

# PINCH ANALYSIS: pour l'utilisation efficace de l'énergie, de l'eau et de l'hydrogène

**INDUSTRIE DES PÂTES ET PAPIERS**  
Récupération d'énergie et refroidissement des effluents



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada



# **PINCH ANALYSIS:** pour l'utilisation efficace de l'énergie, de l'eau et de l'hydrogène

---

**INDUSTRIE DES PÂTES ET PAPIERS**  
Récupération d'énergie et refroidissement des effluents

Nous aimerions recevoir vos commentaires au sujet du présent document. Veuillez les faire parvenir à l'adresse suivante :

CanmetÉNERGIE à Varennes

1615, boulevard Lionel-Boulet, C.P. 4800

Varennes, Québec, J3X 1S6

Canada

Pour plus de renseignements :

Téléphone : 1 (450) 652-4621

Télécopieur : 1 (450) 652-0999

Site Web : <http://canmetenergie.nrcan.gc.ca>

Courriel : [proc-int@nrcan.gc.ca](mailto:proc-int@nrcan.gc.ca)

Cet exemple d'application de l'analyse de pincement a été initialement développé par Pragmatic, Canada

## Table des matières

### Exemple d'application de l'analyse Pinch

Récupération d'énergie et refroidissement des effluents dans une usine de pâtes et papiers . . . . .	7
Description du procédé . . . . .	7
Problématique et objectifs de l'analyse Pinch . . . . .	9
Application de l'analyse Pinch : extraction des données . . . . .	9
Détermination des cibles de besoin énergétique . . . . .	11
Valeurs cibles obtenues . . . . .	13
Choix des valeurs cibles . . . . .	15
Conception de la solution . . . . .	17
Conclusions . . . . .	21



## EXEMPLE D'APPLICATION DE L'ANALYSE DE PINCEMENT

### Récupération d'énergie et refroidissement des effluents dans une usine de pâtes et papiers

Le présent exemple est inspiré d'une situation réelle rencontrée dans une usine de pâtes et papiers, mais il a été simplifié pour en faciliter la compréhension. Le but de cette présentation est d'illustrer concrètement les différentes étapes d'une analyse Pinch en milieu industriel. La méthodologie utilisée n'est pas la seule approche possible et d'autres variantes peuvent être utilisées.

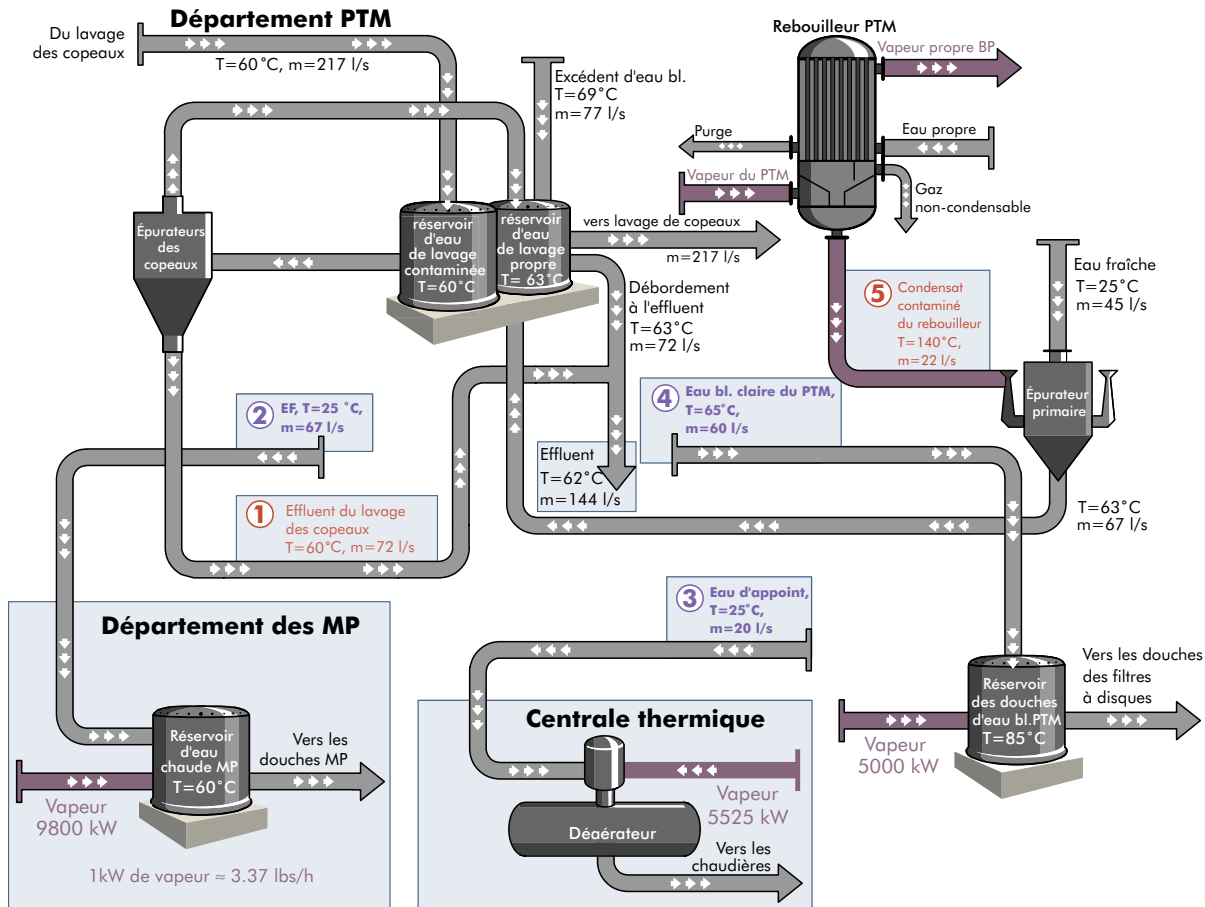
Dans l'ensemble de l'exemple, les coûts sont exprimés en dollars canadiens (\$Can).

