

# THERMOPTIM®

## HANDLEIDING

### VOORBEELD VAN EEN STOOMCYCLUS

VERSIE JAVA 1.5

© R. GICQUEL MAART 2010

# INHOUD

<b>AAN DE SLAG GAAN MET THERMOPTIM .....</b>	<b>3</b>
BASISNOTIES.....	3
<b>BEREKENING VAN EEN CYCLUS VAN STOOMCENTRALE .....</b>	<b>4</b>
CREATIE VAN HET SCHEMA .....	1
CREATIE VAN DE ELEMENTEN VAN DE SIMULATOR .....	3
PARAMETRERING VAN DE PUNTEN .....	5
PARAMETRERING VAN DE TRANSFO'S.....	6
<b>TRACE VAN DE CYCLUS OP THERMODYNAMISCH DIAGRAM.....</b>	<b>8</b>
VERBETERING VAN HET TRACÉ VAN DE CYCLI .....	9
<i>Verbinding van de punten door iso-waardenlijnen .....</i>	<i>9</i>
<i>Aanpassing van de kleur van de cyclus .....</i>	<i>10</i>
<i>Over elkaar plaatsen van meerdere cycli op een diagram .....</i>	<i>11</i>
VERANDERING VAN DIAGRAMTYPE .....	11

© R. GICQUEL 1997 - 2010. Elke integrale of gedeeltelijke weergave of reproductie uitgevoerd zonder toelating is onwettig en vertegenwoordigt een vervalsing die bestraft wordt door de Wet op de Intellectuele Eigendom.

Waarschuwing: de informatie vervat in dit document kan het voorwerp vormen van aanpassingen zonder voorafgaande kennisgeving en heeft in geen geval een bindend karakter.

## AAN DE SLAG GAAN MET THERMOPTIM

Het doel van het eerste deel van deze handleiding is een gebruiker in staat te stellen zich snel (op minder dan een half uur) vertrouwd te maken met THERMOPTIM, met gebruikmaking van de basiselementen van de programmatuur.

Zodra deze inleidende stappen zijn afgewerkt, wordt het makkelijker de bestudering van complexere problemen aan te pakken, meer bepaald deze waarbij knooppunten of wisselaars betrokken zijn, welke worden geïllustreerd door de twee varianten van de hier voorgestelde eenvoudige cyclus. Voor een meer uitgebreide uitleg verwijzen we naar de referentiehandleiding van de programmatuur.

We verwijzen tevens naar een geheel van online vormingsmodules met audio-ondersteuning onder de titel DIAPASON, wat staat voor « Diaporamas Pédagogiques Animés et Sonorisés » (geanimeerde pedagogische diashows met geluid). Deze modules zijn bedoeld om Thermoptim te ontdekken en onder de knie te krijgen: <http://www-cenerg.ensmp.fr/cours/SE/thermoptim/accueil.html>. U vindt er een voorbeeld dat vergelijkbaar is met het geval dat hier behandeld wordt, met een andere afstelling, en met links naar een vormingsite betreffende energiesystemen die heel wat technologische uitleg en varianten van deze cyclus bevat.

## BASISNOTIES

De studie van een thermodynamisch systeem kan worden opgesplitst in vijf fundamentele stappen:

- 1) de analyse van de structuur (of van de architectuur) van de beschouwde technologie, die de belangrijkste functionele elementen duidelijk maakt (compressors, warmtewisselaars, turbines enz.) en hun aansluitingen.
- 2) voor elke component de identificatie van de thermodynamische vloeistoffen die hierbij betrokken zijn: zo is de in een gasturbine samengeperste vloeistof bv. lucht die brandt met een brandstof in de verbrandingskamer, om verbrande gassen te vormen, die op hun beurt worden ontspannen in de turbine.
- 3) voor elk element moet worden bepaald of deze een open of gesloten systeem vormen. We herinneren eraan dat wat hen onderscheidt respectievelijk de aanwezigheid of de afwezigheid is van een massaoverdracht naar de grenzen
- 4) voor elk element verduidelijkt de bepaling transformaties die de verschillende geïdentificeerde vloeistoffen ondergaan en de berekening van hun evoluties.
- 5) de opstelling van de globale balans van het beschouwde systeem door het samenbrengen van de verschillende modellen van de functionele elementen, rekening houdend met de interne verbindingen.

THERMOPTIM werd ontworpen om de berekening van complexe thermodynamische cycli te vereenvoudigen. Het is voor de gebruiker echter geen vervanging van de gedetailleerde analyse van het betreffende systeem, wat overeenkomt met de eerste drie bovenstaande stappen.

Vooraleer zijn project in de programmatuur te beginnen invoeren moet de gebruiker dit werk hebben uitgevoerd, anders loopt hij het risico weergavefouten te begaan.

Zodra deze analyse is uitgevoerd kan elk van de componenten gemakkelijk worden beschreven dankzij de hieronder voorgestelde punten, transformaties en wisselaars, die gegroepeerd zijn onder de vorm van een project dat eventueel een beroep doet op knooppunten.

THERMOPTIM definieert drie categorieën **lichamen** : zuivere ideale gassen, samengestelde ideale gassen en condenseerbare dampen (zonder mengelingen). De perfecte gassen slaan op het bijzondere geval van ideale gassen waarvan de thermische massacapaciteit onafhankelijk is van de temperatuur.

Thermoptim aanvaardt nog een andere categorie van zogenaamde externe lichamen die door de gebruiker worden gedefinieerd en die verschijnen op de schermen (zie specifieke opmerking hierover).

Het lichaam kan zuiver zijn, in welk geval zijn eigenschappen vooraf bepaald zijn in de programmatuur, of samengesteld zijn. In dit geval (dat alleen voor een gas mogelijk is) moet de gebruiker de samenstelling definiëren op basis van de andere gassen aanwezig in de basis, met aanduiding van de naam en de molaire of massafractie ervan. De eigenschappen van het samengestelde lichaam worden dan automatisch bepaald op basis van de eigenschappen van de samenstellende onderdelen.

Een **punt** duidt op een partikel van een lichaam en maakt het mogelijk zijn intensieve toestandsvariabelen te bepalen: druk, temperatuur, thermische massavermogens, enthalpie, entropie, interne energie, exergie, titel. Een punt wordt gedefinieerd door zijn naam en deze van het lichaam dat ermee verbonden is. Om het te berekenen moet men:

- ofwel minstens twee van zijn toestandsvariabelen invoeren, in het algemeen de druk en de temperatuur voor de open systemen, en het volume en de temperatuur voor de gesloten systemen,
- ofwel deze automatisch bepalen door bijvoorbeeld één van de hieronder gedefinieerde transformaties te gebruiken.

De **transformaties** (transfo's genoemd in THERMOPTIM) komen overeen met thermodynamische evoluties ondergaan door een lichaam tussen twee toestanden. Een transfo verbindt dus twee punten zoals eerder gedefinieerd, een punt stroomopwaarts en een punt stroomafwaarts. Bovendien specificeert deze het massadebiet in kwestie en maakt het dus mogelijk de extensieve toestandsvariabelen te berekenen en meer bepaald de energievaryatie in kwestie te bepalen.

