

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UEM 1.2

Matière3 : Traitement et Conditionnement des Eaux de process

Crédits : 4

Coefficient : 2

Contenu de la matière:

Chapitre I : Les eaux de refroidissement

- Introduction
- Conservation de la matière première
- Conservation de l'énergie
- Conservation de l'eau et du traitement

Chapitre II : Traitement des eaux de chaudières

- Position du problème
- Spécifications des eaux de chaudières
- Compléments sur le traitement des eaux de chaudières
 - Dégazage
 - Traitement aux phosphates
 - Inhibiteurs de corrosion
 - Conditionnement anti-primage
- Filières de traitement
 - . Chaudières basses pressions
 - Chaudières moyennes pressions
 - Chaudières hautes pressions
 - Traitement des condensats avant recyclage

Chapitre III : Traitement des eaux de refroidissement

- Position du problème
- Les circuits de refroidissement
 - Circuits ouverts, Circuits totalement fermés et Circuits semi-fermés
- Problèmes posés par les circuits de refroidissement
- Entartrage, Salissures et Corrosion.
- Traitement des eaux de refroidissement
 - Circuits ouverts
 - Circuits semi-fermés :

Traitement de l'appoint, Caractérisation du circuit de refroidissement, Traitement des purges et Traitement en dérivation.

Mode d'évaluation:Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Chapitre I: Introduction aux traitements des eaux de process

I.1. Généralités sur l'eau

Les propriétés physiques et chimiques de l'eau

L'eau est un constituant essentiel de tous les organismes vivants et est le milieu à partir duquel la vie a évolué et dans lequel la vie existe. L'eau douce est inégalement répartie sur terre ce qui engendre de sérieux problèmes entre les pays et des conflits surviennent souvent sur le problème d'approvisionnement en eau.

Tableau. 1. les réserves en eau sur la terre, en km³

Localisation	Planète	Pourcentage
Eaux superficielles		
Lacs	125 000	0.009
Rivières	1300	
Glaciers	200 000	0.015
Calottes glacières	28 800 000	2.1
Lacs salés	100 000	0.007
Eaux sol et sous sol		
Humidité du sol	65 000	0.005
Eaux souterraines		
0 à 1000 m	4 000 000	0.29
< 1000 m	4 000 000	0.29
Atmosphère	13 000	0.01
Océans	1 320 000 000	97.0
TOTAL	1 360 000 000	100

I.2 Les propriétés physiques et chimiques de l'eau

L'eau est un composé incolore, constitué de molécules chaque molécule d'eau est formé d'un atome d'Oxygène et de deux atomes d'hydrogène que l'on représente par : H₂O. La structure de l'eau dépend de son état physique :

- **L'état gazeux** : (vapeur) correspond à la formule chimique de l'eau.
- **L'état liquide et solide** de l'eau : la structure tétraédrique est due à l'arrangement et l'association des molécules sous l'influence des liaisons intermoléculaires dites liaisons hydrogène.

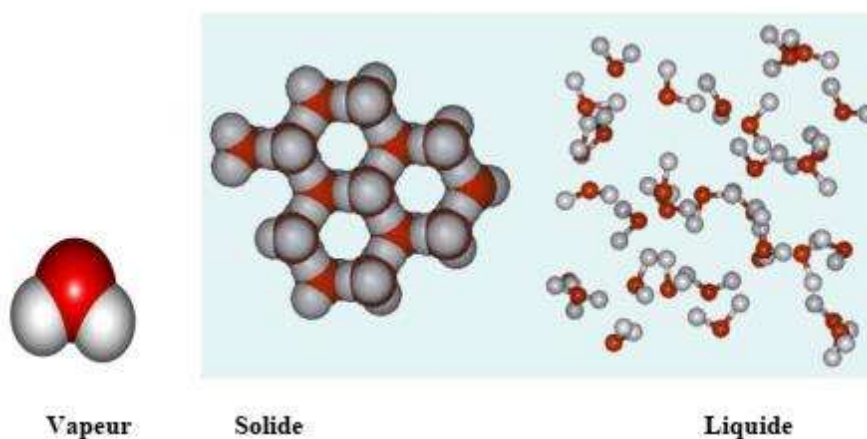


Figure 1 Les molécules d'eau à l'état gazeux, liquide et solide.