### Description du procédé

La **figure 1** présente un diagramme simplifié du procédé étudié, incluant les données fournies par le bilan de matière et d'énergie. Ce schéma représente quelques sections d'une usine de pâte thermomécanique (procédé PTM) et de papier journal, soit :

- Le cuvier d'eau de lavage des copeaux avec les épurateurs d'eau de lavage ;
- Le rebouilleur de l'atelier de pâte PTM qui évacue les condensats sous pression chargés de fibres. Les condensats sont détendus à la pression atmosphérique dans un épurateur primaire dans lequel la vapeur de revaporisation produite est refroidie par des douches d'eau fraîche pour éliminer tout entraînement de fibres vers l'extérieur. Le mélange obtenu est ensuite retourné au côté propre du cuvier d'eau de lavage des copeaux ;
- Le cuvier d'eau blanche réchauffée alimentant les douches des laveurs de pâte de l'atelier de pâte ;
- Le cuvier d'eau chaude des douches des machines à papier ;
- Le dégazeur de l'eau d'appoint des chaudières de la centrale thermique.

Figure 1



Les courants numérotés de 1 à 5 seront utilisés dans cet exemple. Les besoins en vapeur découlent du fait que certains courants du procédé doivent être chauffés à une plus grande température. C'est le cas des courants #4 pour les douches des laveurs de pâte, #2 pour les douches des machines à papier et #3 pour le chauffage de l'eau d'appoint de la centrale thermique. Le besoin total en chauffage de ces 3 courants représente 20325 kW, soit approximativement 38 t/h de vapeur aux pressions typiques normalement rencontrées dans ce type de procédé.

Le coût de l'énergie utilisée pour satisfaire les besoins de chauffage s'établit à 0,015 \$/kWh (soit l'équivalent de 4,17 \$/GJ). L'usine est en opération 8400 heures par année. Cependant, pour plusieurs raisons, notamment les arrêts dus aux bris et à l'entretien des appareils, les courants utilisés dans le procédé étudié ne sont pas disponibles tout le temps, et quand ils le sont, leur synchronisme est imparfait. De même, on rencontre des variations associées aux changements de saison, au grade de papier, aux modes de contrôle du procédé, etc. En tenant compte de tous ces



facteurs, un nombre d'heures de production annuel équivalent de 6000 heures est utilisé dans cet exemple. La facture annuelle liée à l'utilisation de cette vapeur est de 1830 k\$/an (en négligeant les inefficacités liées à la production et à la distribution de vapeur).

La **figure 1** montre aussi que 2 courants chauds composent l'effluent : le courant #1, qui comprend les rejets des épurateurs du lavage des copeaux, et le courant #5 qui représente le condensat produit par le rebouilleur de l'atelier de pâte PTM. Ce dernier courant se retrouve dans le cuvier d'eau de lavage des copeaux dans lequel il contribue au débordement allant à l'égout. L'ensemble des courants allant à l'égout a une température de 61°C et doit être refroidi à 35°C pour permettre un bon fonctionnement du système de traitement. Cette tâche est accomplie par des tours de refroidissement situées en amont du procédé de traitement secondaire des effluents, ce qui représente une charge de refroidissement de 15 945 kW. Le coût d'utilisation de ces tours de refroidissement étant faible à comparer le coût de la vapeur, il sera négligé dans le cadre de cet exemple.

### Problématique et objectifs de l'analyse Pinch

L'usine envisage d'accroître sa production de 10 % dans le courant de l'année. Cependant, la centrale thermique est déjà utilisée à pleine capacité avec les besoins actuels. Il en est de même avec la capacité des tours de refroidissement des effluents qui ne suffisent déjà plus à la tâche à certaines périodes de l'été. Afin d'accroître la production sans investir dans de nouvelles chaudières et tours de refroidissement, la direction de l'usine désire réduire la charge sur les tours de refroidissement et les besoins en vapeur du procédé par des projets d'économie d'énergie. Par la même occasion, l'usine veut réduire ses émissions de GES de façon rentable. La direction de l'usine souhaite ainsi une période moyenne de retour sur investissements de moins de 12 mois pour l'ensemble des projets identifiés et de moins de 24 mois sur chacun des projets individuels.

Pour atteindre ces objectifs, l'analyse Pinch a été choisie pour réduire la consommation de vapeur du procédé et pour abaisser la température des effluents le plus près possible de 35°C.

### Application de l'analyse Pinch : extraction des données

En premier lieu, une analyse du diagramme du procédé et du bilan d'énergie permet d'extraire les données essentielles à l'analyse Pinch. Sur la **figure 1**, les résultats du bilan d'énergie sont indiqués pour chacun des courants, incluant les valeurs du paramètre CP (produit du débit et de la chaleur spécifique Cp) qui est nécessaire au calcul de la charge thermique correspondant au changement de température d'un courant donné.

## 10 | Exemple d'application de l'analyse Pinch - Industrie des pâtes et papiers

Cette phase d'extraction des données est cruciale car les spécifications données aux courants sélectionnés conditionneront tous les résultats qui découleront de l'analyse Pinch. Le tableau 1 est le résultat de l'application d'une des approches possibles pour extraire les données. D'autres approches sont également possibles et pourraient entraîner des résultats différents. L'expérience et le jugement de l'ingénieur en analyse Pinch sont très importants à cette étape.