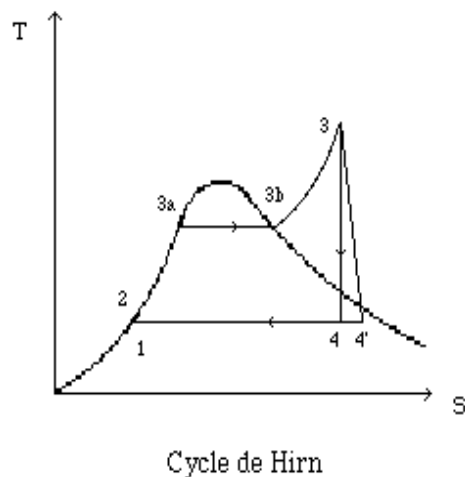
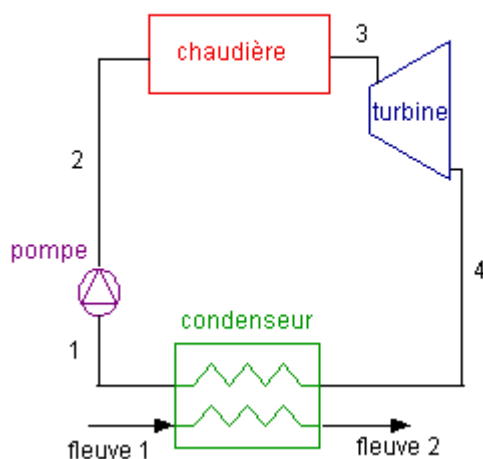
De transformaties kunnen van meerdere types zijn: compressies, ontspanningen, verbrandingen, platwalsingen, warmtewisselingen, en vochtige transformaties (dit laatste geval bestrijkt zeven verschillende evolutie categorieën). Hun afstelling doet beroep op verschillende kenmerken al naargelang het geval zoals bijvoorbeeld voor een compressie, het isentropische rendement en de compressieverhouding.

Een cyclus kan worden beschreven als een geheel van punten verbonden door transformaties. Voor zover het vloeistofmassadebiet gelijk is in alle transfo's, volstaan transfo's en punten gezien het vloeistofnetwerk impliciet wordt gedefinieerd door de interne verbindingen. Als dit niet het geval is, kan het nodig zijn de beschrijving van het netwerk te vervolledigen door gebruik van de in de documentatie beschreven knooppunten.

## BEREKENING VAN EEN CYCLUS VAN DE STOOMCENTRALE

Er wordt voorgesteld de cyclus van een stoomcentrale te bestuderen en deze weer te geven op een entropisch diagram.

### Schéma d'une centrale à vapeur



Op punt 1 is het debiet 1kg/s water in vloeibare toestand, bij een temperatuur van ongeveer 20 °C, onder een lage druk (0,023 bar). Een pomp met isentropisch rendement gelijk aan 1 plaatst dit water onder een druk van 165 bar (punt 2).

Het water onder druk wordt vervolgens verwarmd met constante druk in een vlamketel (fuel, steenkool, aardgas). De opwarming omvat drie fasen:

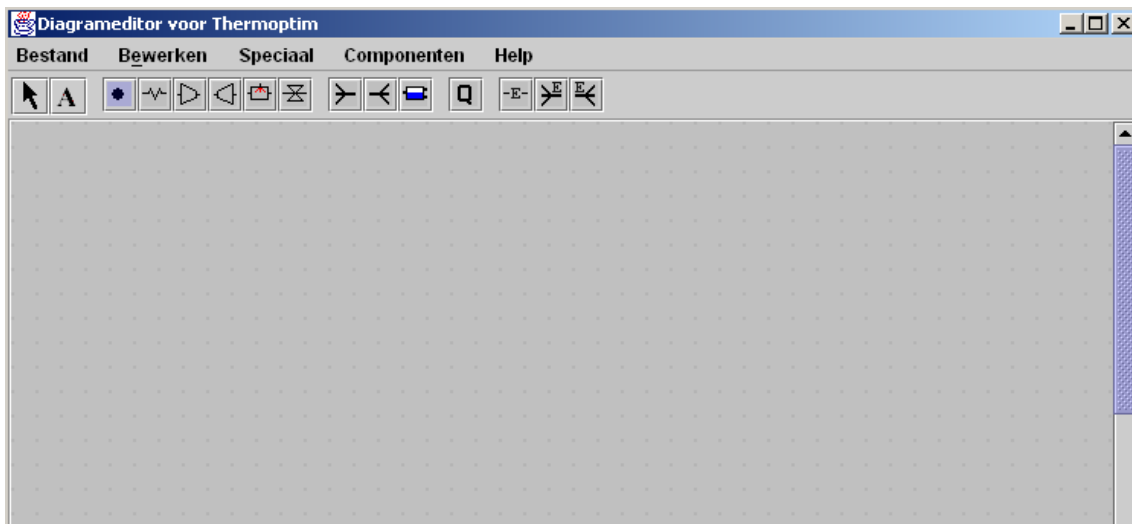
- opwarming van de vloeistof in de voorverwarmer, van 20°C naar ongeveer 355°C, temperatuur van kookbegin bij 165 bar: evolutie (2-3a) op het entropisch diagram
- verdamping bij constante temperatuur 355°C in de verdamper: evolutie (3a-3b)
- oververhitting van 355°C naar 560°C in de oververhitter: evolutie (3b-3).

De stoom wordt vervolgens ontspannen in een turbine met isentropisch rendement gelijk aan 0,85, tot de druk van 0,023 bar evolutie (3-4).





Het vloeistof-stoommengsel wordt uiteindelijk gecondenseerd tot de vloeibare toestand in een condensator, warmtewisselaar tussen de cyclus en de koudebron, bijvoorbeeld het water van een rivier. De cyclus wordt aldus opnieuw gesloten.

## CREATIE VAN HET SCHEMA

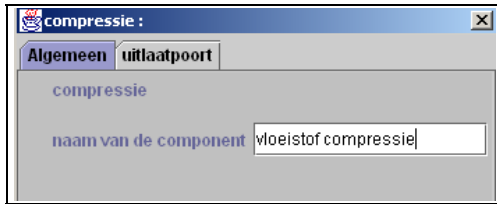
Open THERMOPTIM. Het scherm van het schema-opmaakprogramma wordt weergegeven:



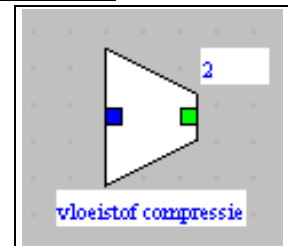
Het bevat een overzicht van de verschillende componenten die kunnen weergegeven worden (warmtewisselingen, compressors, ontspanningsorganen, verbrandingskamers, mengers, verdelers enz.) en een werkpaneel waarin deze componenten worden geplaatst en waar ze met elkaar verbonden worden aan de hand van vectorverbanden.