I.3. Introduction aux eaux de refroidissement

Les caractéristiques thermodynamiques de l'eau et sa disponibilité dans la plupart des régions industrielles ont fait de l'eau un fluide idéal pour le transfert de chaleur dans les milieux industriels et les centrales électriques.

Dans les régions où l'eau est rare, les systèmes de refroidissement à l'air, du type batterie à refroidissement par air, connaissent un développement important.

L'eau de refroidissement est largement utilisée dans la plupart des industries dans les pays développés, en particulier dans les centrales thermiques et nucléaires pour la condensation de vapeur; dans l'industrie sidérurgique pour le refroidissement d'installations de fabrication de fonte et d'acier, dans les industries chimiques et pétrochimiques pour la condensation de distillats, refroidissement des compresseurs, refroidissement des produits donnant lieu à des réactions exothermiques.

Ce sont les domaines où l'utilisation de l'eau de refroidissement est la plus considérable.

Ces utilisations représentent des quantités d'eau très importantes :

- la production d'une tonne d'acier utilise 150 tonnes d'eau ;
- la production d'une tonne de papier nécessite 25 m³ d'eau ;
- la production d'énergie électrique nécessite 3 m³ / MWh (MégaWatt-heure) pour la vapeur et 60 m³ / MWh pour le refroidissement.

Au total, ces consommations industrielles dans le monde sont plusieurs fois supérieures aux consommations domestiques et cette disproportion est d'autant plus grande que le pays est plus industrialisé.

Conservation de la matière première : l'eau

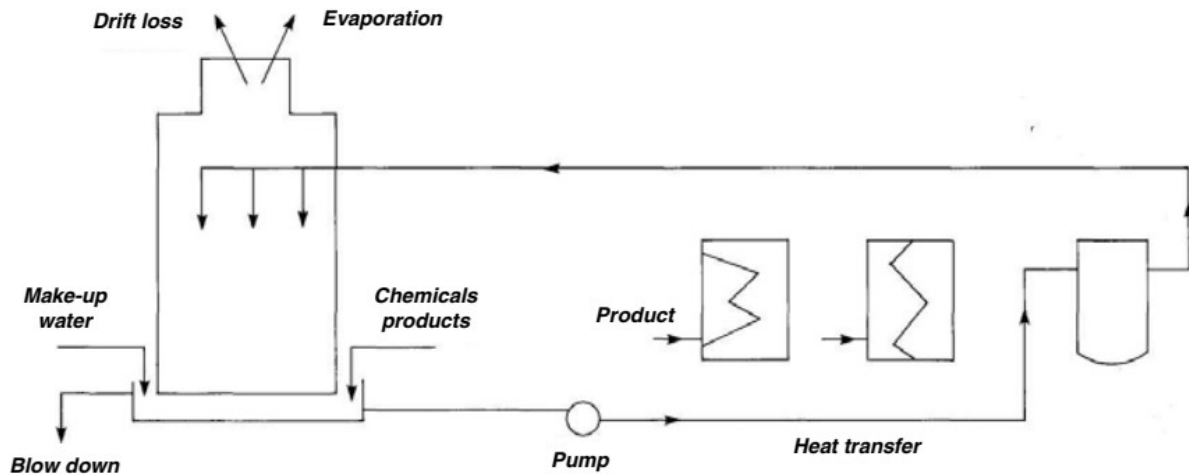
Les quantités d'eau impliquées dans les activités humaines sont très importantes. La demande d'utilisation de l'eau n'a fait que croître alors que les ressources en eau douce ne varient pas, étant associées au phénomène météorologique qui reste statistiquement plus ou moins constant dans la plupart des pays.

L'utilisation unique de l'eau est encore largement répandue, même si depuis quelques années des efforts sont faits pour développer sa réutilisation, pour de nombreuses raisons :

- rareté de l'eau : dans un nombre croissant d'endroits, la demande sera probablement supérieure aux ressources naturelles disponibles ;
- modification de la qualité de l'eau par l'utilisation, soit de la modification thermique (l'élévation de la température entraîne une modification de la faune et de la flore aquatiques : animales et végétales), soit de la modification chimique en introduisant des sous-produits plus ou moins nocifs des activités humaines, entraînant la destruction de la flore et de la faune.

