoffen, bijvoorbeeld water en alcohol. Het ver-

schil in vloeibaarheidstemperatuur tussen beide laat toe deze te scheiden door distillatie.

Hierin vindt de uitvinding van Georges Claude haar toepassing. Dit proces grijpt voornamelijk plaats in een dubbele kolom waarin een nauw contact bestaat tussen opstijgende gasen en dalende vloeistoffen. Zodoende wordt de aflopende vloeistof steeds zuurstofrijker, waardoor het gas dat de kolom bovenaan verlaat nagenoeg zuivere stikstof is.

De samengeperste lucht moet wel eerst bijkomend worden gezuiverd van CO<sub>2</sub> via de doorstroming van een bijtende sodaloog in een zgn. decarbonisatie-kolom.

De kritieke druk van lucht bedraagt 39 kg/cm<sup>2</sup>, bij een temperatuur van -140°C, van zuurstof 51 kg/cm<sup>2</sup> bij -119°C en van stikstof 34 kg/cm<sup>2</sup> bij -147°C.

Deze zeer lage temperaturen kunnen worden tot stand gebracht door het plots ontspannen van vooraf door een compressor samengeperste lucht. Ook dit ontspannen gebeurt automatisch via een luchtmotor. De koude die daarbij vrijkomt<sup>8</sup> wordt in het procédé Claude teruggewonnen voor de werking van de zogenaamde (temperatuur) wisselaars omgeven door een isolerende laag om koudeverlies tegen te gaan.

**Plan voor de opstelling van een vierde stikstofkolom door SADACI-SBE in 1964 (links op plan) met moderne stikstofcompressoren LEBRUN (nrs 50a-50b, 700m<sup>2</sup>≈100kg/cm<sup>2</sup>).**

**De installatie uit 1928 in een machinehal van 30,00mx18,50m, bestaande uit drie luchtcompressoren BURCKHARDT met vliegwielen en aangedreven door electromotoren ACEC (rechts op plan, 1a-1b-1c) was toen nog in gebruik. Ook de overige onderdelen van het productieproces waren in 1993 nog intact : drie stikstoflommen CLAUDE (7a-7b-7c), drie bijbehorende compressor-ontspanners van Schotse origine (6a-6b-6c) en drie *liquifac-tors* met gekoppelde temperatuurwisselaars (zie ook foto's). (archief SADACI-verzameling MIAT)**

Technische steekkaart van de compressor-installatie door het MIAT gerecupereerd:

- stikstofzuil : S.A. L'Air Liquide. Procédés G. Claude  
48 Rue St. Lazare 48 Paris  
Importe de Suisse. Ateliers d'Allswill  
N° D 800 K 1043
- compressor : S.A. des Ateliers de Construction Burckhardt  
Bâle Suisse. 1928.  
N° 5356109
- electromotor (aandrijving compressor) :  
Constructions Electriques de Belgique à liège  
Type BAV 21 N° 59811  
Moteur Asynchrone Chevaux 225. Tours 140. Volt 500
- starter (démareur) :  
Constructions Electriques de Belgique à Liège  
Type DTH 666 N° 59839  
Chevaux 225 Hp. 500 V.





Onder hoge druk samengeperste lucht heeft dus door verdunning bij plotse ontspanning de eigenschap zichzelf en haar omgeving sterk af te koelen.

Dit is het principe toegepast bij koelinstallaties, voor het eerst op industriële basis geïntroduceerd door Dr. Carl Linde in 1895. De machine van Dr. Linde was op de wereldtentoonstelling te Parijs in 1900 een grote attractie en werd nadien aangekocht door het laboratorium van d'Arsonval, de businesspartner van Georges Claude. Ingenieurs zochten al gauw naar andere industriële toepassingen van de uitvinding van Dr. Linde. Claude was één van hen.

Reeds in 1897 schreef deze in het wetenschappelijk periodiek *Cosmos*: "Zuurstof omringt ons van alle zijden met een dusdanige overvloed onder vorm van het doodgewone mengsel atmosferische lucht genoemd, dat het onaannemelijk is dat men vroeg of laat er niet in zou slagen op fysische weg de erin aanwezige gassen te scheiden...".