Het schema van de stoomturbine geeft ondubbelzinnig de te selecteren componenten aan: de pomp, van het compressortype , de ketel, die men hier in feite weergeeft door drie transformaties van het warmtewisselaartype  om de verschillende opwarmingsfasen van het water te onderscheiden (in de voorverwarmer, de verdamper en de oververhitter), de turbine, die een ontspanningsorgaan is , en de condensator, die van het warmtewisselaartype is .

Begin met het selecteren van de compressor en plaats deze op het werkpaneel. Een definitievenster met tabbladen van de component wordt weergegeven. Begin met het invoeren van zijn naam:

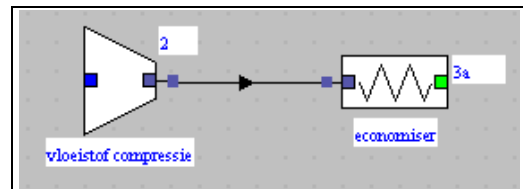


Klik vervolgens op het tabblad van de uitgangspoort en voer de naam in van het uitgangspunt (2), de naam van het lichaam (water) en het debiet (1 kg/s). Klik vervolgens op de knop "Toepassen" om de twee tabbladen te valideren. De component verschijnt op het scherm.

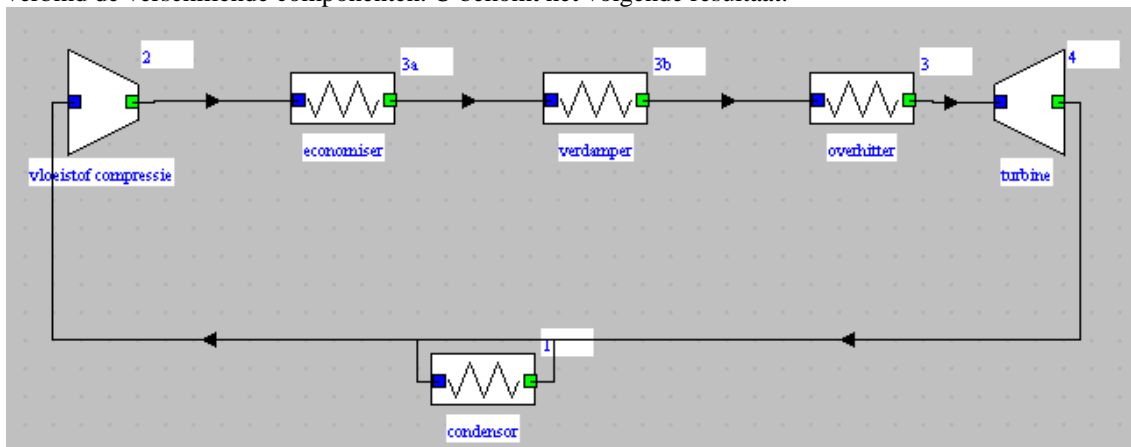


Creëer vervolgens op gelijkaardige wijze de voorverwarmer als "warmtewisselaar"-component maar zonder de naam van het lichaam in te voeren. Die wordt immers automatisch aangebracht bij de verbinding.

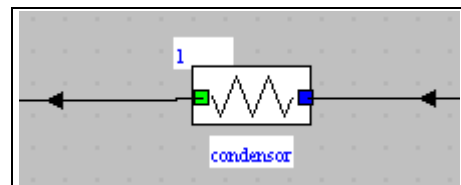
U kunt dan deze componenten onderling beginnen verbinden. Klik daarvoor op de uitgangspoort (groen) van één van hen (bijvoorbeeld de compressor), sleep met de muis tot de ingangspoort van de component waarmee deze moet worden verbonden (hier de voorverwarmer) en laat de knop los. Een gerichte link verschijnt dan op het scherm.




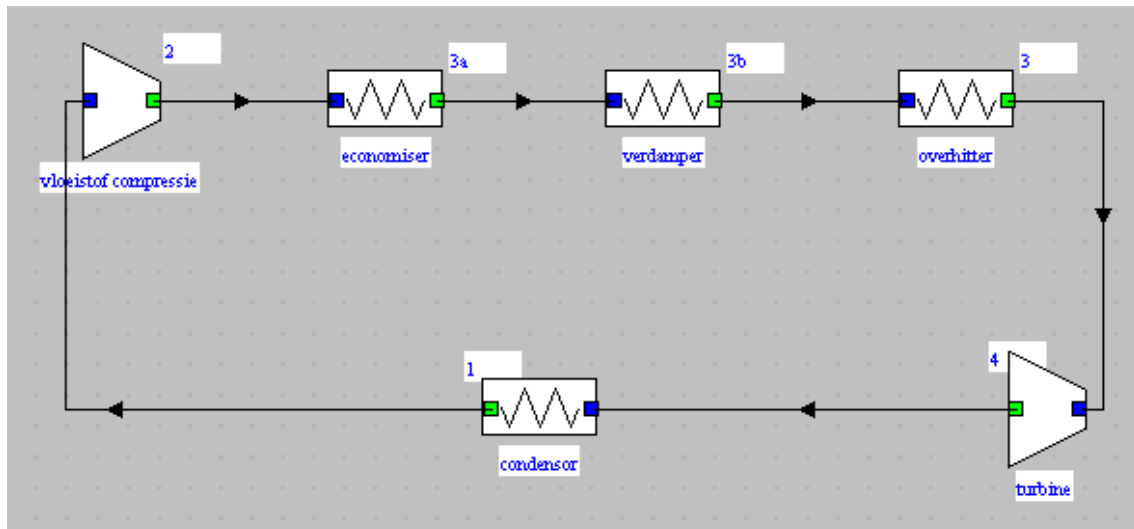
Voer vervolgens op gelijkaardige wijze de overige twee delen van de ketel, de turbine en de condensator in en verbind de verschillende componenten. U bekomt het volgende resultaat:



Op het niveau van de condensator kruisen de links elkaar gezien de componenten standaard van rechts naar links zijn gericht. Om een beter visueel effect te bekomen, de condensator selecteren en de regel "Verticale spiegel" van het menu Opmaak activeren of de toets F1 indrukken. De component richt zich dan van rechts naar links :



Het vorige schema is echter nog onevenwichtig, met vijf componenten bovenaan en slechts één onderaan. Mogelijk is het beter de condensator, de pomp en de turbine uit te lijnen, waardoor ook deze laatste twee componenten van rechts naar links oriënteren. Het bekomen resultaat is als volgt (men heeft bovendien een commentaar  bijgevoegd om het schema aan te duiden) :



Door de pijltoetsen van het toetsenbord te gebruiken kunt u het schema verfijnen door de componenten die niet goed zijn uitgelijnd, zoals de verdampert of de condensator, lichtjes te verplaatsen.