Sur le plan économique, l'utilisation dans le passage direct de l'eau n'est pas toujours possible non plus ; L'entrée d'eau dans les installations doit avoir des caractéristiques bien définies pour pouvoir être utilisée dans le processus industriel, ce qui implique un traitement qui, bien que coûteux, ne peut être rentable que lorsque l'eau est recyclée.

Enfin, de nombreux pays ont adopté des réglementations imposant aux industriels de réduire leurs prélèvements d'eau dans l'environnement naturel, favorisant ainsi le recyclage et la réutilisation de l'eau.



SYSTEME DE REFROIDISSEMENT AVEC TOUR

Water	Energy	Heat transfer
Evaporation	Electricity	l'engorgement , colmatage
Treatment	Vapour	Corrosion
<i>Make-up . water</i>	Perte de produit	Metaux
<i>Drift loss : Perdue d'eaux</i>	Durée de fabrication	
<i>Blow down</i>		

Conservation d'énergie

Par ce terme, nous ne devrions pas comprendre le principe thermodynamique de la conservation de l'énergie, mais les économies d'énergie, quelle que soit leur forme, et la prévention des pertes d'énergie.

La conservation de l'énergie peut dépendre du type d'énergie concerné, mais il est nécessaire d'assurer la gestion de l'énergie à n'importe quel point d'une chaîne de production industrielle. Dès lors qu'un équipement tel qu'un échangeur de chaleur, par exemple, ne fonctionne pas dans les conditions pour lesquelles il a été calculé, il se produit un gaspillage d'énergie car soit il ne remplit pas parfaitement son rôle, soit il le remplit complètement, mais avec une dépense énergétique supérieure à celle nécessaire.

De même : un produit perdu à cause d'un défaut de fonctionnement d'un équipement constitue une perte d'énergie : l'énergie qui serait dépensée pour synthétiser les matières premières.

De la même manière, la réduction de la durée de vie d'un équipement due à la corrosion implique une perte d'énergie, car il serait nécessaire d'investir de nouveau plus tôt pour acheter un nouvel équipement. Dans tous les cas, la gestion de l'énergie peut être directement estimée en termes d'économie de matériaux, avec une valeur monétaire appropriée.

Passons rapidement en revue différents systèmes de refroidissement utilisant de l'eau, afin d'y identifier les points de consommation d'énergie, donc les endroits où des économies d'énergie peuvent être réalisées.

Fondamentalement, un circuit de refroidissement est destiné à extraire de la chaleur et à la dissiper. La figure suivante illustre un système typique avec recirculation de l'eau utilisant une tour de refroidissement, également appelé «circuit de recirculation ouvert».

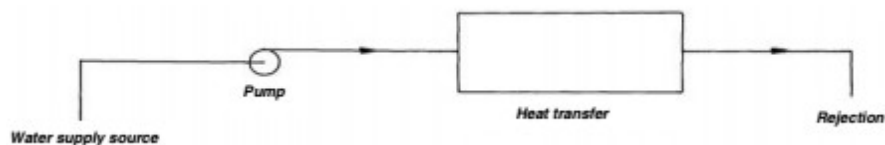
L'eau de refroidissement est pompée du réservoir de stockage vers l'équipement, par exemple un échangeur où elle récupère de la chaleur, puis se dirige vers la tour de refroidissement où elle est refroidie par évaporation, pour ensuite retourner dans le réservoir de stockage et recommencer le cycle. Chaque partie du système a des fonctions spécifiques et précises pour remplir, de manière à produire un système efficace de bilan thermique. Nous discuterons chacune de ces parties séparément.

Les autres types courants de circuits d'eau de refroidissement sont :

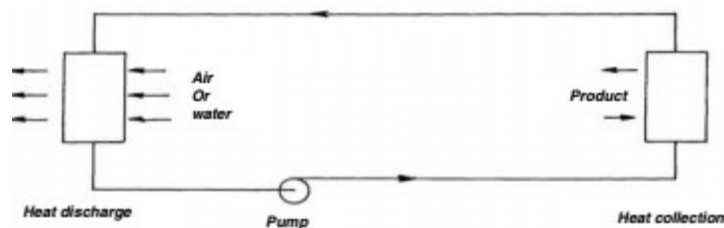
- des circuits ouverts, également appelés circuits à passage unique, à écoulement direct dans lesquels toute l'eau est rejetée dans le milieu naturel après utilisation ;
- Circuits complètement fermés où l'évaporation est nulle (figure ci-dessous). Les pertes sont accidentelles. Il n'y a pas de **make-up**. Le refroidissement de l'eau dans le circuit se fait par un échangeur refroidi à l'eau ou à l'air.