Georges Claude had in 1895-1896 onderzoeken gedaan naar de eigenschappen en toepassingen van acetylenegas, vloeibaar gemaakt door het oplossen ervan onder druk in aceton (*l'acétylène dissous*). Dit product was veel eenvoudiger aan te maken en minder gevaarlijk dan het licht ontplofbare vloeibare acetyleen verkregen door gebruik te maken van calciumcarbide.

Hij zou ook het procédé LINDE verbeteren voor het produceren van zuurstof en stikstof. De Claude-distillatiekolom verbeterde het zuurstofapparaat van Dr. Linde door er ook het laatste deel zuurstof uit te isoleren dat zich anders opnieuw met de stikstof vermengde en het daardoor waardeloos maakte voor verder gebruik.

Het winnen van stikstof was immers aanvankelijk niet het hoofddoel van het LINDE-toestel.

Het recupereren van zuivere stikstof daarentegen, was wél het voornaamste doel en voordeel van de Claude-kolom.

De Franse maatschappij *l'Air Liquide* zou de uitvinding van Claude

op industriële basis exploiteren. Een eerste fabriek voor de aanmaak van synthetisch ammoniak volgens dit procédé werd sinds 1921-1922 opgestart te *La Grande Paroisse* te Monteraut (dép. Seine-et-Marne, Frankrijk). De productie steeg er tussen 1922 en 1923 van 2 ton naar 5 ton ammoniak per dag.

## GUANO VERSUS KUNSTMEST

**H**et belang van stikstof was toen al groot, zowel om de oorlogsmachine draaiende te houden (springstoffen) als in vreedstijd (explosieven voor de mijnbouw, meststoffen voor de landbouw). Stikstof aangemaakt door onder meer *l'Air-Liquide*, kende in het Interbellum een brede waaier van toepassingen in de chemische nijverheid.

Het gebruik van stikstof op wereldvlak steeg spectaculair tussen 1900 (315.000 ton) en 1925 (710.000 ton), wat de investering in een zo'n bedrijf ruimschoots verantwoordde<sup>9</sup>.

Wie stikstof langs kunstmatige weg produceerde, kon zich sterk en onafhankelijk opstellen.

Zo beroofde de blokkade van Duitsland tijdens WO I deze mogendheid van de 800.000 natuurlijke chili-nitraten (*guano*) die zij nodig had o.a. als meststoffen voor de landbouw. Inspanningen werden ondernomen om langs kunstmatige weg stikstof te produceren zoals bij het procédé Haber (het meest succesvolle tot dan toe). Dit bestond erin, stikstof met waterstofgas te mengen op hoge temperatuur en onder druk, in aanwezigheid van katalysators.

De productie van ammoniaksulfaat en cyaanamide leverde als gevolg daarvan Duitsland in het Interbellum een belangrijke voorsprong op de rest van de wereld.

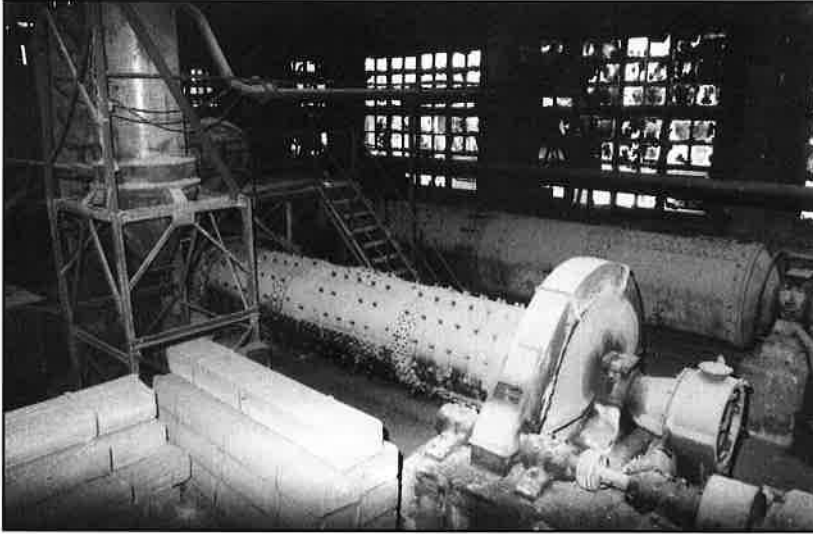
Nood werd zodoende omgezet in een deugd.

