

THERMOPTIM®

PRISE EN MAIN

PARAMETRAGE D'UN CYCLE A VAPEUR

VERSION JAVA 2.5

© R. GICQUEL AVRIL 2016

SOMMAIRE

PARAMETRAGE D'UN MODELE DE CYCLE DE CENTRALE A VAPEUR.....	3
SCHEMA	3
ELEMENTS DU SIMULATEUR.....	2
PARAMETRAGE DES POINTS	2
PARAMETRAGE DES TRANSFOS	2
TRACE DU CYCLE SUR DIAGRAMME THERMODYNAMIQUE.....	4

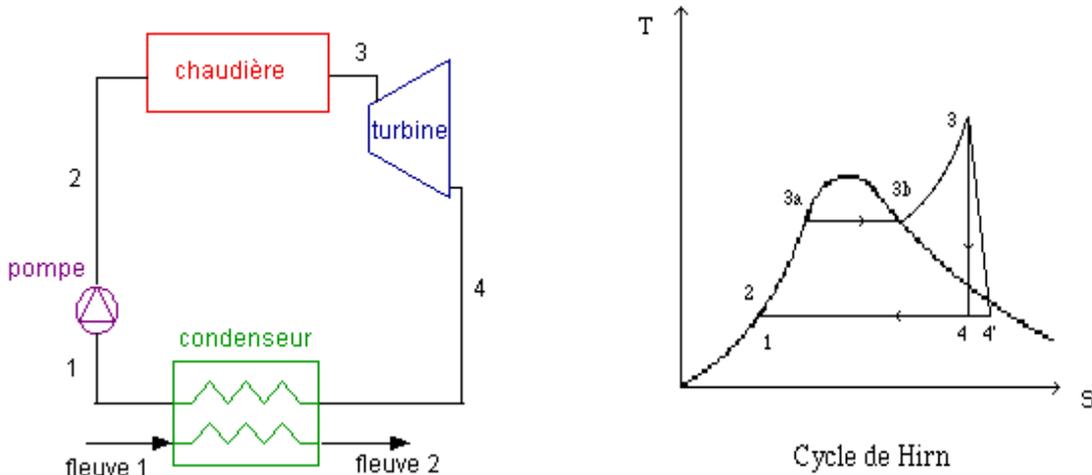
© R. GICQUEL 1997 - 2016. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans autorisation est illicite, et constitue une contrefaçon sanctionnée par le Code de la propriété intellectuelle.

Avertissement : les informations contenues dans ce document peuvent faire l'objet de modifications sans préavis, et n'ont en aucune manière un caractère contractuel.

PARAMETRAGE D'UN MODELE DE CYCLE DE CENTRALE A VAPEUR

On se propose d'étudier le cycle d'une centrale thermique à vapeur, et de le représenter sur un diagramme des frigorigènes ($h, \ln(P)$).

Schéma d'une centrale à vapeur



Au point 1, un débit de 1kg/s d'eau est à l'état liquide, à une température d'environ 27 °C, sous une faible pression (0,0356 bar). Une pompe, de rendement isentropique égal à 1, met cette eau en pression à 128 bars (point 2).

L'eau sous pression est ensuite chauffée à pression constante dans une chaudière à flamme (fuel, charbon, gaz naturel). L'échauffement comporte trois étapes :

- chauffage du liquide dans l'économiseur, de 27°C à environ 330 °C, température de début d'ébullition à 128 bars : évolution (2-3a) sur le diagramme entropique
- vaporisation à température constante 330°C dans le vaporiseur : évolution (3a-3b)
- surchauffe de 330°C à 447°C dans le surchauffeur : évolution (3b-3).

La vapeur est ensuite détendue dans une turbine de rendement isentropique égal à 0,9, jusqu'à la pression de 0,0356 bar évolution (3-4).

Le mélange liquide-vapeur est enfin condensé jusqu'à l'état liquide dans un condenseur, échangeur entre le cycle et la source froide, par exemple l'eau d'un fleuve. Le cycle est ainsi refermé.

SCHEMA

Le schéma du modèle est donné figure 1.