Les données du **tableau 1** reposent sur l'hypothèse qu'il n'est pas souhaitable de dépressuriser les condensats du rebouilleur dans l'épurateur car cela entraîne un refroidissement de ce courant. La règle thermodynamique qui stipule qu'il faut maintenir les courants chauds à leur température maximale est à la base de ce choix. De cette façon, on conserve un potentiel maximal de récupération d'énergie de ce courant puisqu'on ne dégrade pas sa qualité énergétique (température). Cette hypothèse permet d'éliminer la consommation d'eau fraîche du cyclone primaire. En outre, on n'altère en rien la charge en fibres de l'effluent global puisque, dans le procédé original, les fibres présentes dans les condensats se retrouvent dans l'effluent par les rejets des épurateurs du lavage des copeaux et par le débordement du cuvier d'eau de lavage.

La température finale choisie pour les courants chauds correspond aux exigences du procédé, ce qui correspond à 35°C pour les courants #1 et #5 qui vont au traitement secondaire des effluents (limite maximale de température pour que le système de traitement fonctionne efficacement). De même, la température finale des courants froids devant être chauffés est choisie pour satisfaire les exigences du procédé (température des cuiviers et température maximale de préchauffage au dégazeur pour assurer une bonne efficacité de dégazage).

no	Description	Type	T <sub>initiale</sub> (°C)	T <sub>finale</sub> (°C)	Q (kW)	h (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	CP (kW/°C)
1	Rejet des épurateurs au lavage des copeaux	chaud	80	35	7 500	3,0	300
2	Eau chaude des machines à papier	froid	25	60	-9 800	3,5	280
3	Eau d'appoint de la centrale thermique	froid	25	90	-5 525	3,7	85
4	Eau des douches des filtres à disques du PTM	froid	85	85	-5 000	3,1	250
5	Condensat du rebouilleur	chaud	140	35	9 776	2,9	93

**Tableau 1** : Données extraites sur les caractéristiques du procédé

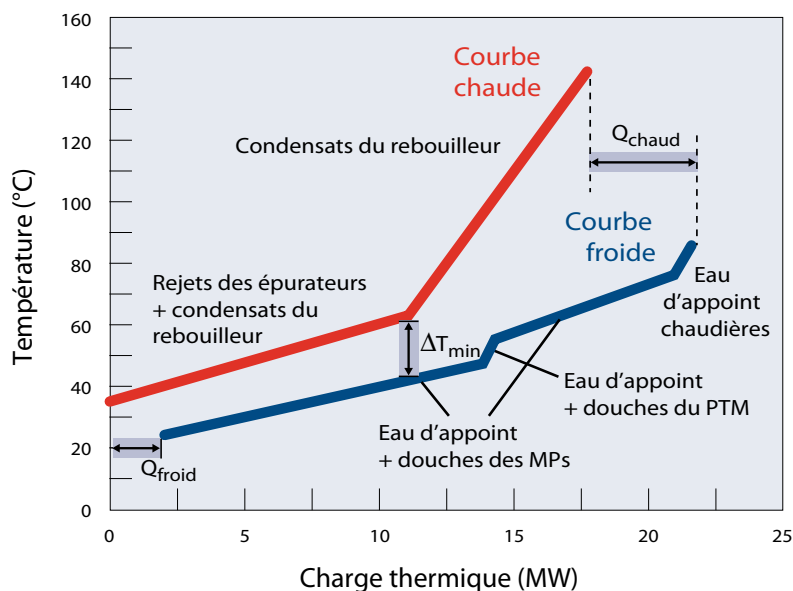
Le **tableau 1** contient aussi les coefficients de transfert de chaleur ( $h$ ) de chaque courant afin d'évaluer la surface d'échange requise pour chaque échangeur de chaleur et ainsi permettre la conception préliminaire des échangeurs de chaleur requis pour effectuer la récupération d'énergie.

### Détermination des cibles de besoin énergétique

L'une des grandes forces de l'analyse Pinch réside dans le fait qu'elle permet de prédire, avant tout travail de conception des échangeurs de chaleur, les besoins minimums en énergie et les coûts d'installation minimums correspondants. Le paramètre clé dont dépendent toutes ces cibles est le choix de la différence de température minimale avec laquelle un échange de chaleur peut se faire dans un échangeur de chaleur ( $\Delta T_{\min}$ ).

Les valeurs cibles sont déterminées en utilisant les courbes composites produites à partir des données du **tableau 1**. La **figure 2** permet de visualiser la contribution de chaque courant à chacune des courbes composites.

Courbes composites **Figure 2**



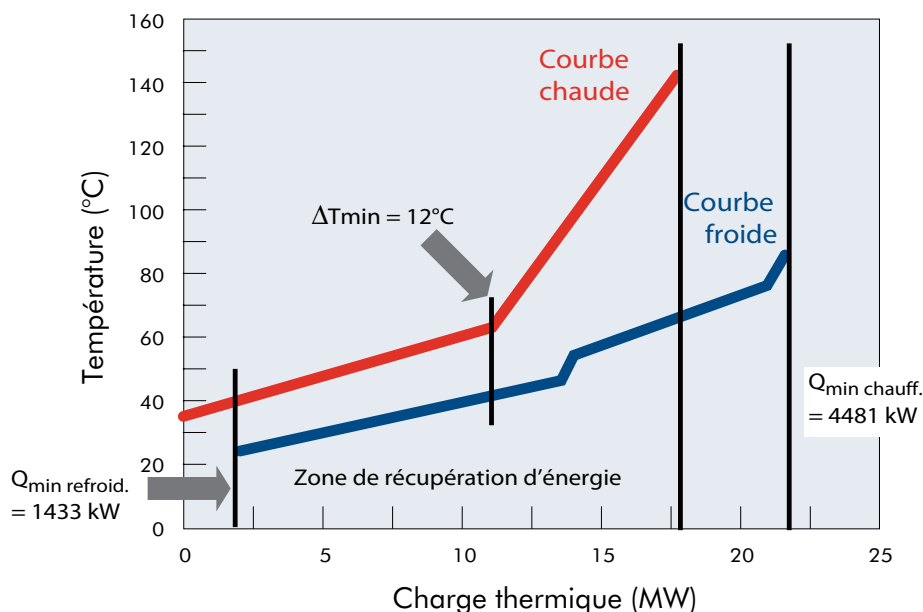
Tel que présenté à la *section 3.2* du guide de Ressources naturelles Canada « L'Analyse Pinch pour une utilisation efficace de l'énergie, l'eau et l'hydrogène », les courbes composites représentent l'ensemble du procédé de façon globale et permettent d'identifier les inefficacités actuelles ainsi que les meilleures possibilités de récupération d'énergie.

