

Rapport à remettre par Moodle au plus tard le vendredi 13 septembre à 18 h 00

Pondération : voir plan de cours (tous les devoirs ont le même poids)

Ce devoir peut être réalisé en équipe de 2 ou individuellement

Révision : 2024-08-27

1. Objectifs

Utiliser un modèle détaillé d'un système solaire thermique pour l'eau chaude domestique, réaliser le bilan énergétique du système simulé, proposer un critère de performance, et analyser la performance dynamique du système pour une journée ensoleillée d'hiver.

2. Système étudié

On considère un système solaire thermique pour l'eau chaude domestique installé à Calgary, montré à la Figure 1. Il fournit de l'eau chaude domestique et comprend 2 modules de 2.61 m^2 de capteurs solaires (soit 5.22 m^2) orientés vers le sud avec une pente de 35° , un réservoir de 300 L, des tuyaux, une pompe et un régulateur, et un chauffage auxiliaire qui maintient une température de 55°C dans le réservoir à l'aide d'un élément électrique On/Off. Une vanne thermostatique assure que l'eau chaude consommée ne dépasse pas 50°C .

Le projet TRNSYS est représenté sans les composantes qui permettent de créer des fichiers de sortie et d'examiner les variables pendant la simulation. Notez que le dernier tuyau (« outlet ») n'intervient pas dans le bilan thermique (il n'a pas de pertes), son rôle est simplement de fournir une température stable pour le graphique (la température de sortie du chauffage auxiliaire n'a pas de signification quand le débit est nul, parce que ce composant n'a pas de masse thermique).

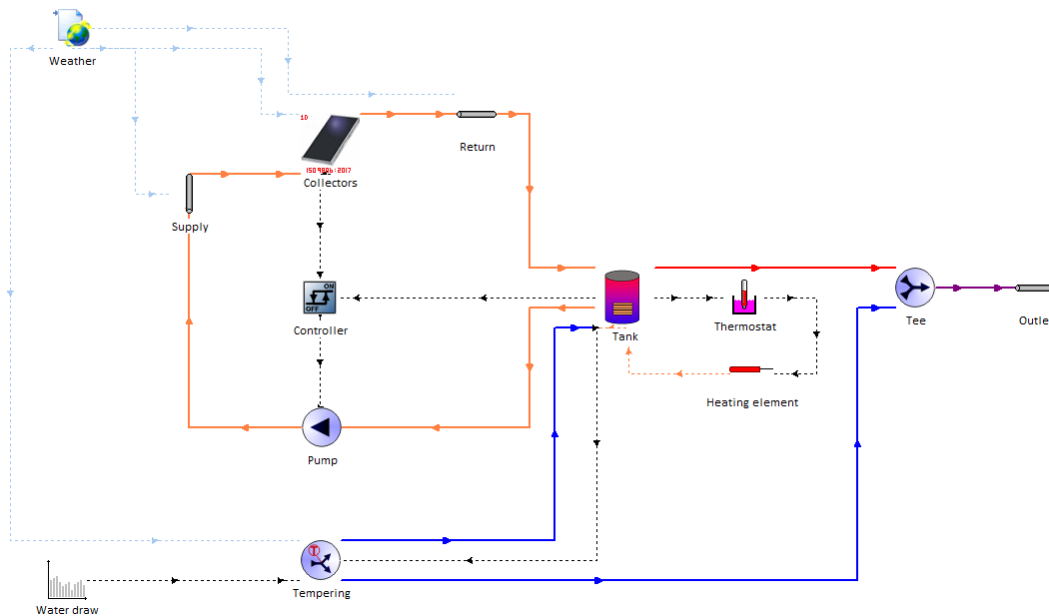




Figure 1 : Modèle TRNSYS du système solaire pour le chauffage de l'eau chaude domestique

3. Analyse des résultats de la simulation

Le projet `Devoir1.tpf` contient 2 composantes permettant d'examiner les variables de la simulation :

	<p>L'<i>online plotter</i> permet d'examiner des variables pendant la simulation. Il est très utile pour déboguer une simulation. On peut examiner la valeur numérique d'une variable en arrêtant la simulation (cliquer à droite, re cliquer pour la relancer), puis en appuyant sur CTRL+SHIFT (CTRL et SHIFT (MAJ) en même temps) et en déplaçant la souris. On peut également utiliser cette technique après avoir zoomé (dessiner un rectangle d'en haut à gauche vers en bas à droite en cliquant avec le bouton gauche). La variante choisie crée également un fichier texte avec les variables représentées sur le graphique, à chaque pas de temps (<code>Devoir1-Printegrator-Online.txt</code>).</p>
	<p>Le <i>printer</i> crée simplement un fichier avec les variables à chaque pas de temps, sans intégrer les résultats (<code>Devoir1-Printer-step.txt</code>). Ce fichier texte (colonnes séparées par des « TAB ») peut être ouvert dans Excel ou lu par un script de traitement des données.</p>

3.1. Variables de sortie

Les variables disponibles sont décrites au Tableau 1 en annexe, avec leurs unités par défaut dans TRNSYS (note : il ne faut pas modifier les unités dans TRNSYS, il est préférable de faire les conversions après-coup dans Excel ou le script que vous utilisez pour traiter les résultats). Certaines cases du Tableau 1 sont laissées vides volontairement. Pour trouver la description des variables, vous devez explorer le projet TRNSYS et les connexions réalisées.