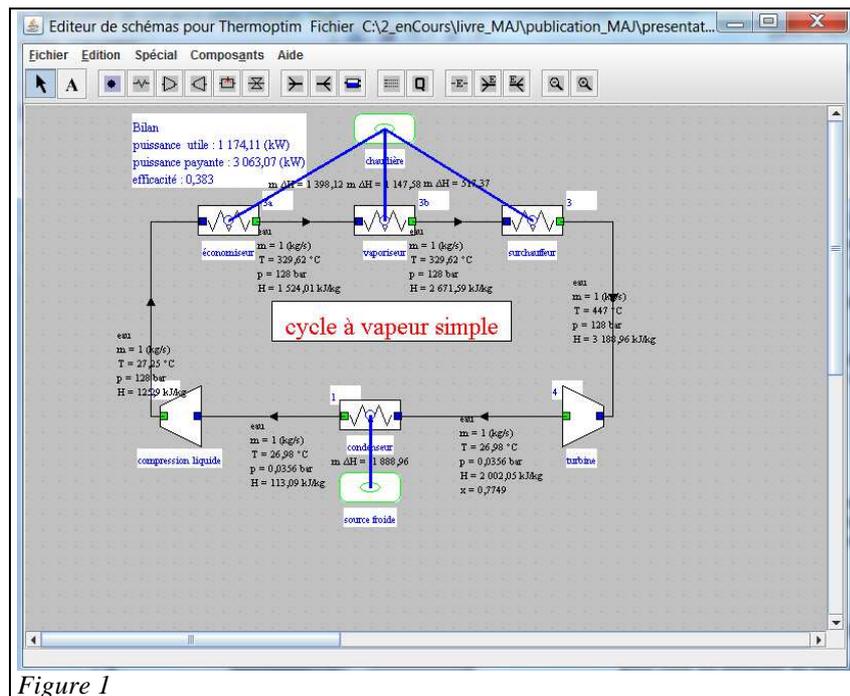


Figure 1

ELEMENTS DU SIMULATEUR

Les éléments du simulateur sont rassemblés dans l'écran de la figure 2.

Examinons comment le paramétrage du modèle a été effectué.

PARAMETRAGE DES POINTS

Entrez l'état du corps au point 1. On connaît sa pression (0,0356 bar), et on sait qu'il se trouve à la température de saturation, à l'état liquide.

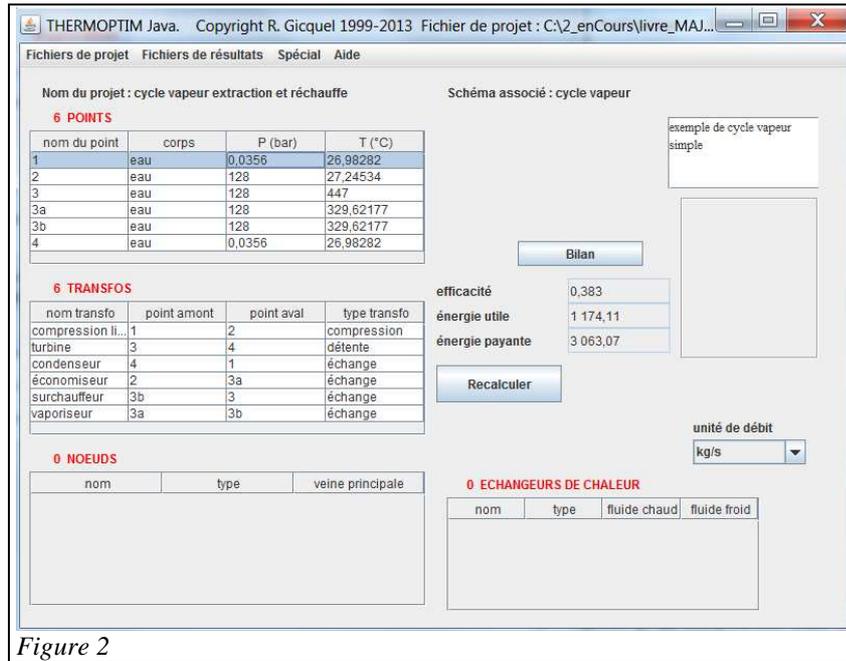


Figure 2

Pour trouver sa température, il suffit de sélectionner "imposer la température de saturation" (par défaut, le titre vaut 0, ce qui correspond à l'état liquide).

Les autres variables intensives peuvent alors être calculées en cliquant sur le bouton "Calculer".

Le point 1 est maintenant défini. Pour paramétrer les autres points, opérez comme suit.

Pour le point (2), indiquez la seule information connue à son sujet, sa pression $p = 128$ bar. En l'état actuel du calcul du cycle, on ignore sa température ou son enthalpie.