Vanaf 1918 zou men trouwens overal ter wereld zoeken naar kunstmeststoffen ter vervanging van de onbetaalbaar geworden chili-nitraten.

**Geheel van drie *liquifactors*/temperatuurwisselaars met metalen bekleding, onderdeel van het productieproces van vloeibare stikstof (anno 1928). De gedeeltelijk in de grond ingewerkte opstelling is hier duidelijk zichtbaar.**

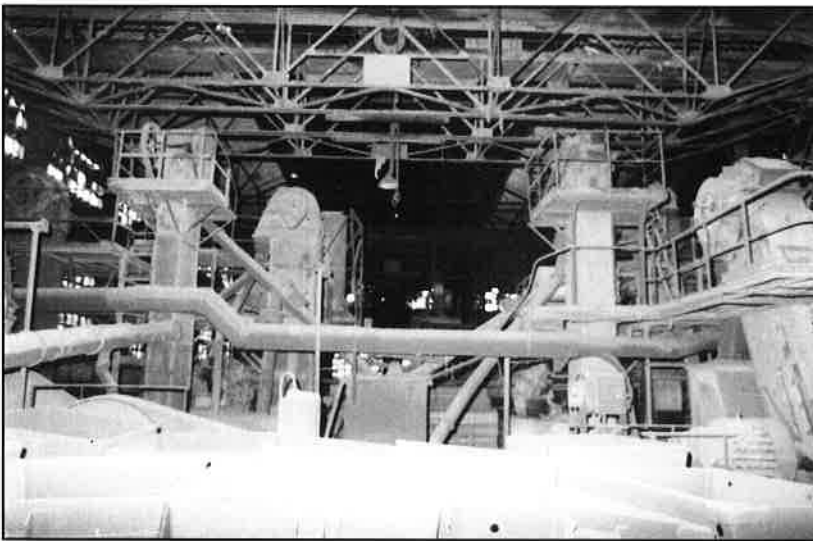
(foto Josiane Kisteman, MIAT)





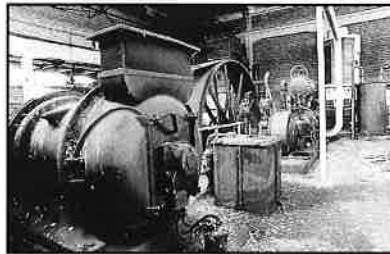
Twee rond hun lengteas draaiende ovens MIGUET van 4.500 kVA elk, waarin kalk en cokes werden geroosterd voor de fabricage van carbide. Deze technische installatie uit 1928 (?) van belang voor de industriële archeologie van de chemische nijverheid in Vlaanderen werd in 1993 verschroot.

(foto Guido Deseyn, MIAT)



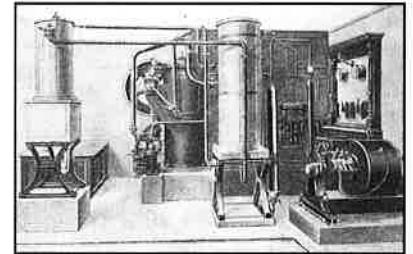
Installatie om fijn gemalen carbide met toevoeging van stikstof in elektrische smeltkroezen te verwerken tot cyaanamide. Achteraf werd deze gemalen en opgeslagen in silo's. Ook deze interessante installatie verduwen, samen met de productiehhal, onder de sloophamer.

(foto Guido Deseyn, MIAT)



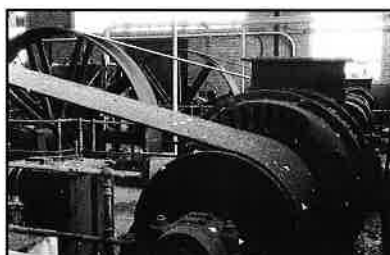
Voor- en achterzijde van één der drie krachtige 3 fase-electromotoren (225PK) voor de aandrijving van de vliegwielen der luchtcompressoren BURCKHARDT.