## 12 | Exemple d'application de l'analyse Pinch - Industrie des pâtes et papiers

Pour déterminer les cibles de consommation minimale, les 2 courbes sont superposées. La zone où les deux courbes se recouvrent correspond à la quantité d'énergie pouvant être récupérée entre les courants chauds et les courants froids, permettant ainsi de satisfaire simultanément les besoins en chauffage et en refroidissement dans cette zone (**figure 3**). Les extrémités des courbes composites représentent la quantité minimale d'énergie devant être fournie au procédé (charge minimale de chauffage) et la quantité minimale d'énergie devant être évacuée (charge minimale de refroidissement).

Les quantités de chaleur récupérées et fournies par les utilités pour le chauffage et le refroidissement dépendent de la position relative des 2 courbes composites qui est caractérisée par la différence minimale de température  $\Delta T_{\min}$  admissible entre les 2 courbes. Les cibles de consommation minimale de chaleur et de refroidissement dépendent donc directement du choix du  $\Delta T_{\min}$ . Dans le cadre de cet exemple, une valeur de  $12^\circ\text{C}$  a été choisie. La procédure pour choisir le  $\Delta T_{\min}$  est présentée plus loin (d'autres procédures, notamment basées sur l'expérience du praticien en analyse Pinch, peuvent également être utilisées).

**Figure 3** Détermination des cibles de consommation minimale



Les courbes composites permettent également de déterminer le coût minimal requis pour l'installation de nouveaux échangeurs de chaleur nécessaires à la récupération de chaleur (cibles du coût minimum). Deux valeurs sont nécessaires pour évaluer ce coût : le nombre minimum d'échangeurs à installer et la surface d'échange totale minimale à installer. Des informations complémentaires sur la façon de déterminer le nombre minimal d'échangeurs de chaleur et la surface d'échange minimale à installer peuvent être trouvées dans les références citées à la fin de ce guide. De plus, les logiciels commerciaux permettent de faire ces calculs automatiquement. Dans cet exemple, le nombre minimum d'échangeurs de chaleur requis (N) pour atteindre les cibles de consommation minimale d'énergie pour le chauffage et le refroidissement est de 4 alors que la surface d'échange totale minimale est de 549 m<sup>2</sup>.

Une fois ces valeurs connues, une relation permet d'évaluer approximativement le coût d'achat et d'installation des échangeurs requis. L'équation dépend principalement du type d'échangeurs de chaleur requis (spirale, tubes et calandre, plaques, etc.), de leur pression d'opération et de leur métallurgie. Pour les fins de cet exemple, l'équation suivante a été utilisée (A étant surface d'échange totale en m<sup>2</sup> et N le nombre minimum d'échangeurs de chaleur requis) :

$$\text{Coût total (\$CDN)} = N (110000 + 5200 (A/N)^{0.8})$$

À titre indicatif, cette équation donne une valeur à peu près à mi-chemin entre les coûts d'un échangeur à plaques à large espacement et d'un échangeur spirale. Le facteur A/N représente la surface d'échange moyenne de chacun des échangeurs et permet de faire une première approximation du coût total d'un réseau de N échangeurs.

### Valeurs cibles obtenues

En utilisant un logiciel d'analyse Pinch et en réalisant les calculs pour plusieurs valeurs de  $\Delta T_{\min}$ , on obtient différentes valeurs cibles en fonction de  $\Delta T_{\min}$ . On peut alors choisir la valeur de  $\Delta T_{\min}$  qui répond le mieux aux objectifs de l'usine tout en satisfaisant ses contraintes économiques. Les cibles pouvant être calculées en fonction de  $\Delta T_{\min}$  grâce à cette procédure sont :

- Les économies annuelles en vapeur (*figure 4*);
- Les coûts d'achat et d'installation (*figure 5*);
- La période de retour sur investissements (*figure 6*).

Figure 4 Économies annuelles de vapeur en fonction de la valeur de  $\Delta T_{min}$

