



Kenny Lalonde, Ing.
Ingénieur Chimique
Chargé de projets | Associé
LWT Consultants S.E.N.C

L'ANALYSE DE PINCEMENT THERMIQUE | UN OUTIL D'OPTIMISATION

INTRODUCTION

Le milieu industriel est très vaste. Il serait presque impossible de relever le nombre exact d'entreprises de transformations de tout genre. Toutefois, elles ont pour la plupart, pour ne pas dire toutes, un facteur en commun, peu importe le marché : Le besoin en énergie sous forme d'utilités. En effet, on peut penser aux entreprises pétrochimiques qui consomment une quantité d'énergie faramineuse. Or, même le procédé de transformation le plus simple nécessite, dans une moindre mesure certes, de l'énergie. Transformation rime avec énergie. Parmi les sources d'énergie, on retrouve notamment l'électricité, mais ce n'est pas ici l'accent de cet article. Autre que l'électricité, on retrouve les sources d'énergie thermique au cœur du refroidissement et du chauffage des procédés de nos usines.

L'énergie est indispensable, vous l'aurez deviné, cependant celle-ci a un coût, certes, économique, mais aussi environnemental. La production d'énergies thermiques, telle que la vapeur, génère sans aucun doute, un impact environnemental sous forme thermique, mais aussi sous forme de gaz à effet de serre, notamment de CO₂. Encore et toujours celui-là !

Ceci étant dit, les entreprises qui s'attaquent à leur consommation énergétique dans le but de la réduire se voient nécessairement réduire leurs coûts d'opération, mais aussi leur impact environnemental, certes au coût d'investissement en capital.

L'investissement en capital, c'est sur ce point que ce présent article se concentre. Plus précisément, comment s'assurer que l'investissement pour réduire la consommation énergétique est fait sur les modifications les plus optimales pour le procédé, mais aussi économiquement parlant. Pour ce faire, permettez-moi de vous parler d'une méthode que j'affectionne particulièrement : L'analyse de pincement thermique aussi appelé *Thermal Pinch Analysis*

QU'EST-CE QUE L'ANALYSE DE PINCEMENT THERMIQUE

L'analyse de pincement thermique est selon moi une carte vers le succès. C'est un outil qui permettra notamment d'identifier les endroits dans un procédé ou des améliorations du point de vue thermique sont possibles, mais aussi globalement d'identifier les économies maximales possibles et d'estimer les coûts en capitaux associés à ces modifications. En d'autres termes, il s'agit d'un processus d'analyse de données, structuré dans le but d'identifier les processus qui consomment de l'énergie et d'étudier la possibilité d'interrelier ces derniers afin d'optimiser et réduire le bilan d'énergie net du procédé étudié.

En plus des modifications physiques au procédé, l'analyse permet aussi d'identifier des modifications aux conditions d'opération du procédé dans le but d'économiser de l'énergie.

Avec tout ça, par où on commence ?

Des questions ?
N'hésitez pas à nous contacter

Klalonde@lwtconsultants.com
www.lwtconsultants.com
(438) 469-1606

1^{re} ÉTAPE | L'ACQUISITION DE DONNÉES

Tel que mentionné dans la section précédente, l'analyse de pincement thermique est fondamentalement un processus d'analyse de données, il faut donc les acquérir pour les analyser. Il s'agit, souvent, de l'étape la plus longue et fastidieuse de l'étude. Souvent, on se retrouve dans une industrie qui ne possède pas de système d'acquisition de données, il faut donc aller sur le plancher pour analyser les procédés, prendre des mesures pour en tirer des tendances et comprendre les conditions d'opération du procédé. D'autres fois, on se retrouve dans des usines qui possède des centaines voire des milliers de données, lesquelles il faut épurer, analyser et utiliser. Parfois, il peut être plus efficace d'aller directement au champ et analyser les données nécessaires directement sur place.

Quelles données sont vraiment nécessaires ? Celles qui vous permettront de réaliser les bilans de masse et d'énergies de votre ou vos procédés étudiés. Le fondement de l'analyse repose sur la consommation d'énergie thermique qui elle se résume à un bilan énergétique couplé au bilan massique.

Une fois qu'on a les chiffres, on va où ?

2^e ÉTAPE | ÉLABORATION DE LA GRANDE COURBE COMPOSÉE

Une fois les données recueillies, on peut retourner au bureau et faire ce que tout bon ingénieur sait faire : Jouer avec des chiffres

Il s'agit d'un « mapping » de l'énergie maximale disponible pour récupération dans le procédé et l'énergie nette minimale à injecter dans le procédé.