(foto Josiane Kisteman, MIAT)



De eerste installatie van LINDE uit 1900, die op de wereldtentoonstelling te Parijs in hetzelfde jaar groot succes oogstte. Zij werd door d'Arsonval, partner van Claude, aangekocht, door het *Collège de France*. In de daaropvolgende jaren zou trouwens strijd tussen Duitsland en Frankrijk worden geleverd om de meest efficiënte apparatuur voor het winnen van zuurstof, stikstof en andere gassen.

(uit G. CLAUDE, *Air liquide. Oxygène. Azote. Gaz rares*, Dunod, Paris 1926)



In Frankrijk daalde de import van 350.000 ton in 1913 tot 260.000 ton in 1924. Ter vervanging werden langs chemische weg 115.000 ton ammoniaksulfaat, en 45.000 ton cyaanamide geleverd (op basis van stikstof).

De fabriek van l'Air Liquide te Toulouse zou daarenboven nog eens 150.000 ton synthetische ammo-

niak kunnen leveren vanaf haar inwerkingtreding in 1925.

Reden waarom de landen onder aan onderstaande lijst van 1925-1926 zélf met het opzetten van stikstofvoortbrengende chemische bedrijven zijn gestart.

België bijvoorbeeld gebruikte in 1925 per hectare landbouwgrond ± 27 kg meststoffen op basis van

stikstof, Duitsland (nochtans de grootste producent) slechts 12,60 kg, Groot Brittannië 6,25 kg en Frankrijk 3,20 kg !

Dit was de toestand op de vooravond van het in gebruik nemen van productiecentra van stikstof volgens de procédés Claude (Frankrijk) of Casale (Italië) waarvan men verwachtte dat zij de daaropvolgende decennia de meststofproductie met tonnenmatenzou doen toenemen.

De keuze van de Vlaamse vestiging van L'Air Liquide (cyanamide-fabriek van de NV Belgische Elektrochemische Maatschappij) in de Gentse kanaalzone anno 1928 was daarvan het logisch gevolg. De grootschalige toepassing van scheikundige meststoffen in de landbouw kwam trouwens in Vlaanderen slechts in de jaren dertig van de grond.

### De productie van deze kunstmeststoffen bedroeg in 1926

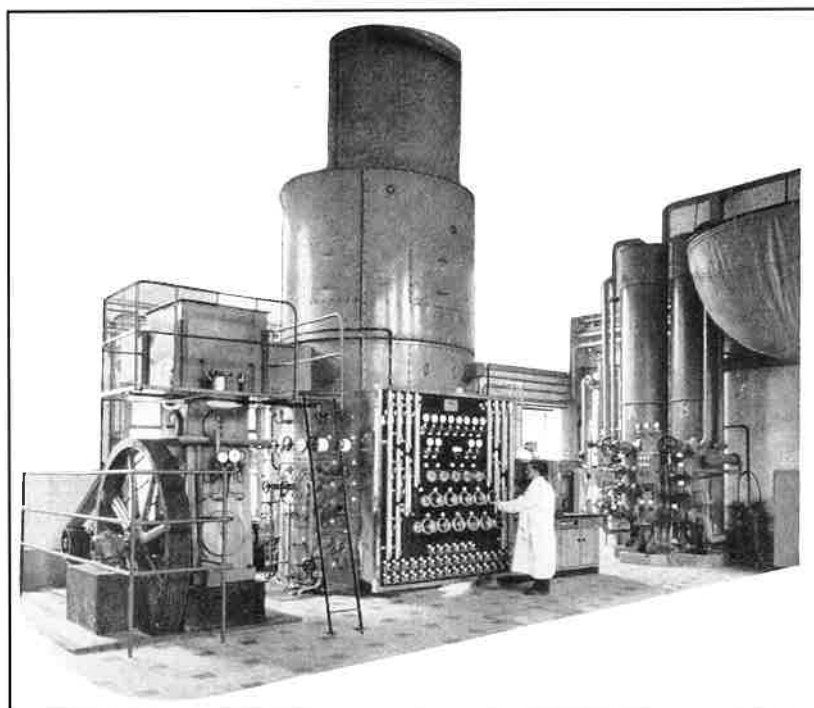
	ammoniumsulfaat	cyaanamide
Duitsland	1.550.000 ton	420.000 ton
Verenigde Staten	496.000 ton	65.000 ton
Groot Brittannië	in 1925 408.000 ton door staking in 1926 298.000 ton)	65.000 ton
Japan	200.000 ton	85.000 ton
Frankrijk	154.000 ton	55.000 ton
België	72.000 ton	55.000 ton
Nederland	70.000 ton	50.000 ton