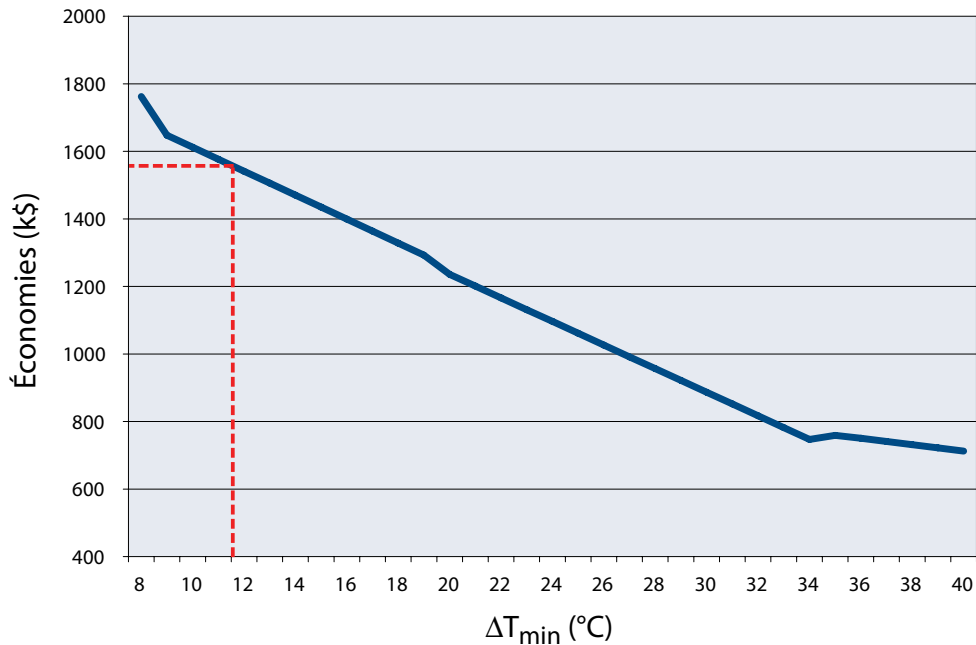
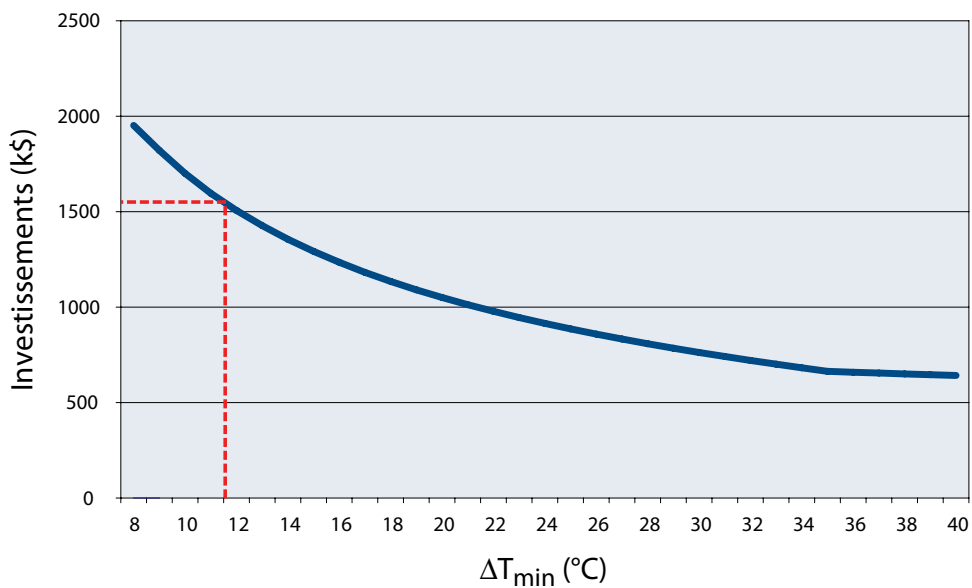
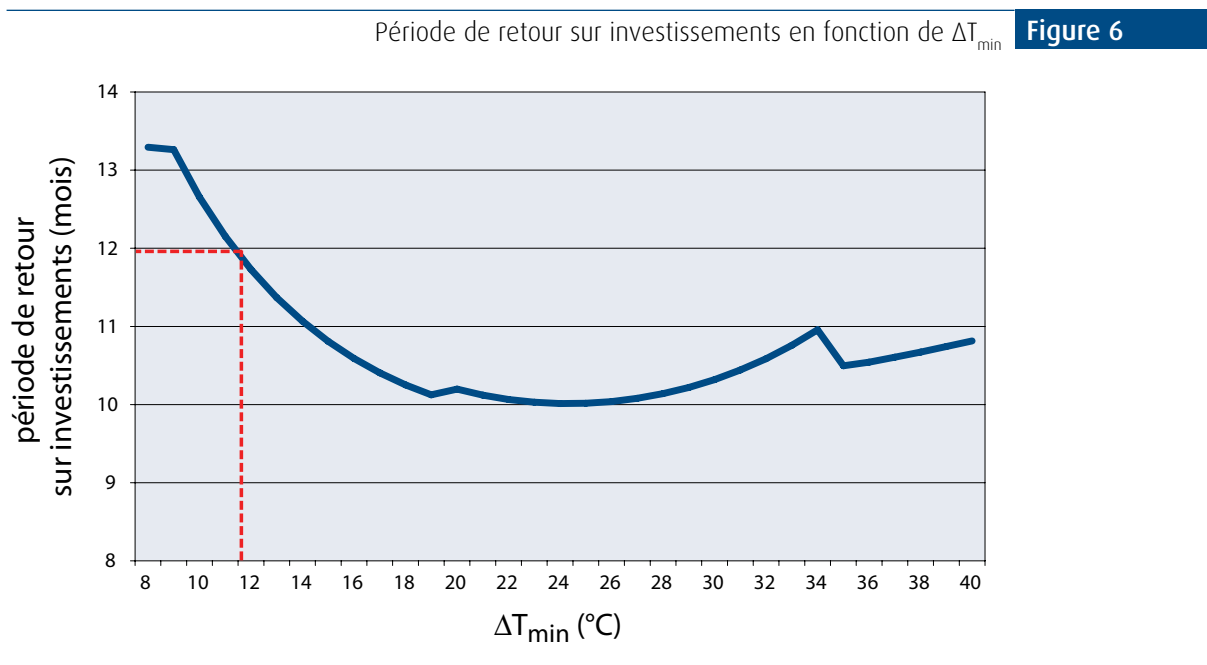


Figure 5 Coûts des équipements et d'installation en fonction de la valeur de  $\Delta T_{min}$



Le graphique de la **figure 6** est une combinaison des résultats des **figures 4** et **5** (coûts d'achat et d'installation / économies annuelles de vapeur). Il est à noter que les différents logiciels d'analyse Pinch disponibles sur le marché peuvent présenter ces courbes légèrement différemment.