- Les variables « dEdt... » (par exemple dEdtTank) représentent des changements d'énergie par unité de temps, ils sont donc équivalents à une puissance thermique (en kJ/h dans TRNSYS, qu'on peut convertir en W en divisant les valeurs par 3.6). Ces quantités peuvent donc être intégrées comme les autres puissances thermiques (variables « Q... ») et électriques (variables « P... »).
- L'azimut γ utilise la convention de TRNSYS : 0° est la direction vers l'équateur (ici vers le sud), -90° voudrait dire vers l'est, $+90^\circ$ signifie vers l'ouest, et $\pm 180^\circ$ vers le nord.
- La pente β est l'angle entre le plan des capteurs solaires et l'horizontale (0° = horizontal, 90° = vertical).

4. Travail à réaliser

- Installez TRNSYS et activez-le selon les instructions disponibles sur le site Moodle (lisez le fichier d'instructions).
- Téléchargez et décompressez `D1-TRNSYS.zip` depuis Moodle, et notez l'emplacement du projet TRNSYS `Devoir1.tpf`.
- Lancez le « TRNSYS Simulation Studio » (raccourci créé lors de l'installation) et ouvrez ce projet. Explorez les différents composants, leurs paramètres (en double-cliquant sur les icones) et les liens (en double-cliquant sur les liens).

- Il est fortement recommandé de parcourir la documentation (Vol 1 et 9) si ceci est votre première expérience avec TRNSYS. Un raccourci vers la documentation a également été créé lors de l'installation. Ce document vous expliquera notamment comment explorer les résultats de simulation dans la fenêtre créée par le « *online plotter* ». Notez que pour ce devoir vous devez utiliser les résultats imprimés dans les fichiers plutôt que ceux de l'*online plotter*.
- Pour exécuter la simulation, aller dans `Calculate > Run Simulation`, ou appuyez sur la touche F8.

4.1. Bilan annuel du système

On vous demande de présenter la performance annuelle du système simulé. Vous devez au minimum présenter et discuter un diagramme de Sankey (voir la Figure 3 dans [1] pour un exemple – la référence est disponible sur le site Moodle du cours dans la rubrique « Exemples et documents additionnels »).

Veillez à renseigner les valeurs principales du bilan d'énergie sur le diagramme. Donnez également la valeur du rendement annuel des capteurs solaires (dans le texte ou sur le diagramme).

4.2. Critère de performance annuelle et comparaison de différentes pentes

Proposez un critère de performance qui serait judicieux selon vous pour évaluer différentes configurations du système. Par critère de performance annuelle, on entend un nombre qui représenterait la performance annuelle du système et qui permettrait de juger si une configuration est meilleure qu'une autre.

Appliquez ce critère pour juger si la pente des capteurs est optimale dans la configuration de départ. On ne vous demande pas d'exécuter de nombreuses simulations, mais simplement d'évaluer quelques variantes entre 0° (horizontale) et 90° (verticale).

Présentez votre critère, justifiez pourquoi vous le choisiriez, et présentez son application pour évaluer la meilleure pente. Cette partie du rapport ne doit pas dépasser 1 page.

4.3. Analyse du comportement dynamique du système

En utilisant fichiers de sortie à chaque pas de temps, vous devez analyser la performance du système pour la journée du 6 mars, qui correspond aux heures 1536 à 1560.

Pour cette journée, représentez graphiquement les principales températures du système : sortie des capteurs solaires (ToCol), bas du réservoir (TTank5), haut de la zone du réservoir chauffée par l'échangeur solaire (TTank3) et haut du réservoir (TTank1 qui est la même variable que ToDhwTank), température de l'eau froide (TMains), et température de sortie de l'eau chaude domestique (ToDhwSupply). Représentez aussi les débits d'eau chaude domestique (mDotDhw) et dans la boucle solaire (mDotCol), ainsi que l'ensoleillement incident sur les capteurs (Gt).

Ces variables sont disponibles dans l'*online plotter*, donc vous pouvez utiliser le fichier de sortie créé par celui-ci (`Devoir1-Online.txt`). Si vous voulez représenter d'autres variables, vous pouvez également utiliser le fichier plus complet créé par le *printer* (`Devoir1-Results.txt`).