In dit stadium wordt de kwalitatieve beschrijving van de cyclus voltooid. Om de archivering van uw schema's te vergemakkelijken kunt u deze een naam en een beschrijving toewijzen, door de regel "Beschrijving" van het menu Bestand te selecteren:

naam

Beschrijving

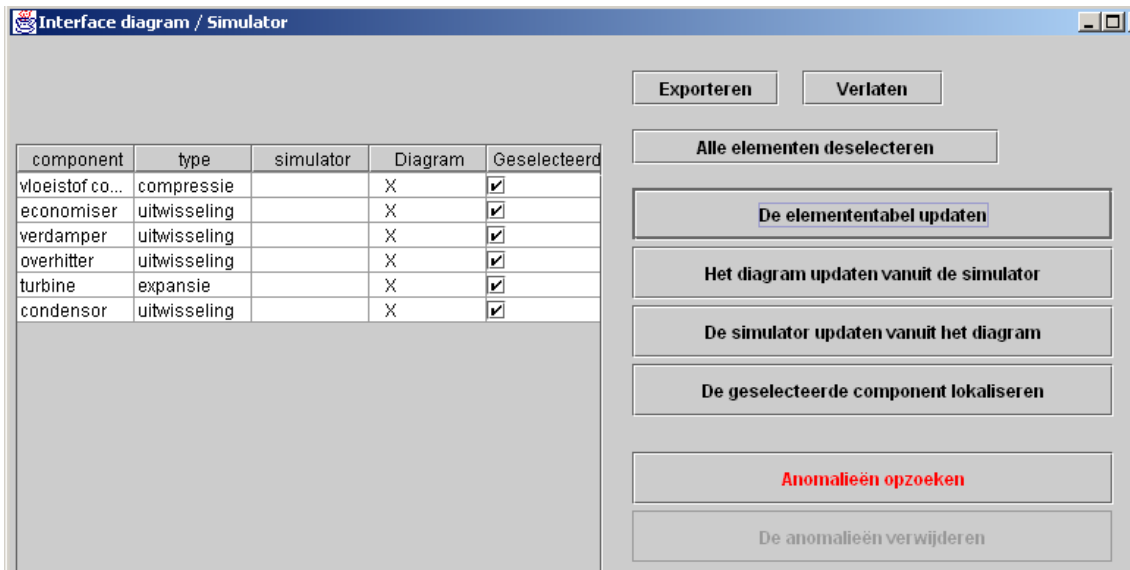
Bewaar vervolgens uw schema door het een naam te geven met de extensie .dia: bijvoorbeeld "vap\_simple.dia".

Door de componenten te verbinden, hebt u bepaalde gegevens van stroomopwaarts naar stroomafwaarts aangebracht, zodanig dat alle namen en lichamen van de ingangspoorten automatisch worden geïnitieerd, zoals u kunt controleren door een component te selecteren en door zijn eigenschappen te laten verschijnen (F4 of menu Bewerken).

Merk verder op dat de invoer van de naam van het lichaam op twee manieren kan gebeuren: ofwel rechtstreeks, ofwel door te dubbelklikken in het veld van de naam, wat de gestructureerde lijst van de in de database beschikbare lichamen opent, in welk geval u het gewenste lichaam kiest.

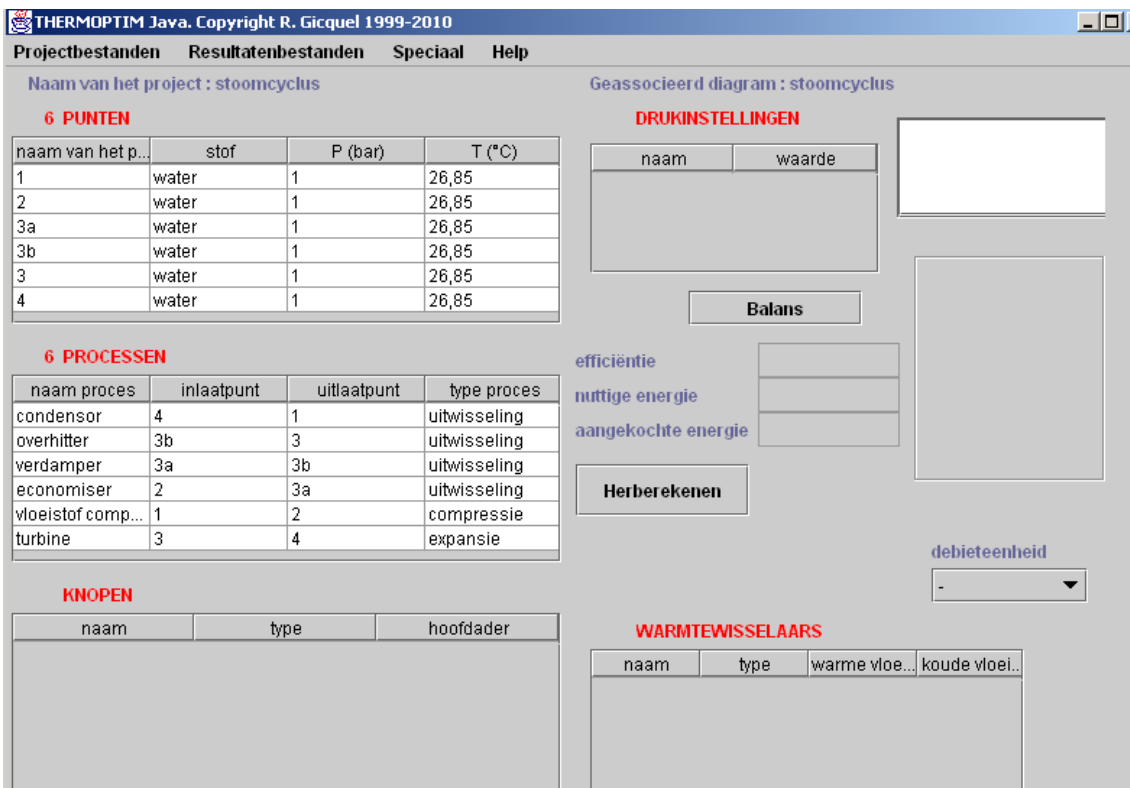
## CREATIE VAN DE ELEMENTEN VAN DE SIMULATOR

Om de elementen van de simulator te creëren is het aan te raden de interface te gebruiken die deze verbindt met het schemaopmaakprogramma en die kan worden geopend vanuit het speciale menu van het schemaopmaakprogramma. Klik dan op de knop "De tafel van de elementen bijwerken". Het volgende scherm wordt weergegeven:



In de tabel links verschijnt de lijst van de componenten die u hebt gecreëerd. Tegenover elk van hen markeert een “X” het vakje “schema” terwijl het vakje “simulator” leeg blijft. De rechterkolom geeft aan welke componenten geselecteerd zijn, met andere woorden de relevante componenten voor de operaties die verricht worden vanaf de interface. Standaard worden alle componenten geselecteerd maar een knop stelt u in staat ze allemaal te deselecteren als u dat wenst. Anders kunt u door dubbelklikken op een regel van de tabel deze regel selecteren of deselecteren.