Il est également à noter que la conception du réseau d'échangeurs de chaleur permettant d'obtenir ces cibles **n'a pas encore été faite**. Pourtant, la procédure nous a déjà permis d'identifier, pour un  $\Delta T_{\min}$  donné, les résultats qui seront obtenus lorsque la conception sera terminée. C'est l'une des grandes forces de l'analyse Pinch. Sa deuxième grande force est que la méthode permet de choisir, parmi toutes les possibilités de récupération d'énergie envisageables, les projets qui permettent d'atteindre ou de se rapprocher le plus possible des cibles de consommation minimale d'énergie pour l'ensemble d'un procédé tout en respectant les contraintes économiques de l'usine (voir la section *Conception de la solution*).



### Choix des valeurs cibles

Le choix des valeurs cibles se fait de façon à maximiser les économies d'énergie tout en respectant le critère de rentabilité imposé par la direction de l'usine, soit un temps de retour sur investissement moyen de moins de 12 mois dans le cas présent. La **figure 6** servira à cette fin, car elle permet d'identifier la période de retour sur investissement en fonction de la valeur de  $\Delta T_{\min}$ . Puisqu'une solution obtenue à partir d'une analyse Pinch se compose de plusieurs projets de récupération d'énergie (ou échangeurs de chaleur), il faudra également vérifier si chacun de ces projets rencontre le critère de retour sur investissement de moins de 24 mois fixé par la direction de l'usine. Cette vérification se fera plus loin à l'étape de la conception du réseau d'échangeurs de chaleur.

## 16 | Exemple d'application de l'analyse Pinch - Industrie des pâtes et papiers

En observant la **figure 6**, on peut voir que c'est pour une valeur de  $\Delta T_{\min}$  de 12°C que l'on obtient le maximum d'économies d'énergie tout en respectant le critère économique d'obtenir une période de retour sur investissement moyenne inférieure à 12 mois. En retournant sur les figures 4 et 5, on obtient les résultats suivants :

- Économies ciblées : 1540 k\$/an,
- Investissements requis : 1506 k\$
- Temps de retour sur investissement global : 11,7 mois

L'ensemble des valeurs cibles est présenté dans le **tableau 2**. La procédure présentée précédemment pour sélectionner la valeur du  $\Delta T_{\min}$  peut être automatisée à l'aide d'un logiciel. Les logiciels commerciaux d'analyse Pinch ont tous une procédure automatisée bien qu'elle puisse être légèrement différente de celle présentée dans cet exemple. Certains praticiens en analyse Pinch utilisent leur expérience pour fixer la valeur de  $\Delta T_{\min}$  au lieu d'utiliser une procédure similaire à celle présentée dans cet exemple. Cette approche est tout à fait valable en autant que le praticien ait une solide expérience dans l'application de l'analyse Pinch au type de procédé qu'il étudie.

Paramètres	Valeut actuelle	Valeur cible	Réduction (%)
Besoin en vapeur (kW)	20 325	4 481	78 %
Charge des tours de refroidissement (kW)	15 945	1 433	91 %
Température de l'effluent (°C)	61	39,8	
Surface d'échange minimale (m <sup>2</sup> )		549	
Économies d'énergie (kW)		15 844	
Économies d'énergie (k\$/an)		1 426	78%
Investissements (k\$)		1 506	
Temps de retour sur investissements (mois)		11,7	

**Tableau 2** : Valeurs cibles obtenues pour une valeur de  $\Delta T_{\min}$  de 12°C

Finalement, les courbes composites de la **figure 3**, obtenues avec un  $\Delta T_{\min}$  de 12°C, nous montrent que le point de pincement est situé à une température de 60°C pour les courants chauds, et de 48°C pour les courants froids. Cette information est cruciale pour la phase de conception qui suit.



## Conception de la solution

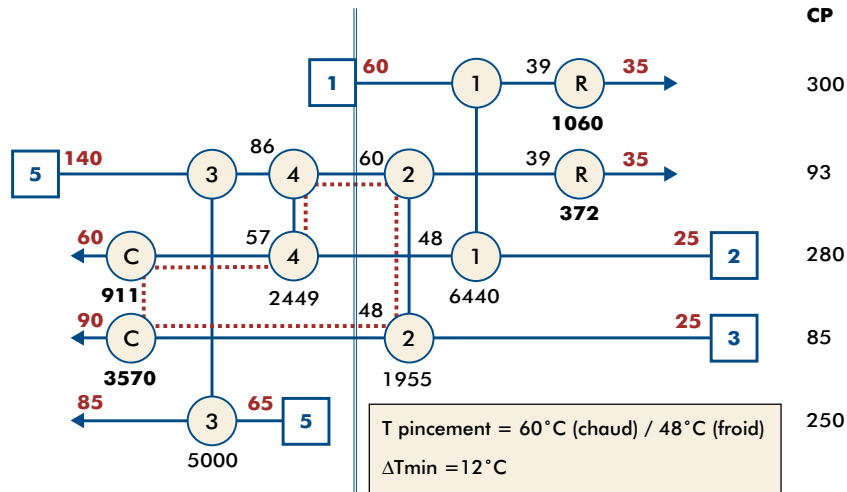
Les règles de conception de l'analyse Pinch permettent d'identifier les projets qui rencontrent les objectifs visés par l'étude, notamment la réduction de la consommation d'énergie. Tel que mentionné à la section 3.2 du guide technique « L'Analyse Pinch pour une utilisation efficace de l'énergie, l'eau et l'hydrogène », ces règles découlent de l'existence du pincement (Pinch) rencontré à l'endroit où se situe le  $\Delta T_{\min}$  sur les courbes composites.

Rappelons qu'il y a trois règles de base qui permettent d'atteindre les cibles de consommation minimale d'énergie :

- la chaleur ne doit pas être transférée à travers le point de pincement (sauf si c'est par le biais d'une pompe à chaleur) ;
- il faut absolument éviter d'utiliser les utilités pour refroidir (eau de refroidissement, refroidisseur à air, etc.) un courant de procédé qui se trouve au-dessus du point de pincement ;
- il faut absolument éviter d'utiliser les utilités pour chauffer (vapeur, gaz chauds) les courants du procédé qui se situent en dessous du point de pincement.