Afin de tracer cette courbe, il vous faudra notamment :

- | La différence de température minimale acceptable dans vos échangeurs de chaleur (Dt_{min})
- | La capacité calorifique de vos produits
- | Le débit massique de chacun de vos courants à l'étude
- | Les températures d'entrée et de sortie du procédé

Avec ces informations, il vous sera possible de tracer les courbes nécessaires à l'étude énergétique. Afin de comprendre comment les tracer et les utiliser, voici un exemple simple :

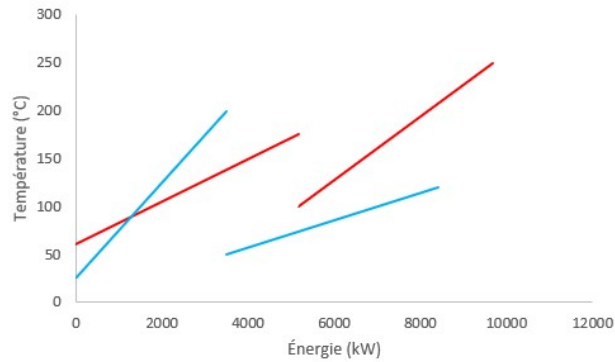
Supposons les courants dans une usine chimique quelconque suivants :

N°	Courants	Température Entrée (°C)	Température Sortie (°C)	Échange (kW)	CP (kW/°C)
1	Chaud	250	100	4500	30
2	Chaud	175	60	5175	45
3	Froid	50	120	4900	70
4	Froid	25	200	3500	20

En traçant chacun des courants dans un graphique avec l'énergie en abscisse, la température en ordonnée et la réciproque du « CP » des courants en tant que pente des droites, nous obtenons :

Des questions ?
N'hésitez pas à nous contacter

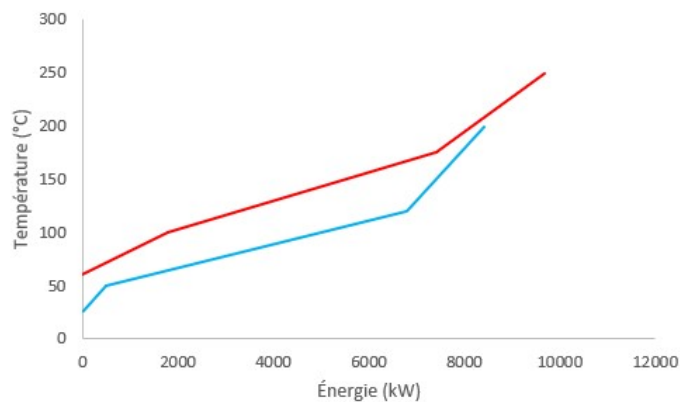
Klalde@lwtconsultants.com
www.lwtconsultants.com
(438) 469-1606



Comme nous pouvons l'observer, les courbes rouges se superposent légèrement entre 100 °C et 175°C et les courbes bleues se superposent entre 50°C et 120°C. Il est donc possible de composer les courbes superposées ensemble. Pour ce faire nous modifions le tableau de données initial pour générer des courbes intermédiaires au point de superposition. Ces courbes intermédiaires auront un CP équivalent à la somme des CP des courants qui se superposent. Ainsi, nous obtenons :

N°	Courants	Température Entrée (°C)	Température Sortie (°C)	Échange (kW)	CP (kW/°C)
1	Chaud	250	175	2250	30
1 2	Chaud	175	100	5625	30+45 = 75
2	Chaud	100	60	1800	45
3	Froid	25	50	500	20
3 4	Froid	50	120	6300	20+70 = 90
4	Froid	120	200	1600	70

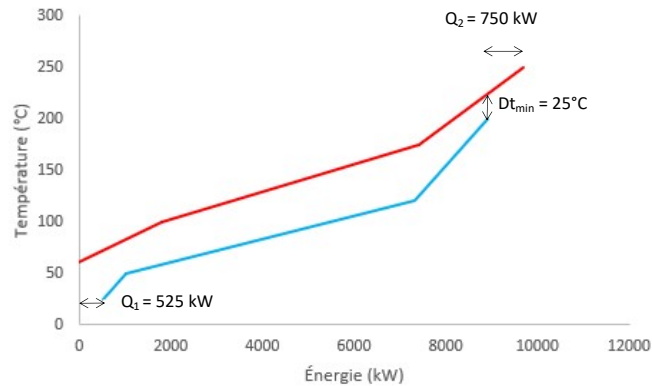
De façon homologue, on retrace les nouvelles courbes pour obtenir le graphique suivant :



Des questions ?
N'hésitez pas à nous contacter

Klalde@lwtconsultants.com
www.lwtconsultants.com
(438) 469-1606

Par la suite, il faut choisir une température d'approche minimale. Cette température sera la différence de température minimale dans les échangeurs de chaleurs du procédé. Des valeurs théorique sont disponibles dans la littérature pour divers type de procédé. Pour l'exemple, utilisons un Dt_{min} de 25°C. Une fois ceci déterminé, il suffit de déplacer la courbe bleue horizontalement, jusqu'à ce que le point le plus près entre la courbe supérieure et inférieure soit espacé de 25°C. Nous obtenons alors :