### Het rendement per hectare (in centenaar) was in hetzelfde jaar in evenredigheid

	graan	suikerbieten	aardappelen
België	25,7	306	180
Duitsland	16,5	291	111
Groot Brittannië	20,7	201	146
Frankrijk	13,9	284	104

### L'AIR LIQUIDE

Volgens Claude had zijn uitvinding de volgende voordelen t.o.v. bijvoorbeeld het procédé Linde : een gunstige kosten-baten analyse, onnodige staatsubsidies, een stimulans voor de cokesfabrieken, een besparing van 300.000 ton verbruikte



Een 'moderne' stikstofinstallatie anno 1963. Centraal de productiekolom (met controlebord), links de compresso-ontspanner, rechts de wisselaars.

(foto tijdschrift *Industrie*, maart 1963)

cokes per 100.000 ton gefixeerde stikstof, een veilige stikstofproductie in oorlogstijd, transportwinst. Elektriciteit vormde een essentieel onderdeel voor de productie van cyaanamide of voor het afzonderen van stikstof uit de lucht.

Aanvankelijk, rond 1925, werden als brandstof en voor (elektrische) energie per ton gefixeerde stikstof respectievelijk, voor de cyaanamide 3.600 kg cokes (waarvan 30% voor het branden van de kalksteen), 17.500 kilowatt/uur elektriciteit en 7.500 kg kalksteen, en voor de winning van stikstof uit de atmosfeer, zonder enige andere brandstof, 25.836 kilowatt/uur aan elektriciteit verbruikt.

De werking van een *Air Liquide*-installatie met distillatiekolom Claude anno 1928 kan als volgt worden samengevat (zie werkingsschema blz. 25) :

- de samengeperste lucht uit de atmosfeer bij 20°C en met 60% luchtvochtigheid wordt binnengeleid onder aan de *wisselaar* (*échangeur*) en circuleert er vrij tussen de leidingbundels met onderkoelde en van elkaar gescheiden vloeibare stikstof (N<sub>2</sub>) en zuurstof (O<sub>2</sub>). Deze komen van de *ontmenger* (*liquéfacteur*).

- als de samengeperste lucht met een druk van 25 kg/cm<sup>2</sup> de wisselaar bovenaan verlaat is hij afgekoeld tot -110°C. Daarvan wordt 85% naar de mechanische *ontspanner* (*détendeur*) geleid en van daar met een druk van 4 à 5 kg/cm<sup>2</sup> onder aan het hogedruk-gedeelte (HP, *haute-pression*) van de distillatiekolom Claude binnengeleid. Daarin scheiden zich zuurstof en stikstof. Dit grijpt plaats in de *verdampers* (*vaporiseur*), gesitueerd op één derde van de kolomhoogte.

- de overige 15% van de samengeperste lucht gaat na de wisselaar rechtstreeks naar de ontmenger en wordt net als in de wisselaar dooreen buizenbundel geleid. Daar wordt hij door de frigorieën uit stikstof en zuurstof bij -193°C vloeibaar en stroomt eveneens naar het HP-gedeelte van de kolom.