Le point 3a correspondant au début d'ébullition à 128 bar. Il suffit pour cela d'entrer la pression, et d'imposer la température de saturation, avec un titre égal à 0. L'état du point 3a étant totalement défini, les autres variables peuvent être calculées.

De la même manière, le point 3b peut être défini comme étant à la pression de 128 bar, à la température de saturation, avec un titre égal à 1.

Le point 3 quant à lui est à la température de 447 °C et à la pression de 128 bar. Il peut aussi être calculé.

Le dernier point à paramétrer est le point 4. Seule sa pression est connue : 0,0356 bar.

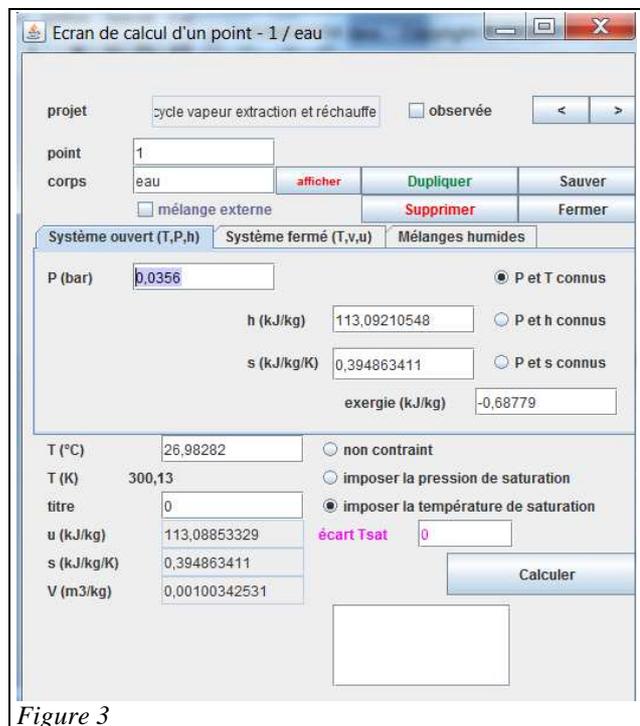


Figure 3

PARAMETRAGE DES TRANSFOS

Commencez par exemple par la compression liquide entre les points 1 et 2 (figure 4). Vous avez le choix entre plusieurs modes de compression : référence adiabatique ou polytropique, et pour les systèmes

ouverts ou pour les systèmes fermés. Pour les premiers, le rapport de compression est celui des pressions, pour les seconds, celui des volumes. Il peut être calculé, comme ici, ou imposé.

Choisissez ici : adiabatique, référence isentropique, de rendement isentropique égal à 1, et système ouvert. Sélectionnez "Imposer le rendement et calculer la transfo", puis cliquez sur le bouton "Calculer". L'état du point 2 est calculé, ainsi que la variation d'enthalpie correspondante. La valeur du taux de compression est affichée (ici environ 3 600).

transfo: compression liquide type: compression

type énergie: utile débit imposé

point amont: 1 débit: 1

T (°C): 26,98 m Δh: 12,8

P (bar): 0,0356 Q: 0

h (kJ/kg): 113,09

titre: 0

point aval: 2

T (°C): 27,25

P (bar): 128

h (kJ/kg): 125,9

titre: 0

système ouvert système fermé

adiabatique non adiabatique

référence isentropique référence polytropique

rend. isentropique: 1

exposant polytropique: 1 471,86471

rapport de pression (>= 1): 3 595,51

calculé imposé

Imposer le rendement et calculer la transfo

Calculer le rendement, le point aval étant connu

Figure 4

Pour l'économiseur (2-3a), le vaporiseur (3a-3b), et le surchauffeur (3b-3), l'état des points amont et aval est connu, et le calcul est très simple. Vérifiez simplement que le mode de calcul (en bas à droite de l'écran) est bien "Calculer le Delta H, le point aval étant connu", et cliquez sur "Calculer". De plus, étant donné que la chaudière est l'énergie payante injectée dans le cycle, spécifiez ce type en double-cliquant dans le champ "type d'énergie" situé en haut à gauche de l'écran pour changer la valeur par défaut qui est "autre".

transfo: économiseur type: échange

type énergie: payante débit imposé

point amont: 2 débit: 1

T (°C): 27,25 m Δh: 1 398,12

P (bar): 128

h (kJ/kg): 125,9

titre: 0 isobare

point aval: 3a

T (°C): 329,62

P (bar): 128

h (kJ/kg): 1 524,01

titre: 0

système ouvert système fermé

pincement minimum: 0

fluide méthode pinct.