À partir de ce graphique, nous pouvons extraire la plupart des informations importantes pour l'analyse énergétique. Selon les données de départ, il fallait 9675 kW de refroidissement et 8400 kW de chauffage dans le procédé. Or, en faisant l'analyse de pincement thermique nous pouvons rapidement conclure qu'il est théoriquement possible d'échanger 8400 kW dans le procédé. Il faudra, tout de même, un refroidissement net de 1275 kW à partir des utilités de l'usine tel que l'eau de refroidissement. Ainsi, il est théoriquement possible de réduire la consommation énergétique de 87% ! Bien évidemment, il s'agit de l'énergie maximale pouvant être échangée dans le procédé. Les étapes subséquentes de l'analyse de pincement thermique pourront permettre d'évaluer quelle proportion de cette énergie pourra bel et bien être récupérée. Il s'agit aussi d'un exemple inventé de toute pièce, de vraies données industrielles seraient, tout d'abord, plus complexes à recueillir et et plus nombreuses complexifiant ainsi l'analyse.

3^e ÉTAPE | ANALYSE DE LA DISPOSITION DU PROCÉDÉ

Une fois les données et les courbes composées réalisées, il est possible de connaître les flux qui peuvent être interreliés à des fins de récupération énergétique et de réduction de la consommation d'utilités nettes, tel que vue précédemment. Ceci étant dit, il faut toutefois analyser, parmi toutes les possibilités interreliées, lesquelles sont impossibles pour des questions d'aménagement, de complexité, d'opération, de coût d'investissement, de sécurité ou autres. En effet, on peut déterminer qu'il pourrait être avantageux de croiser un flux à refroidir X avec un flux à réchauffer Y, mais s'ils sont à une telle distance l'un de l'autre qu'il faudrait investir des sommes trop importantes en équipement, en tuyauterie et autres, ces courants ne devraient pas être interreliés.

Il est donc important de mentionner que l'analyse de pincement thermique est un modèle ou un gabarit d'étude, mais il ne faut pas forcer les conclusions à des situations qui physiquement ne s'appliquent pas.

Des questions ?
N'hésitez pas à nous contacter

Klalde@lwtconsultants.com
www.lwtconsultants.com
(438) 469-1606

La résultante de cette étape de l'analyse sera un schéma d'interconnexion entre les échangeurs de chaleurs du procédé (existants et nouveaux), tel que celui-ci-dessous :

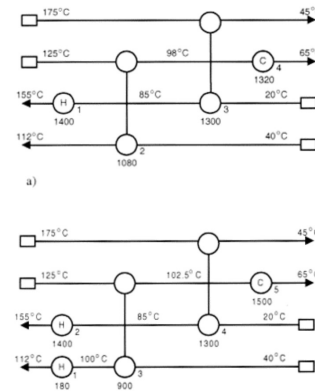


Figure 1 : Architecture Échangeurs de chaleur (Santos, Zemp, 2000)

Ce graphique nous permet de connaître quels courants seront reliés par un échangeur de chaleur et quelle sera l'énergie récupérée dans celui-ci ainsi que les endroits où il faudra utiliser les utilités de l'usine pour atteindre les exigences d'opération du procédé.

4^e ÉTAPE | INGÉNIERE DES MODIFICATIONS

Une fois les possibilités analysées et choisies, il faut maintenant effectuer l'ingénierie pour implémenter les solutions. C'est pendant la phase d'ingénierie, qui peut être conduite en parallèle de l'étude, qu'on réalisera :

- | L'analyse des coûts de modification
- | La modification des plans de procédés
- | Le dimensionnement des équipements et tuyauteries à ajouter
- | L'approvisionnement
- | La gestion de construction
- | Le suivi de la performance des modifications

CONCLUSION

Cet article se veut être une introduction à la démarche de pincement thermique, si le sujet vous intéresse, vous pourrez trouver d'avantage d'informations sur le web. Sinon, vous aurez au minimum maintenant une compréhension de la démarche et pourrez engager des consultants pour réaliser les études sur votre procédé. L'important est de comprendre qu'il est possible de déterminer efficacement les opportunités d'investissement pour réduire la consommation énergétique de votre procédé et ainsi rentabiliser votre investissement le plus rapidement possible.

Des questions ?
N'hésitez pas à nous contacter

Klalde@lwtconsultants.com
www.lwtconsultants.com
(438) 469-1606

RÉFÉRENCES

1. CNRC, *Pinch Analysis : For the efficient use of energy, water & hydrogen*, 2003. Tiré de : https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/canmetenergy/pdf/fichier.php/codectec/En/2009-052/2009-052_PM-FAC_404-DEPLOI_e.pdf
2. L.C.Santos. , R.J.Zemp., *Energy and capital targets for constrained heat exchanger networks*. Brazilian Journal of chemical engineering, 2000. Tiré de : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322000000400030
3. L. March., *Introduction to pinch technology*. 1998. Tiré de : <https://www.ou.edu/class/che-design/a-design/Introduction%20to%20Pinch%20Technology-LinhoffMarch.pdf>

Des questions ?
N'hésitez pas à nous contacter

Klalde@lwtconsultants.com
www.lwtconsultants.com
(438) 469-1606