Om het geheel van de componenten over te brengen naar de simulator klikt u op de knop “De simulator updaten vanuit het schema”. Er wordt u een naam gevraagd voor het project. Voer bijvoorbeeld “eenvoudige stoomcyclus” in. Zodra de overdracht is uitgevoerd, verschijnt het projectscherm als volgt:



Als de componenten onvoldoende gedefinieerd zijn in het schemaopmaakprogramma worden ze niet overgedragen en worden ze geel gekleurd. Thermoptim probeert de gebruiker met een boodschap te verwittigen in geval van een probleem, maar het is mogelijk dat een fout blijft bestaan. In dat geval de *THERMOPTIM Java Handleiding Stoomcyclus* maart 2010



componenten die een probleem vormen één voor één selecteren, de regel “Eigenschappen weergeven” kiezen in het menu Bewerken en de verschillende tabbladen overlopen om te zien of er geen informatie ontbreekt. Als een veld niet bewerkbaar is, moet u de component loskoppelen om deze vrij te maken. U sluit deze opnieuw aan zodra het probleem is opgelost.

Zes punten en zes transfo's werden gecreëerd, met een standaard afstelling (1 bar en 300 K voor de punten). Om de creatie van het model af te ronden moet u nu elk van de schermen van de aangemaakte punten en transfo's openen en ze afstellen zodat ze conform zijn met de relevante situatie. U kunt dit doen vanuit het bovenstaande projectscherm of vanuit het schemaopmaakprogramma, door te dubbelklikken op de componenten om toegang te krijgen tot de transfo's, en op de links om toegang te krijgen tot de punten (u kunt deze natuurlijk ook openen vanuit de schermen van de transfo's).

## AFSTELLING VAN DE PUNTEN

Voer de toestand van het lichaam in punt 1 in. We kennen zijn druk (0,023 bar) en we weten dat het zich op de verzadigingstemperatuur bevindt, in vloeibare toestand.

Om zijn temperatuur te vinden volstaat het “de verzadigingstemperatuur opleggen” te selecteren (standaard, is de titel 0 waard, wat overeenkomt met de vloeibare toestand).

project	stoomcyclus	<input type="checkbox"/> waargenomen	<	>
punt	1			
stof	water	tonen	Dupliceren	Opslaan
	<input type="checkbox"/> Extern mengsel		Verwijderen	Sluiten
<input checked="" type="radio"/> Open systeem (T, v, u) <input type="radio"/> Gesloten systeem (T, v, u) <input type="radio"/> Vochtige mengsels				
P (bar)	0,023		<input checked="" type="radio"/> P en T gekend	
<input type="checkbox"/> instelling gecontr. druk	h (kJ/kg)	82,83661159	<input type="radio"/> P en h gekend	
	s (kJ/kgK)	0,292821436	<input type="radio"/> P en s gekend	
	exergie (kJ/kg)	-1,5399		
T (°C)	19,74562	<input type="radio"/> niet beperkt		
T (K)	292,9	<input type="radio"/> de verzadigingsdruk instellen		
titer	0	<input checked="" type="radio"/> de verzadigingstemperatuur instellen		
u (kJ/kg)	82,83430774	Tsat-benadering	0	
s (kJ/kgK)	0,292821436			
V (m <sup>3</sup> /kg)	0,00100167242			Berekenen

De overige intensieve variabelen kunnen dan worden berekend door te klikken op de knop “Berekenen”.

Punt 1 wordt nu gedefinieerd. Om de overige punten af te stellen als volgt te werk gaan.

Voer voor punt (2) de enige gekende informatie in dit verband in, namelijk de druk,  $p = 165$  bar. In de huidige toestand van de cyclusberekening negeren we zijn temperatuur of zijn enthalpie.

Punt 3a komt daarbij overeen met het kookbegin bij 165 bar. Het volstaat hiervoor de druk in te voeren en de verzadigingstemperatuur op te leggen, met een titer gelijk aan 0. Omdat de toestand van punt 3a volledig gedefinieerd is, kunnen de overige variabelen worden berekend.

Op dezelfde wijze kan punt 3b worden gedefinieerd als zijnde op een druk van 165 bar, bij de verzadigingstemperatuur, met een titer gelijk aan 1.

Punt 3 is van zijn kant op een temperatuur van 560°C en een druk van 165 bar. Deze kan ook worden berekend.

Het laatste af te stellen punt is punt 4. Alleen de druk hiervan is gekend: 0,023 bar.

## AFSTELLING VAN DE TRANSFO'S

Begin bijvoorbeeld met de vloeibare compressie tussen de punten 1 en 2. U hebt de keuze tussen meerdere compressiewijzen: adiabatisch of polytropisch, en voor de open systemen of voor de gesloten systemen. Voor de eerste categorie is de compressieverhouding deze van de drukwaarden, voor de tweede deze van de volumes. Deze kan zoals hier worden berekend of worden opgelegd.

Kies hier bijvoorbeeld: adiabatisch, isentropische referentie, met isentropisch rendement gelijk aan 1 en open systemen.

Selecteer “Het rendement opleggen en de transfo berekenen” en klik dan op de knop “Berekenen”. De toestand van punt 2 wordt berekend evenals de overeenkomstige enthalpievariatie. De waarde van de compressieverhouding wordt weergegeven (hier ongeveer 7 174).

The screenshot shows a software interface for configuring a compression process. Key elements include:

- proces:** vloeistof compressie
- type:** compressie
- type energie:** nuttig
- inlaatpunt:** 1
- uitlaatpunt:** 2
- debiet:** 1
- thermodynamic data for inlet (1):** T (°C) = 19,74562; P (bar) = 0,023; h (kJ/kg) = 82,84; titer = 0
- thermodynamic data for outlet (2):** T (°C) = 20; P (bar) = 165; h (kJ/kg) = 99,3; titer = 0
- System type:** open systeem (selected)
- Compression method:** adiabatisch (selected), isentropische referentie (selected)
- isentropisch rend.:** 1
- polytropische exponent:** 1 214,24576
- drukverhouding (>= 1):** 7 173,91
- Calculation mode:** berekend (selected)
- Buttons:** Verwijderen, Sluiten, Op slaan, Berekennen

Voor de voorverwarmer (2-3a), de verdamper (3a-3b) en de oververhitter (3b-3) is de toestand van de punten stroomafwaarts en stroomopwaarts gekend en is de berekening heel eenvoudig. Controleer eenvoudig of de berekeningswijze (rechts onderaan het scherm) wel degelijk “De Delta H berekenen, met het punt stroomafwaarts gekend” is en klik op “Berekenen”. Bovendien, aangezien de ketel de in de cyclus ingespoten betalende energie is, dit type specificeren door te dubbelklikken in het veld “energietype” gesitueerd links bovenaan het scherm om de standaardwaarde “andere” te wijzigen.

U kunt nu de ontspanning (3-4) definiëren.

Het scherm dat u wordt voorgesteld is hetzelfde als voor een compressie. Kies het ontspanningstype (hier adiabatisch, isentropische referentie, met isentropisch rendement 0,85) en bereken de transfo. De juiste titel van punt 4 en de ontspanningsenthalpie worden dan bepaald.

proces:  type:

type energie:   Debiet inst

inlaatpunt:   m Δh:   gesloten systeem  waargenomen

T (°C):  Q:   open systeem

P (bar):

h (kJ/kg):   adiabatisch  niet adiabatisch

titer:   isentropische referentie  polytropische referentie

isentropisch rend.:

uitlaatpunt:   polytropische exponent:

T (°C):  expansieverhouding (>= 1):   berekend  ingesteld

P (bar):   mechanisch in evenwicht gebracht m...

h (kJ/kg):   Het rendement instellen en het proces berekenen  Het rendement berekenen als het uitlaatpunt gekend...