Calculer m Δh, le point aval étant connu

Imposer m ΔH et modifier le point aval

Figure 5

Vous pouvez maintenant définir la détente (3-4).

L'écran qui vous est proposé est le même que pour une compression. Choisissez le type de détente (ici adiabatique, référence isentropique, de rendement isentropique 0,9), et calculez la transfo. Le titre exact du point 4 et l'enthalpie de détente sont alors déterminés.

The screenshot shows a software interface for defining a turbine expansion process. The main parameters are as follows:

Parameter	Value
transfo	turbine
type	détente
type énergie	utile
débit imposé	<input type="checkbox"/>
débit	1
point amont	3
T (°C)	447
P (bar)	128
h (kJ/kg)	3 188,96
titre	1
point aval	4
T (°C)	26,98
P (bar)	0,0356
h (kJ/kg)	2 002,05
titre	0,77485
m Δh	-1 186,91
Q	0
rend. isentropique	0,9
exposant polytropique	1,13512
rapport de détente (>= 1)	3 595,51
Imposer le rendement et calculer la transfo	<input checked="" type="radio"/>
Calculer le rendement, le point aval étant connu	<input type="radio"/>

Figure 6

Calculez le condenseur, comme vous l'avez fait pour les autres transfos "échange".

A ce stade, le modèle est totalement défini, et vous pouvez en dresser le bilan en cliquant sur le bouton Recalculer du simulateur, situé au centre de l'écran de projet. L'énergie payante, l'énergie utile et le rendement du cycle sont alors calculés.

Bilan	
efficacité	0,383
énergie utile	1 174,11
énergie payante	3 063,07

Figure 7

TRACE DU CYCLE SUR DIAGRAMME THERMODYNAMIQUE

Le tracé du cycle sur diagramme thermodynamique peut être réalisé de la manière suivante : les diagrammes interactifs sont accessibles par la ligne "Diagramme Interactifs" du menu "Spécial" de l'écran du simulateur, qui ouvre une interface similaire à celle qui relie le simulateur et l'éditeur de schémas. Double-cliquez dans le champ situé en haut à gauche pour choisir le type de diagramme souhaité (ici "Vapeurs condensables"), et choisissez l'eau comme corps. Choisissez le type de diagramme que vous désirez dans le menu "Graphe" (ici (h,P)).

Ensuite, revenez à l'interface et cliquez sur le bouton "Mettre à jour la table des points", ce qui vous donne le résultat suivant :