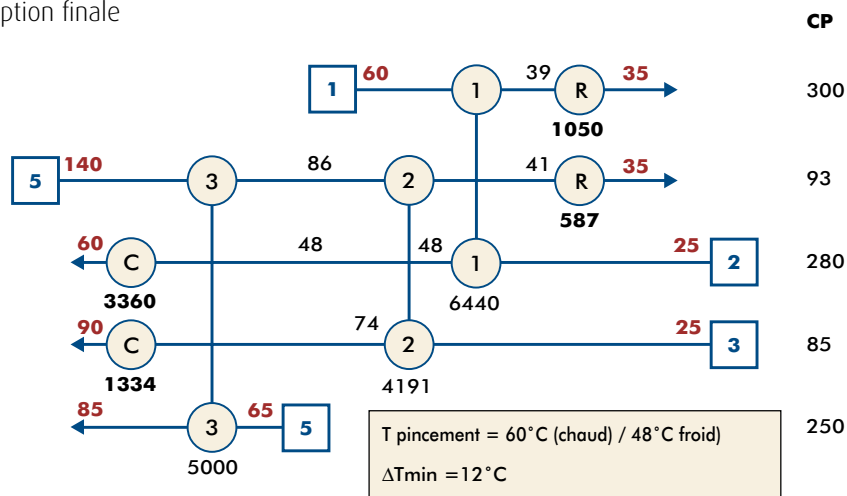
Pour effectuer efficacement la conception du réseau d'échangeurs de chaleur qui permettra de rencontrer les cibles de consommation minimale d'énergie présentées au **tableau 2**, on utilise une grille de conception sur laquelle l'emplacement du pincement est bien illustré. En appliquant les règles de conception mentionnées plus haut et en commençant la conception avec les échangeurs de chaleur situés autour du point de pincement, on obtient le réseau d'échangeurs de chaleur représenté sur la grille de conception de la **figure 7**. Sur cette grille les courants de procédé sont représentés par des lignes horizontales alors que les échangeurs de chaleur sont représentés par un cercle reliant 2 lignes. Les températures d'entrée et de sortie des échangeurs de chaleur sont données de même que la charge thermique transférée du courant chaud vers le courant froid dans l'échangeur (inscrite en kW sous le cercle inférieur). Les systèmes de chauffage et de refroidissement correspondent aux cercles avec un C (pour chauffage, ici de la vapeur) et un R (pour refroidissement, ici les tours de refroidissement).

Figure 7 Conception permettant d'atteindre les valeurs cibles



En second lieu, une étape d'optimisation finale permet d'affiner la conception en termes de simplicité, de flexibilité et notamment de rentabilité. Dans le présent exemple, il est possible d'éliminer un échangeur de chaleur en appliquant le concept des boucles (ce concept est expliqué en détails dans les références citées à la fin du guide). Une boucle constitue un groupe d'échangeurs de chaleur permettant de relier plusieurs courants de procédé en un circuit fermé. L'existence d'une boucle signifie qu'il est possible d'éliminer un échangeur de chaleur tout en satisfaisant les besoins du procédé. Cependant, cette simplification du réseau se fera au détriment de la consommation d'énergie. Il ne sera en effet plus possible d'atteindre les cibles de consommation minimale d'énergie identifiées précédemment, mais une réduction significative des coûts d'installation pourra être obtenue. La *figure 7* présente

Figure 8 Conception finale



une boucle (ligne en pointillés) sur laquelle ce concept a été utilisé pour éliminer l'échangeur de chaleur no 4 et donner la conception finale de la **figure 8**.

Le schéma de procédé correspondant au réseau d'échangeurs de chaleur de la **figure 8** est présenté à la **figure 9**. La conception proposée comprend 3 échangeurs de chaleur. Le rejet des épurateurs au lavage des copeaux est utilisé pour réchauffer l'eau des douches des machines à papier, tandis que les condensats contaminés du rebouilleur du PTM servent à réchauffer respectivement l'eau des douches des laveurs de pâte du PTM et, en second lieu, l'eau d'appoint des chaudières.

Les résultats associés à la solution de la **figure 8** sont présentés dans le **tableau 3** de même que les consommations énergétiques actuelles et les valeurs cibles de consommation minimale.

Paramètres	Solution finale	Valeur cible	Valeur actuelle
Besoin en vapeur (kW)	4 694	4 481	20 325
Économies d'énergie (kW)	15 631	15 844	-
Surface d'échange totale (m <sup>2</sup> )	590	549	0
Nombre d'échangeurs	3	4	0
Température de l'effluent (°C)	40,3	39,8	61
Économies d'énergie (k\$/an)	1 407	1 540	-
Investissements (k\$)	1 397	1 506	-
Temps de retour sur investissements (mois)	11,8	11,7	-