In dit *hogedruk-gedeelte* wordt de

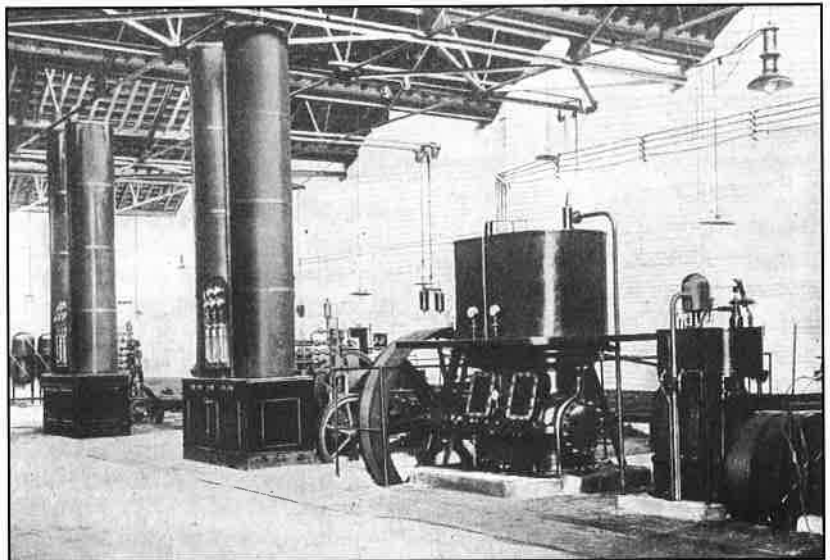
47% O<sub>2</sub> uit de lucht geleidelijk geïsoleerd en afgescheiden.

De vloeibare stikstof is dan nagevoeg zuiver (99,8%) en wordt via een leiding naar de bovenzijde van het *lagedruk-gedeelte* (BP, *basse-pression*) van de Claude-kolom gepompt.

Om praktische reden (hoogtewinst) bevond zich circa één derde van de Claude-kolom (het deel beneden de verdampers) in een put onder de begane grond (3,690 m van de totale 7,984 m hoogte).

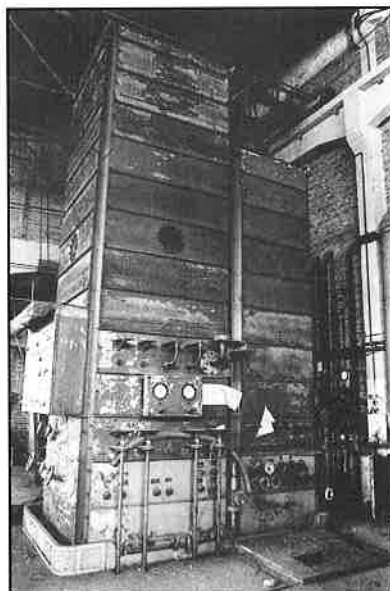
## BESLUIT

**S**tikstof verdampt vlugger dan zuurstof, vandaar het succes van de uitvinding van Georges Claude voor het economisch scheiden van beide gasen. Dit werd tot in de kleinste details onderzocht en bijgevallen onder andere door de Duitse professor Dr. Carl Linde, de 'vader' van de koeltechnologie. Aan Dr. Linde komt de eer toe voor het eerst zuurstofgas van stikstofgas te hebben gescheiden.



Compoundmachines anno 1908 voor de productie van vloeibare lucht (50m<sup>3</sup>/u zuurstof) in het *Air Liquide*-bedrijf te Ougrée nabij Liège. In de nabijgelegen gietrijen van Ougrée-Marhage werden in 1912 drie apparaten voor het winnen van 250m<sup>3</sup>/u geleverd door de *Société l'Air Liquide* uit Parijs in een andere toepassing : om onder druk de hoogovens met zuurstof verrijkte lucht aan te blazen.

(uit G. CLAUDE, *Air liquide. Oxygène. Azote. Gaz rares.*, Dunod, Paris 1926)



De als laatste in gebruik genomen stikstofkolom (in 1964) met een hoogte van ca. 5,70m. Rechts daarvan de temperatuurwisselaar die niet, zoals bij de oudere types, losstaand van de kolom is opgesteld. Ook deze is bij de sloping verdwenen.

(foto Josiane Kisteman, MIAT)

Over het omgekeerde fenomeen, de condensatie (het opnieuw vloeibaar worden) van deze gassen, liepen aan het einde van de 19de eeuw de meningen echter uiteen. Dr. Linde en anderen kwamen hier in conflict met Claude, die de mogelijkheid tot inversie naar vloeibaar toestand realiseerde.