Discutez du graphique présentant les variables pour la journée, et utilisez-le pour expliquer le fonctionnement du système pendant cette journée froide et ensoleillée d'hiver. Comment évoluent les températures, pourquoi le débit des capteurs solaires démarre-t-il et quand, pourquoi l'élément chauffant démarre-t-il et quand?

4.4. Rapport à remettre

Remettez un rapport au format PDF par Moodle avant la date indiquée au début du document.

Note : votre rapport devrait avoir 3 à 4 pages (environ 1 page par partie : bilan annuel, critère de performance, et analyse dynamique). Il devrait compter de 1000 à 1500 mots environ. La concision est un des critères de correction, vous serez pénalisé-e si vous soumettez un rapport inutilement long.

Barème de correction :

- Partie 1 (section 4.1) : 5 points
- Partie 2 (section 4.2) : 5 points
- Partie 3 (section 4.3) : 5 points
- Qualité générale du rapport (y compris la concision!) : 5 points

5. Références

- [1] S. Maltais-Larouche and M. Kummert, "Using detailed TRNSYS models for fault detection in solar domestic hot water systems – a case study," in *Proceedings of Eurosun: the 11th ISES conference on solar energy for buildings and industry, Oct. 11-14, Palma, ESP: International Solar Energy Society, 2016.*

Disponible sur le site Moodle du cours dans la rubrique

« Présentations et autres documents > Exemples et documents additionnels »

Annexe : description des variables

Tableau 1 : Variables du fichier de sortie avec leurs unités pour les valeurs à chaque pas de temps (non-intégrées). Les cases colorées sont laissées vides volontairement.

Nom	Unités	Description
TdbAmb	°C	Température ambiante (db est pour <i>dry bulb</i> , température de bulbe sec)
TMains	°C	Température de l'eau de l'aqueduc (eau froide à l'entrée du système)
Gt	$\text{kJ h}^{-1} \text{m}^{-2}$	Ensoleillement incident sur les capteurs (on verra qu'on l'appelle G_t dans le cours)
Beta	°	Pente des capteurs solaires par rapport à l'horizontale (β dans le cours)
gamma	°	Azimut des capteurs solaires (γ dans le cours). Voir convention dans le texte.
TiCol	°C	Température du fluide caloporteur de la boucle solaire à l'entrée des capteurs
ToCol	°C	Température du fluide de la boucle solaire à la sortie des capteurs
mDotCol	kg h^{-1}	Débit massique de fluide caloporteur dans les capteurs solaires
QuCol	kJ h^{-1}	
ToRet	°C	Température du fluide de la boucle solaire à la sortie du tuyau de retour
QRetEnv	kJ h^{-1}	
dEdtRet	kJ h^{-1}	
ToPump	°C	Température du fluide de la boucle solaire à la sortie de la pompe
PPump	kJ h^{-1}	
QPumpFluid	kJ h^{-1}	
QPumpEnv	kJ h^{-1}	
ToSup	°C	Température du fluide de la boucle solaire à la sortie du tuyau d'alimentation
QSupEnv	kJ h^{-1}	
dEdtSup	kJ h^{-1}	
ToDhwTank	°C	Température de l'eau chaude domestique à la sortie du réservoir
mDotDhwTank	kg h^{-1}	Débit de l'eau chaude domestique dans le réservoir
QTankDhw	kJ h^{-1}	
QTankEnv	kJ h^{-1}	
QAuxTank	kJ h^{-1}	
dEdtTank	kJ h^{-1}	
QTankHx	kJ h^{-1}	
errorTank	%	Erreur sur le bilan énergétique du réservoir
TTank1	°C	Température du « nœud » 1 du réservoir (haut)
TTank2	°C	Température du « nœud » 2 du réservoir
TTank3	°C	Température du « nœud » 3 du réservoir
TTank4	°C	Température du « nœud » 4 du réservoir
TTank5	°C	Température du « nœud » 5 du réservoir (bas)
ToHx	°C	Température du fluide de la boucle solaire à la sortie de l'échangeur noyé
dEdtHx	kJ h^{-1}	
QHxFluid	kJ h^{-1}	
errorHx	%	Erreur sur le bilan énergétique de l'échangeur de chaleur noyé
mDotDhwBypass	kg h^{-1}	Débit d'eau chaude domestique qui ne passe pas par le réservoir (<i>by-pass</i>)
PAux	kJ h^{-1}	Puissance électrique appelée par l'élément chauffant
ToDhwSupply	°C	Température de l'eau chaude domestique à la sortie du tuyau d'alimentation
mDotDhw	kg h^{-1}	Débit (total) d'eau chaude domestique