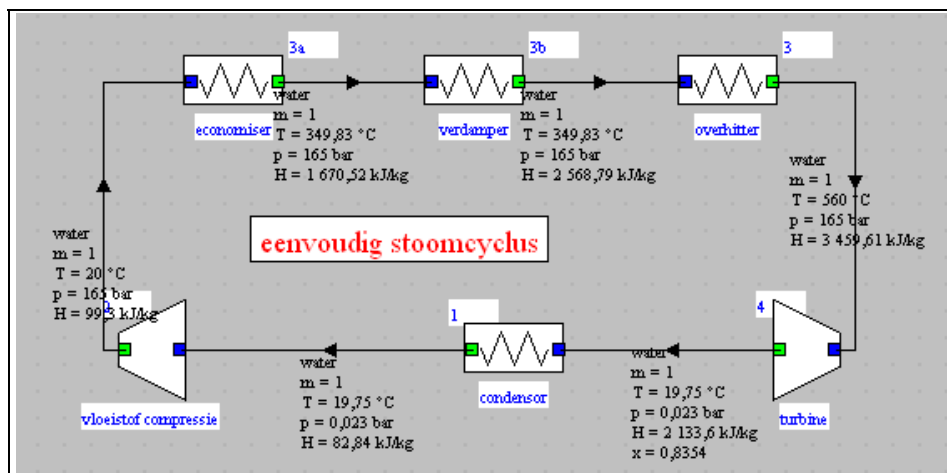
titer:


Bereken de condensator zoals u dat hebt gedaan voor de overige “warmtewisselaar”-transfo's.

In dit stadium wordt het model volledig gedefinieerd en u kunt er de balans van opmaken door te klikken op de knop **Herberekenen** van de simulator, gesitueerd in het centrum van het projectscherm. De betalende energie, de nuttige energie en het rendement van de cyclus worden dan berekend. Bewaar dit in een bestand met de extensie .prj, bijvoorbeeld “vap\_simple.prj”.

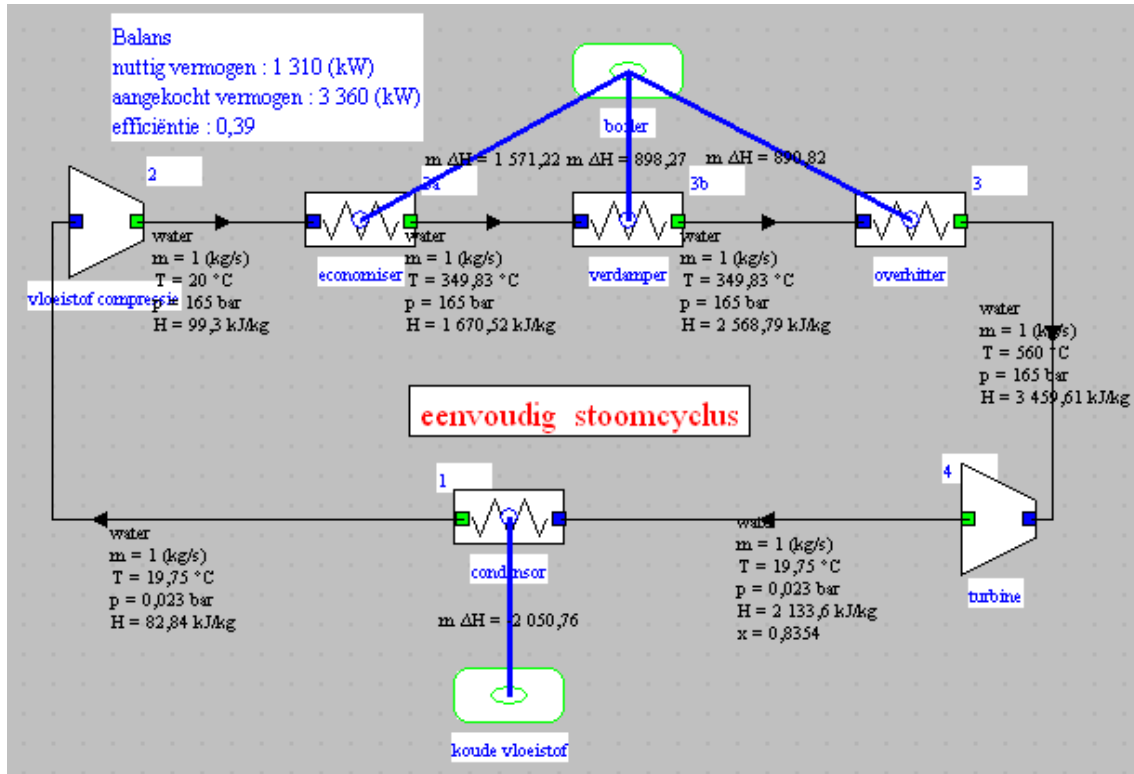
Balans	
efficiëntie	0,39
nuttige energie	1 310
aangekochte energie	3 360

U kunt de bekomen resultaten bekijken door de regel “De waarden weergeven” van het Speciaal-menu van het schemaopmaakprogramma te activeren:



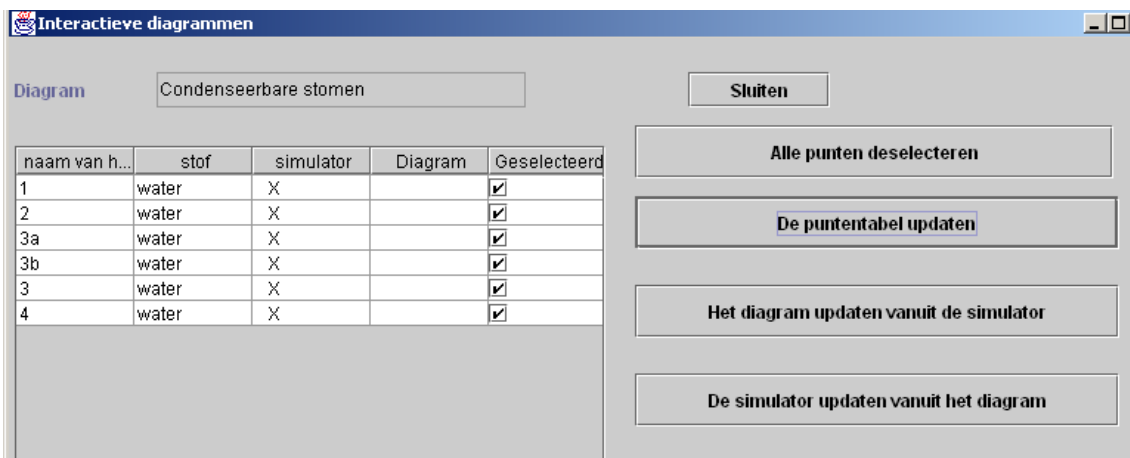
Om de weergave nog te verbeteren kunt u twee componenten invoegen van het type “externe bron” , de ene overeenkomstig de ketel en de andere overeenkomstig de koudebron, evenals een component van het type “Balans” die het u mogelijk maakt rechtstreeks op het schema de elementen van de balans over te brengen (deze laatste component is alleen toegankelijk vanuit het menu “Componenten”). Bovendien kunt u de in aanmerking te nemen debietenheid specificeren, bijvoorbeeld de kg/s, aan de hand van de

dropdown rechts onderaan de simulator. De met de externe bronnen uitgewisselde enthalpieën worden weergegeven.