De hamvraag bestond er evenwel in, te bewijzen dat zuurstofgas niet op hetzelfde ogenblik terug vloeibaar werd als stikstofgas. Het was Claude duidelijk dat indien beide gassen op hetzelfde ogenblik opnieuw condenseerden, men de lucht volledig vloeibaar moest maken om een scheiding der elementen te verkrijgen.

Indien daarentegen het ene gas vlugger condenseerde dan het andere, was slechts het gedeeltelijk vloeibaar maken van lucht onder druk noodzakelijk. Door een ingenieuze ingreep - het plots ontspannen van lucht langs mechanische weg - een uitvinding waarin enkel Georges Claude was geslaagd, moest enkel een minimaal benodigd gedeelte van de lucht in vloeibare toestand worden gehouden. Claude moest wel proefondervindelijk deze verhouding bepalen, en hield het op 85% ontspannen t.o.v. slechts 15% vloeibare lucht. Deze laatste vormde de basis tot het verkrijgen van een zeer zuurstofrijke vloeistof. Daarenboven waarborgde de proefondervindelijk verkregen verhouding het recupereren van de quasi-totaliteit aan zuurstof uit de behandelde lucht. Georges Claude bewees eens te meer hoe de *toegepaste* wetenschap sommige besluitvormingen van de *theoretische* wetenschap kon rectificeren.

Hij was, net als zijn concurrent Dr. Linde, een man van de praktijk die onmiddellijk een economische toepassing voor zijn uitvinding voorzag en over de industriële exploitatie ervan op grote schaal geen gras liet groeien.

Zoals Claude's vennoot d'Arsonval reeds opmerkte i.v.m. diens uitvinding: "*Het vloeibaar maken van lucht op industriële basis is niet enkel een wetenschappelijke revolutie, doch is er vooral een op economisch en sociaal gebied*"<sup>10</sup>.

## NOTEN

<sup>1</sup> "De universele kunstenaar had (...) vijftig werklieden in dienst. Sommigen persten lucht samen tot een droge, tastbare materie, door er de salpeter uit af te scheiden, en de water- of vochtdeeltjes eruit te filteren (...)"

Uit de beschrijving van de grote 'Academie' in Lagado in *Gulliver's Reizen* (Motte, London, 1726), deel III: *A voyage to Laputta, Balnibarbi, Glubbdubdrib, Luggnagg and Japan*, hoofdstuk 5. Een vondst gemeld door ingenieur Steinkel aan de Franse chemicus Georges Claude voor de heruitgave van zijn boek in 1926.

<sup>2</sup> H. DE BROE, *Usines de cyanamide de la Société Belge d'Electrochimie à Langerbrugge*, in: *La Technique des Travaux, revue mensuelle de procédés de construction modernes*, Liège, maart 1930.

<sup>3</sup> G. ANCIEN, *L'industrie de l'oxygène en Belgique*, uit: *Industrie* (tijdschrift van de *Fédération des Industries Belges*), maart 1963.

<sup>4</sup> Het voor deze bijdrage geconsulteerd werk van Georges Claude is de 2de herziene druk uit 1926: *L'Air Liquide; Oxygène. Azote. Gaz rares*. (Dunod, Paris). Daarin schetst Claude de geschiedenis van de ontdekking en (industriële) productie van (vloeibare) gassen sinds Lavoisier.

<sup>5</sup> Daarvóór had hij reeds het gelukkige idee om het door hem ontwikkeld procédé voor de synthese van ammoniak te combineren met de fabricage van zg. *sel-de-soude*: koolstofhoudend ammoniak reagerend op zout water leverde natriumcarbonaat op, naast chloorhydraat. Dit werd geproduceerd in de bedrijven werkende volgens het procédé Solvay. De goedkope aanmaak van synthetisch ammoniak leverde dus als nevenproduct een eveneens goedkope meststof voor de landbouw op.

<sup>6</sup> Samenvatting ontleend aan *Nota's betreffende het scheiden van lucht*. Handleiding bij de CLAUDE-installatie te Langerbrugge (archief MIAT).