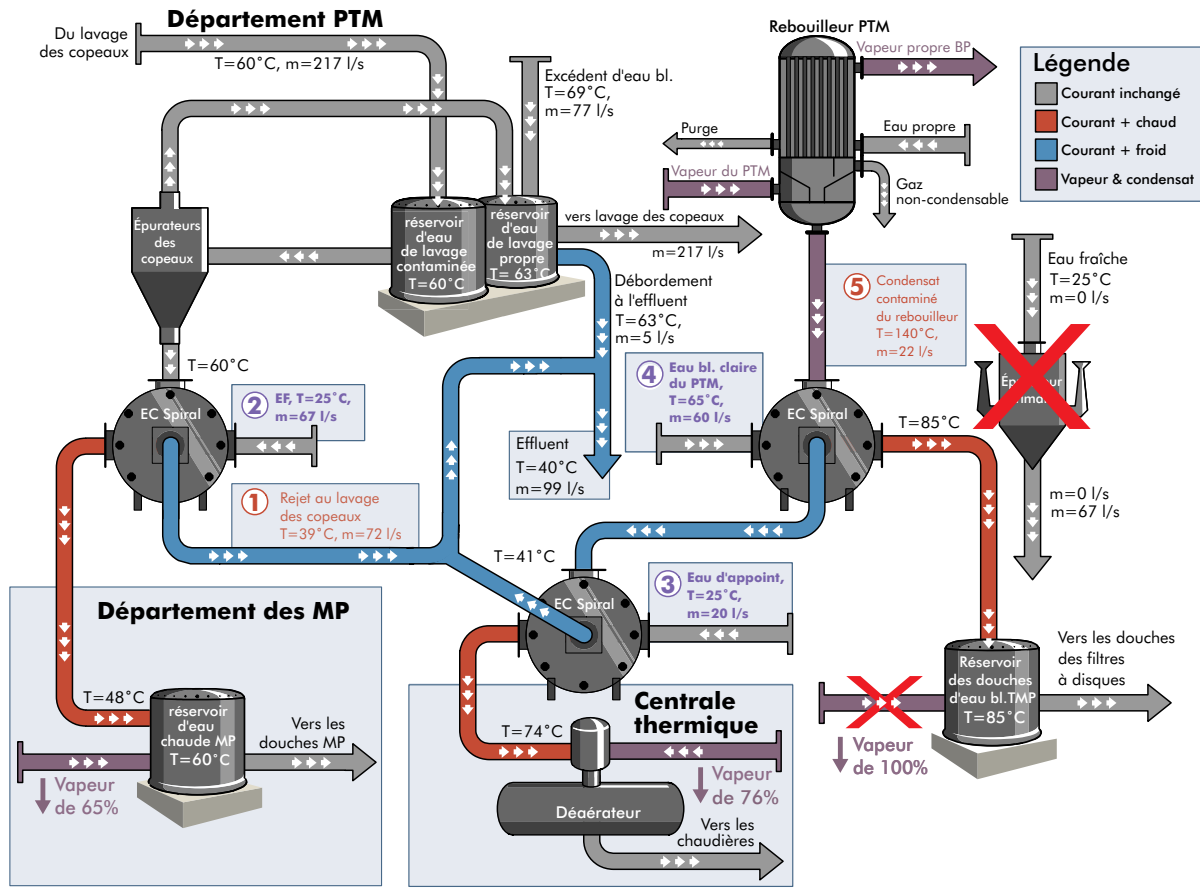
**Tableau 3** : Comparaison entre la situation actuelle, les résultats obtenus et les valeurs cibles

Le **tableau 4** donne le détail de la conception de chacun des 3 échangeurs de chaleur. Le coût d'achat et d'installation de chacun des échangeurs a été évalué de la même façon que le coût de l'ensemble des échangeurs de chaleur, soit avec la formule suivante :

$$\text{Coût individuel (\$CDN)} = 110000 + 5200 (A)^{0.8}$$

A est la surface de chacun des échangeurs. Dans le **tableau 4**, le coût total des échangeurs de chaleur diffère légèrement de celui du **tableau 3** parce que chaque échangeur a été évalué individuellement en fonction de sa surface d'échange au lieu d'avoir évalué le coût total en fonction de la surface d'échange de tous les échangeurs de chaleur pris ensemble. On constate que chaque échangeur rencontre le critère d'une période de retour sur investissement de moins de 24 mois.

Figure 9



Paramètre	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total
Charge thermique (kW)	6 440	4 191	5 000	15 631
Surface d'échange (m <sup>2</sup> )	312	184	94	590
$\Delta T_{ln}$ (°C)	12,8	14,0	35,5	-
Économies d'énergie (k\$/an)	580	377	450	1 407
Investissements (k\$)	624	447	307	1 378
Temps de retour sur investissements (mois)	12,9	14,2	8,2	11,8

Tableau 4 : Résultats pour chaque échangeur dans la conception finale

Il est à noter qu'une économie d'eau fraîche est aussi obtenue par l'élimination de la dilution des condensats, ce qui permet de réduire le volume des effluents de 31 %. De plus, il est important de souligner qu'en plus de réduire les coûts associés à la production de vapeur, ces projets permettent d'éviter des dépenses en capital pour l'accroissement de la capacité des chaudières et des tours de refroidissement.

## CONCLUSIONS

L'analyse Pinch est une technique puissante permettant d'identifier les cibles de consommation minimale d'énergie d'une usine et de concevoir un réseau d'échangeurs de chaleur permettant de se rapprocher de ces cibles tout en respectant les contraintes techniques et économiques de l'usine.

L'utilisation de cette technique pour concevoir ou optimiser un réseau d'échangeurs de chaleur complexe se fait en utilisant un logiciel d'analyse Pinch pour faciliter les calculs. Malgré la performance de ces logiciels, l'application des règles de conception mentionnées précédemment et l'utilisation de son jugement dans le choix de la solution finale est essentiel.

L'application de cette approche à l'ensemble d'une usine serait évidemment plus longue et plus complexe, mais cet exemple simplifié illustre bien les étapes de l'analyse Pinch et l'utilité de cette approche. En fait, plus l'usine est complexe et plus il est important d'utiliser une approche systématique comme l'analyse Pinch.







Le centre de recherche CanmetÉNERGIE à Varennes est l'un des trois centres de recherche et d'innovation de Ressources naturelles Canada (RNCan). Il conçoit et met en œuvre des solutions technologiques et diffuse des connaissances afin que l'énergie soit produite et utilisée de façon rentable et durable, ce qui permettra de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'améliorer les capacités d'innovation de certains secteurs de l'économie canadienne.

CanmetÉNERGIE à Varennes

1615, Boulevard Lionel-Boulet, C.P. 4800, Varennes, Québec, J3X 1S6, Canada

Téléphone : (450) 652-4621 | Télécopieur : (450) 652-0999 | Site Web : <http://canmetenergy.rncan.gc.ca>



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada