

La **Figure 1** montre un schéma d'une unité de production automatisée de sirop de sucre. Les éléments principaux sont : une cuve de mélange (électrovannes 1 et 2, capteur de charge, moteur de vibration), un doseur de sucre (capteur de niveau), un mélangeur (moteur de mélange), un transvaseur (cuiseur thermosiphon, capteur de température), un stockeur et chauffeur (capteur de température), et une évacuation (motopompe commandée par contacteurs). Les flèches indiquent le flux de matière et d'énergie, avec des annotations comme "sucre", "eau", et "sirop de sucre".)

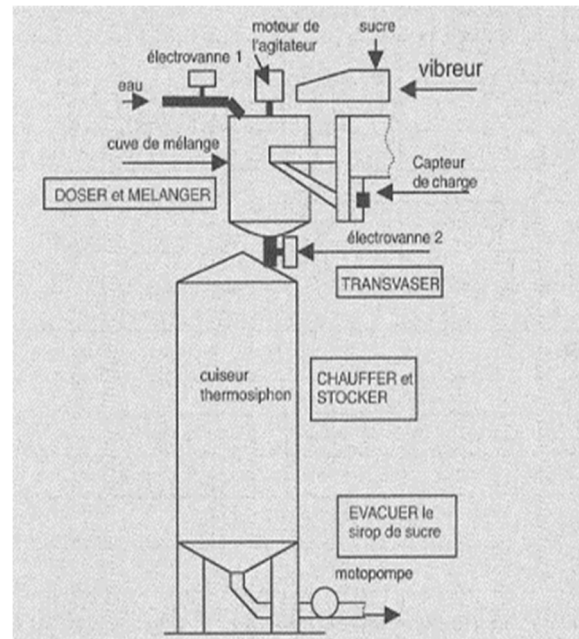


Figure 1 : Système automatisé de production de sirop de sucre.

Questions :

1. À partir de la Figure 1, identifiez deux fonctions principales de l'unité de production de sirop de sucre. Décrivez brièvement le rôle de chaque fonction dans le processus global.
2. Expliquez la différence entre un diagramme de blocs et un diagramme de séquence dans le contexte de SysML. Donnez un exemple concret de ce que chaque diagramme pourrait représenter dans le système de production de sirop de sucre.
3. En vous basant sur la Figure 1, décrivez le flux de matière (sucre, eau, sirop de sucre) dans l'unité de production. Indiquez les étapes principales et les composants impliqués à chaque étape.
4. Quelle est la différence entre la chaîne d'action et la chaîne d'information dans le contexte de l'unité de production de sirop de sucre ? Illustrez votre réponse avec des exemples tirés de la Figure 1.
5. Expliquez comment les capteurs (par exemple, capteur de niveau, capteur de température) contribuent à la chaîne d'information de ce système. Donnez deux exemples précis tirés de la Figure 1, en décrivant le rôle de chaque capteur dans le contrôle du système.
6. Proposez une amélioration pour optimiser le contrôle de la température dans la cuve du cuiseur thermosiphon. Décrivez les modifications nécessaires au niveau des actionneurs, des capteurs, et de la partie commande. Justifiez votre proposition en termes de précision et d'efficacité.
7. Analysez les risques liés à une surchauffe dans le cuiseur thermosiphon. Proposez une solution pour les éviter, en détaillant les modifications nécessaires (composants, logique de commande, etc.). Expliquez comment votre solution améliore la sécurité du système.

Réponses

1. Identification des fonctions principales (3 pt.)

En analysant la Figure 1, deux fonctions principales se dégagent dans l'unité de production de sirop de sucre. La première, **Doser et mélanger**, consiste à mesurer précisément le sucre avec le doseur de sucre (aidé du capteur de niveau) et à ajouter l'eau via les électrovannes 1 et 2 dans la cuve de mélange, où le moteur de vibration assure un mélange homogène. Cette étape est cruciale pour préparer la base du sirop. La seconde, **Transvaser et chauffer**, implique le transfert du mélange vers le cuiseur thermosiphon par le transvaseur, suivi d'un chauffage contrôlé (via le capteur de température), transformant le mélange en sirop. Ces fonctions forment les piliers du processus de production.

2. Diagrammes SysML (3 pt.)

Dans SysML, le **diagramme de blocs** illustre la structure statique du système, en définissant ses composants (blocs) et leurs relations. Par exemple, pour le système de sirop, il pourrait montrer la cuve de mélange, le doseur de sucre et le transvaseur comme blocs interconnectés, avec des flèches indiquant les flux de matière entre eux. En revanche, le **diagramme de séquence** décrit le comportement dynamique, en détaillant les interactions temporelles entre ces blocs. Par exemple, il pourrait représenter la séquence où la partie commande active les électrovannes pour libérer l'eau, ensuite le moteur de vibration pour mélanger, et enfin le capteur de charge envoie un signal pour arrêter le dosage. La différence clé réside dans le fait que le premier est statique (structure) et le second dynamique (processus).