<sup>7</sup> Uitgedrukt in frigorieën, koude-eenheden - het tegengestelde van calorieën, warmte-eenheden

<sup>8</sup> Cf. *Le Génie Civile* van 17 februari 1923: *L'application des gaz de fours à coke à la synthèse de*

*l'ammoniaque*: "(...) pour la fixation de l'azote atmosphérique par la synthèse de l'ammoniaque, diverses usines commencent à fonctionner en France; elles emploient les procédés de Georges Claude utilisant les fours à coke pour obtenir l'hydrogène nécessaire à la synthèse de l'ammoniaque, produite en présence d'un catalysator, sous l'influence d'une pression considérable et d'une température élevée (...)".

<sup>9</sup> D'ARSONVAL, voorwoord tot tweede druk van Georges CLAUDE's *Air liquide. Oxygène. Azote. Gaz rares*. (Dunod, Paris, 1926).

## BIBLIOGRAFIE

Georges CLAUDE, *Air Liquide, Oxygène, Azote, Gaz rares*. Dunod, Paris. Eerste druk 1922, tweede druk 1926.

LE GENIE CIVIL, *La fabrication de l'ammoniaque synthétique par le procédé Haber et le procédé Claude*. Deel LXX - n° 22 dd. 3 juni 1922, pp. 499-504; zie ook de nummers 20 & 21, resp. dd. 20 en 27 mei 1922.

*La fabrication de l'ammoniaque synthétique par le procédé Haber et le procédé Claude* (vervolg). Deel LXXX - n° 23 dd. 10 juni 1922, pp. 523-525.

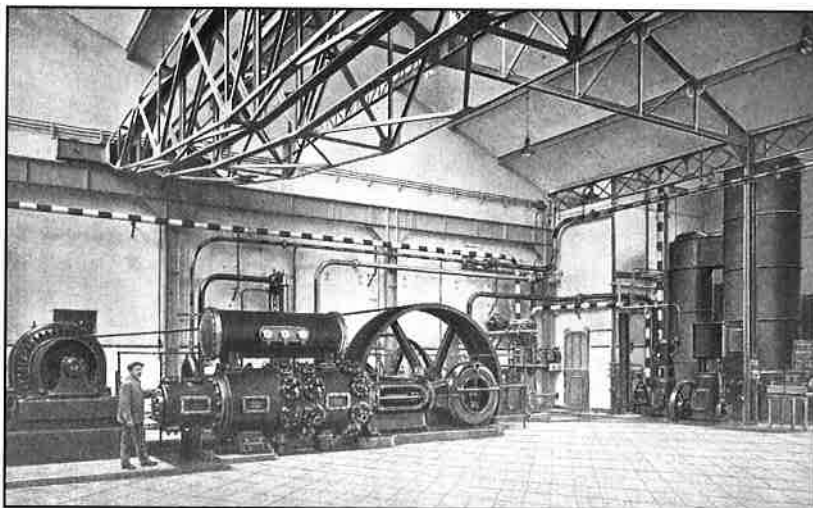
*Les produits azotés synthétiques et l'ammoniaque obtenus comme sousproduits de la distillation de la houille*. Deel LXXX - n° 25 dd. 24 juni 1922.

*Etat actuel de l'industrie des engrais chimiques. La production Française*. Deel LXXXII - n° 13 dd. 30 mei 1925, pp. 541.

*L'Industrie de l'azote et sa situation en France*, (dd. 28 november 1925 p. 469).

*Les engrais azotés et leur emploi en agriculture*, (dd. 6 augustus 1927 p. 151).

L' AIR LIQUIDE/SADACI-ARCHIEF (verzameling MIAT)



Een gedeelte van de machinehal van de *Air Liquide*-fabriek opgericht in 1926 te Boulogne-sur-Seine (Frankrijk). Dezelfde opstelling is twee jaar later toegepast in het bedrijf in de Gentse kanaalzone en leverde eveneens 500m<sup>3</sup> zuurstof per uur. Links de electromotor die energie leverde voor de riemaandrijving van de luchtcompressor (midden); rechts de installatie voor het winnen van zuurstof en stikstof.

(uit G. CLAUDE, *Air liquide. Oxygène. Azote. Gaz rares.*, Dunod, Paris 1926)

Werkingschema van een *Air Liquide*-installatie met distillatiekolom Claude anno 1928 (beschrijving zie blz. 23).

(archief SADACI, verzameling MIAT)