## TRACE VAN DE CYCLUS OP THERMODYNAMISCH DIAGRAM

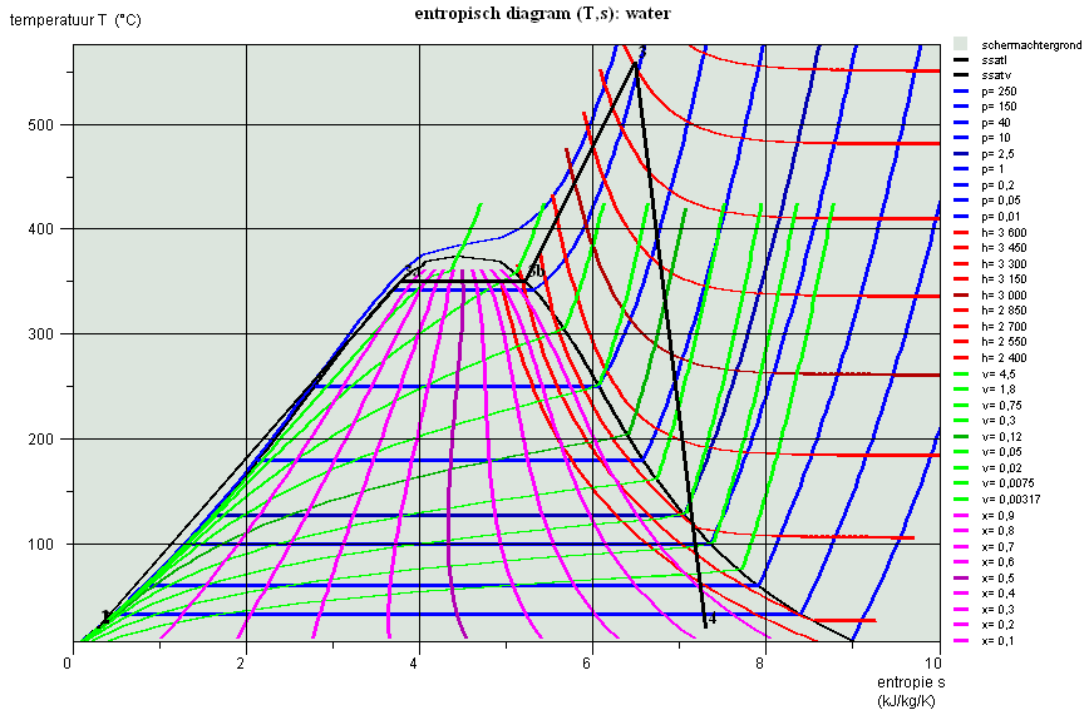
Het tracé van de cyclus op thermodynamisch diagram kan op de volgende wijze worden uitgevoerd: de interactieve diagrammen zijn toegankelijk op de regel “Interactieve Diagrammen” van het menu “Speciaal” van het scherm van de simulator, dat een vergelijkbare interface opent met deze die de simulator en het schemaopmaakprogramma verbindt. Dubbelklik in het veld links bovenaan om het gewenste diagramtype te kiezen (hier “Condenseerbare dampen”) en kies water als lichaam. Kies het gewenste diagramtype in het menu “Grafiek” (hier (T,s)).



Keer vervolgens terug naar de interface en klik op de knop “De tabel van de punten bijwerken”, wat u het volgende resultaat oplevert:

De interface tussen de simulator en de interactieve diagrammen omvat meerdere velden en knoppen evenals een hoofdtabel die de verschillende punten toont. Deze punten bestaan in het project of werden gecreëerd als cycluspunten in het diagram (hier zijn er geen).

De eerste twee kolommen geven de naam en het lichaam van de punten aan. Als een punt wordt gedefinieerd in de simulator, verschijnt een "X" in de derde kolom, als het tot een cyclus van het diagram behoort, wordt een "X" weergegeven in de vierde kolom.



Klik op de knop "Het diagram bijwerken vanuit de simulator" om de waarden van de geselecteerde punten over te dragen vanuit de simulator naar het diagram en klik dan op "Verbonden punten" in het "Cyclus"-menu van het diagram. De punten worden overgedragen waarbij getracht wordt ze zo goed mogelijk te ordenen, maar het kan nodig zijn ze opnieuw te ordenen om een correct verbonden tracé te bekomen. Het opmaakprogramma van cycluspunten van het diagram maakt het mogelijk dat in dit geval te doen zoals we hierna zullen zien.

## VERBETERING VAN HET TRACÉ VAN DE CYCLI

Recent werden enkele verbeteringen aangebracht aan het cyclitracé voor versie 1.3:

- ten eerste is het mogelijk punten te verbinden door middel van diverse iso-waardenlijnen (isobaren, isentropen enz.)
- daarnaast kan de kleur van elke cyclus worden gewijzigd overeenkomstig de voorkeur van de gebruiker
- ten slotte is het mogelijk meerdere cycli op hetzelfde diagram over elkaar te plaatsen

### Verbinding van de punten door iso-waardenlijnen

Het tracé van de cyclus in het entropisch diagram is niet helemaal bevredigend omdat Thermoptim de verschillende punten door middel van een rechte gebroken lijn verbindt en de cyclus niet zelf opnieuw sluit.

U kunt dit tracé manueel verbeteren door op de volgende wijze te werk te gaan: open de editor van cyclipunten die toegankelijk is vanuit het menu "Cyclus" van het diagram. De verschillende punten worden hieronder weergegeven.