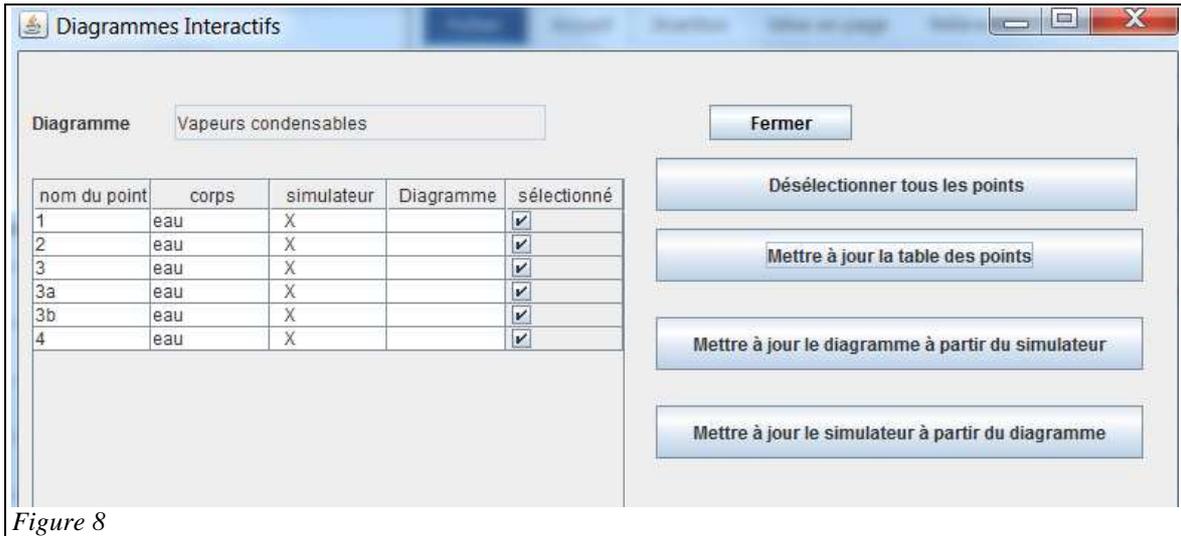


Figure 8

L'interface entre le simulateur et les diagrammes interactifs comprend plusieurs champs et boutons, ainsi qu'une table principale montrant les différents points, soit qui existent dans le projet, soit qui ont été définis comme points de cycle dans le diagramme (ici il n'y en a pas).

Les deux premières colonnes indiquent le nom et le corps des points. Si un point est défini dans le simulateur, un "X" apparaît dans la troisième colonne, s'il appartient à un cycle du diagramme, un "X" est affiché dans la quatrième.

Cliquez sur le bouton "Mettre à jour le diagramme à partir du simulateur" pour transférer les valeurs des points sélectionnés depuis le simulateur vers le diagramme, puis cliquez sur "Points reliés" dans le menu "Cycle" du diagramme. Les points sont transférés en essayant de les ordonner aussi bien que possible, mais il peut être nécessaire de les réordonner pour obtenir un tracé relié correct.

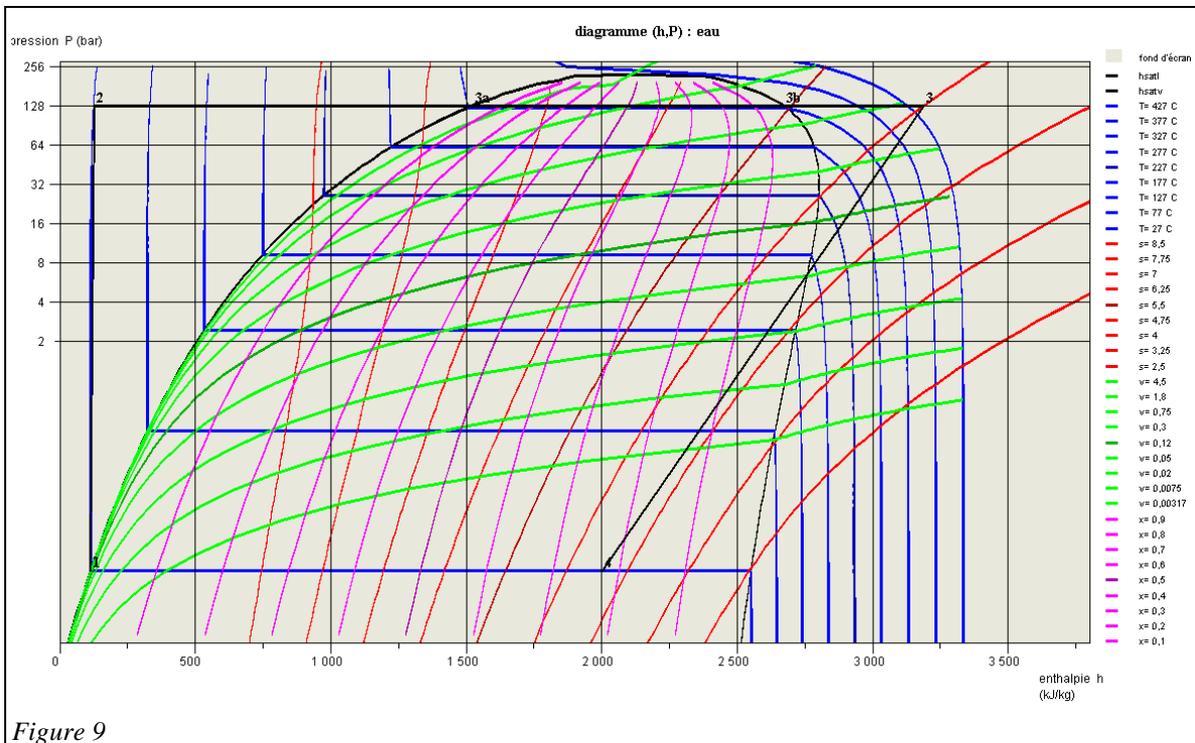


Figure 9