3. Flux de matière (4 pt.)

Le flux de matière dans l'unité de production de sirop de sucre, selon la Figure 1, suit un parcours bien défini. Tout d'abord, le sucre est dosé par le doseur de sucre, équipé d'un capteur de niveau pour garantir la quantité exacte, avant d'être libéré dans la cuve de mélange. Ensuite, l'eau est introduite via les électrovannes 1 et 2, avec le capteur de charge vérifiant les proportions correctes. Dans la cuve de mélange, le moteur de vibration mélange les ingrédients pour obtenir un mélange homogène. Ce mélange est ensuite transféré par le transvaseur vers le cuiseur thermosiphon, où il est chauffé (contrôlé par le capteur de température) pour devenir du sirop. Le sirop est ensuite dirigé vers le stockeur et chauffeur, où un autre capteur de température maintient la température de stockage. Enfin, la motopompe commandée par contacteurs évacue le sirop pour un emballage ou un traitement ultérieur. Ce flux montre une progression logique des matières premières au produit final.

4. Chaînes d'action et d'information (4 pt.)

La **chaîne d'action** concerne le flux d'énergie et de matière qui réalise les tâches physiques dans le système. Par exemple, dans la production de sirop, elle inclut les électrovannes qui libèrent l'eau dans la cuve de mélange, le moteur de vibration qui mélange le sucre et l'eau, et le transvaseur qui transporte le mélange vers le cuiseur thermosiphon. Cette chaîne agit directement sur les matériaux pour produire le sirop. À l'opposé, la **chaîne d'information** gère le flux de données pour surveiller et contrôler le système. Elle inclut le capteur de niveau dans le doseur de sucre, qui envoie des données à la partie commande pour

arrêter le dosage quand la quantité est atteinte, et le capteur de température dans le cuiseur thermosiphon, qui informe la partie commande pour ajuster le chauffage. La différence fondamentale est que la chaîne d'action exécute les actions physiques, tandis que la chaîne d'information facilite la prise de décision et la régulation via des données.

5. Rôle des capteurs (2 pt.)

Les capteurs sont essentiels à la chaîne d'information, car ils fournissent des données que la partie commande utilise pour réguler le système. Le **capteur de niveau**, situé dans le doseur de sucre, mesure la quantité de sucre dosée. Il transmet ces informations à la partie commande, qui arrête le dosage dès que la quantité cible est atteinte, évitant ainsi un surdosage ou un sous-dosage, ce qui garantit la qualité du mélange. Le **capteur de température**, dans le cuiseur thermosiphon, surveille la température du mélange pendant le chauffage. Il envoie ces données à la partie commande, qui ajuste la source de chaleur pour maintenir une température optimale, empêchant une surchauffe. Ces capteurs permettent un contrôle précis et en temps réel, assurant le bon fonctionnement du système.

6. Optimisation du contrôle de la température (2 pt.)

Pour améliorer le contrôle de la température dans le cuiseur thermosiphon, voici une proposition :

- **Capteurs** : Ajouter un second capteur de température à une autre position dans la cuve pour détecter les variations de température, offrant une mesure moyenne plus fiable qu'un seul capteur.
- **Actionneurs** : Remplacer la source de chaleur actuelle par une vanne proportionnelle, permettant un ajustement continu de la chaleur plutôt qu'un simple marche/arrêt.
- **Partie commande** : Intégrer un contrôleur PID qui utilise les données des deux capteurs pour ajuster dynamiquement la vanne proportionnelle, minimisant les fluctuations et dépassements de température.

Justification : Le second capteur améliore la précision en captant les gradients thermiques, la vanne proportionnelle offre un contrôle fin, et le PID optimise l'efficacité en stabilisant la température. Cela réduit la consommation énergétique et assure une qualité constante du sirop, rendant le processus plus fiable.

7. Analyse des risques et solution (2 pt.)

Analyse des risques : Une surchauffe dans le cuiseur thermosiphon peut dégrader le sirop (caramélisation ou brûlure), endommager la cuve ou d'autres composants, et poser des risques de sécurité comme une surpression ou un incendie.

Solution :

- **Composant** : Installer un capteur de pression pour détecter une surpression liée à la surchauffe.
- **Actionneur** : Ajouter une électrovanne d'urgence pour relâcher la pression ou couper la chaleur.
- **Partie commande** : Mettre en place une logique de sécurité : si le capteur de température dépasse 120°C ou si le capteur de pression détecte une anomalie, la partie commande coupe la chaleur et ouvre l'électrovanne.

- **Amélioration de la sécurité** : Cette solution détecte précocement les problèmes grâce aux capteurs et réagit automatiquement, évitant les dommages matériels et les risques pour les opérateurs. Elle renforce la fiabilité et la sécurité du système.

Barème détaillé corrigé (Note globale : 20/20)

Question	Points	Critères d'évaluation
1. Fonctions principales	3/3	1,5 pt par fonction identifiée avec description claire (3 pt max : "Doser et mélanger", "Transvaser et chauffer").
2. Diagrammes SysML	3/3	1,5 pt pour explication de la différence, 1,5 pt pour exemples pertinents (3 pt max).
3. Flux de matière	4/4	1 pt par étape décrite avec composants (max 4 étapes : dosage, mélange, chauffage, évacuation).
4. Chaînes d'action/ information	4/4	1,5 pt pour définition action, 1,5 pt pour définition information, 1 pt pour exemples concrets (4 pt max).
6. Rôle des capteurs	2/2	1 pt par exemple avec rôle décrit (max 2 : capteur de niveau, capteur de température).
7. Optimisation température	2/2	1 pt par modification (capteur, actionneur, commande), 1 pt pour justification (2 pt max).
8. Analyse des risques et solution	2/2	1 pt pour analyse des risques, 1 pt pour solution détaillée (2 pt max).

Total : 20/20