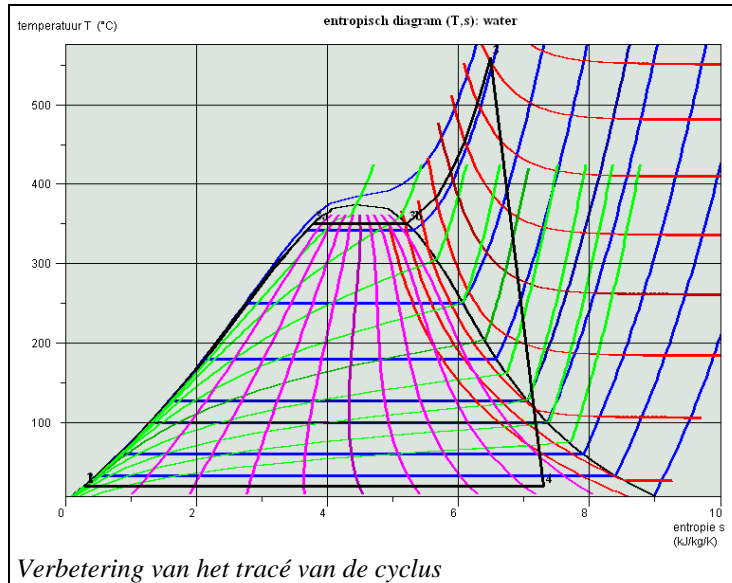
naam van het punt	temperatuur T (°...)	druk P	enthalpie h	entropie s	volume v	titer x
1	19,74562	0,023	82,83661	0,292821	0,00100167	0
2	19,99591	165	99,29743	0,292809	0,000994375	0
3a	349,82707	165	1 670,51999	3,77803	0,00173903	0
3b	349,82707	165	2 568,79443	5,22016	0,00883163	1
3	560	165	3 459,61452	6,49548	0,0209757	1
4	19,74562	0,023	2 133,6008	7,29439	49,04255	0,835368

Punten van het cyclibewerkingsprogramma

Begin met de cyclus te sluiten door de eerste regel te selecteren en te klikken op “Invoegen” en selecteer dan de laatste regel, deze van punt 4, klik op “Kopiëren”, plaats de cursor op de nieuwe regel die u hebt ingevoegd en klik op “Plakken”. Klik op “Valideren”: de cyclus wordt bijgewerkt op het diagram.

Het is nu mogelijk punten 2 en 3a te verbinden door een isobaar: selecteer de twee lijnen 2 en 3 tegelijk en klik op “Invoegen”. Een selectiescherm van de verschillende iso-waardencurves wordt voorgesteld. Kies “isobaar”. Er wordt vervolgens gevraagd het aantal punten op te geven dat u wenst in te voegen. Er worden er 5 opgegeven. Voer “OK” in. 5 nieuwe punten worden gecreëerd in de editor van cyclipunten. Herhaal de verrichting tussen punten 3b en 3 en klik dan op “Valideren”: het tracé volgt nu de isobaar 165 bar.

Op dezelfde wijze kunt u de punten 3 en 4 verbinden door een isentroop. In het entropisch diagram zal dit geen groot effect hebben, maar het tracé zal worden verbeterd in de overige diagramtypes.



Verbetering van het tracé van de cyclus

Als u deze cyclus wenst te bewaren, open dan de editor van cyclipunten, voer de titel en de beschrijving in die u wenst en bewaar de cyclus.

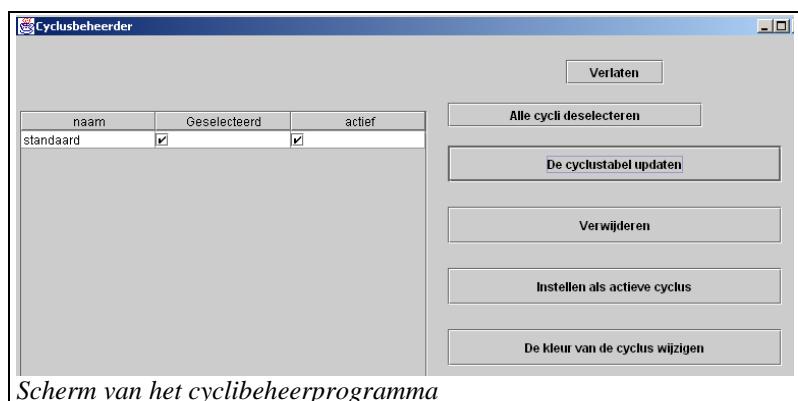
### Aanpassing van de kleur van de cyclus

De kleur van de cyclus kan op dezelfde manier gekozen worden als voor de curves van het diagram. Met de menuregel “Cyclusbeheerprogramma” van het “Cyclus”-menu kunt u het scherm hiernaast openen. Als u op “De cyclitabel updaten” klikt, worden alle reeds geladen cycli weergegeven. Op de afbeelding worden twee cycli geladen: de standaard cyclus die “actief” is en een tweede cyclus die werd geladen vanuit een bestand.

De titel van de cyclus zoals deze werd gedefinieerd in het opmaakprogramma van cycluspunten wordt als naam weergegeven.

U selecteert de actieve cyclus door zijn regel te kiezen en door te klikken op “Definiëren als actieve cyclus”. De actieve cyclus heeft de volgende eigenschappen:

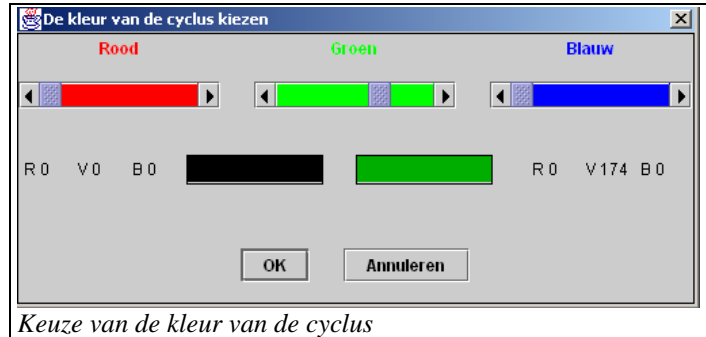
- deze is aangesloten op de simulator
- het is deze waarop de regels van het “Cyclus”-menu inwerken, dit wil zeggen dat deze kan worden gewist, bewaard, dat zijn punten kunnen worden opgemaakt in het cyclioprogramma enz.



Scherm van het cyclibehoorprogramma

Als u dubbelklikt op een regel, verandert u de status ervan in de kolom “geselecteerd”: als deze is aangevinkt, wordt de cyclus uitgetekend op het diagram, anders gebeurt dat niet. U kunt alle cycli deselecteren door te klikken op “Alle cycli deselecteren”. U kunt een cyclus verwijderen uit de lijst door zijn regel te selecteren en door te klikken op “Verwijderen”. Zijn tracé wordt ook uit het diagram verwijderd.

Om de kleur van een cyclus te wijzigen zijn regel selecteren en klikken op “De kleur van de cyclus wijzigen”. Er wordt een scherm weergegeven dat u in staat stelt de kleur te kiezen. Om de nieuwe kleur te bewaren moet u deze cyclus definiëren als de actieve cyclus en deze bewaren.



De actieve cyclus verwijderen komt neer op het wissen ervan vanuit het menu van het diagram. Om een nieuwe actieve cyclus te genereren kunt u ofwel een andere cyclus als actief definiëren, ofwel punten op het diagram creëren, het opmaakprogramma van cyclipunten openen en valideren.

## Over elkaar plaatsen van meerdere cycli op een diagram

Om meerdere cycli op eenzelfde diagram uit te tekenen volstaat het van deze opeenvolgend te laden vanuit verschillende bestanden en deze te selecteren in het cyclibehoorprogramma. Deze verschijnen automatisch op het diagram.

## VERANDERING VAN DIAGRAMTYPE

U kunt het diagramtype wijzigen door de overeenkomstige regel te selecteren in het menu “Grafiek”.