Fondamentalement, le fonctionnement des systèmes de refroidissement est le même. L'eau entre dans un échangeur de chaleur où elle recueille de la chaleur. Ensuite, il en sort (comme dans le système de refroidissement complètement ouvert) pour être remplacé par de l'eau «fraîche», ou s'écoule vers un autre échangeur de chaleur où il fournit la chaleur qu'il avait initialement collectée (comme dans le circuit de recirculation ouvert avec tour). L'eau retourne ensuite dans le réservoir pour répéter le cycle.

Nous discuterons dans un premier temps des problèmes rencontrés lors de ce type de traitement, de leurs effets et des solutions pertinentes, plutôt que des types de circuits de refroidissement.



SYSTÈME OUVERT



SYSTÈME FERMÉ.

Conservation de l'eau et traitement

L'eau est l'élément commun à ces circuits et constitue donc logiquement la source d'économie d'énergie la plus apparente et souvent la plus immédiate qui puisse être introduite. Ceci s'applique d'abord aux systèmes de recirculation ouverts avec tour de refroidissement, mais peut aussi s'appliquer entièrement aux circuits ouverts à passage unique, ainsi qu'aux circuits complètement fermés.

La conservation de l'eau signifie la conservation de l'énergie lors du traitement initial de l'eau, du pompage, du traitement de l'eau circulant dans le système de traitement des eaux usées. Nous examinerons également ce que cela signifie dans un circuit de refroidissement à recirculation

ouverte typique avec tour et l'importance de la quantité d'eau nécessaire. Considérons le cas où le débit de recirculation est de 10 000 m³ par heure, avec une différence de température (résultant du passage) dans la tour de refroidissement de 10 ° C (passage de 43 ° C à 33 ° C). En prenant une évaporation moyenne de 1% pour chaque chute de température de 5 ° C, nous obtenons le tableau suivant concernant les quantités d'eau nécessaires pour différents rapports de concentration.

Besoins en eau d'un système de refroidissement avec tour (recirculation : 10 000 m³ par heure - $\Delta T = 10$ ° C).

Cycles of concentration	Make-up water (m ³ /hour)	Evaporation (m ³ /hour)	Blow-down	
			m ³ /hour	m ³ per day
1.2	1200	200	1000	24000
1.5	600	200	400	9600
2	400	200	200	4800
3	300	200	100	2400
4	270	200	70	1680
5	250	200	50	1200
7	230	200	30	720
10	220	200	20	480

Ce tableau montre bien les économies que nous pouvons réaliser sur la consommation d'eau d'appoint, et par conséquent sur l'énergie de pompage, dès que nous concentrons l'eau de recirculation. Nous constatons également que, à partir d'un certain taux de concentration, les économies réalisées en termes d'eau sont faibles et que, de manière générale, nous augmenterions les problèmes de dépôt sur les échangeurs de chaleur, en augmentant le taux de concentration, il sera nécessaire de fixer limite à respecter afin de concilier ces deux paramètres de fonctionnement.

Le coût de l'eau peut être inférieur ou supérieur en fonction de son origine. L'eau municipale est en général la plus chère. Si nous avons une source d'approvisionnement abondante, qui ne nécessite aucun traitement, alors avec seulement les coûts de pompage et de distribution, nous aurions l'eau la plus économique. L'eau purifiée peut être réutilisée.

Les économies sur les dépenses en eau concernent non seulement l'eau d'appoint, mais également l'eau de purge qui peut nécessiter un traitement avant son rejet dans l'environnement naturel.

Chapitre II : Traitement des eaux de chaudières

II. Introduction

De nos jours, le mode d'entier consomme une grande quantité d'énergie que ce doit pour l'industrie, le transport les immeubles d'habitation et les immeubles commerciaux.

- La plus grande partie de cette énergie sert pour produire de la vapeur à partir de la combustion de carburants fossiles.
- Les centrales électriques y contribuent pour une part, importante mais les installations industrielles produisent aussi d'importantes quantités de vapeur qui sont utilisé encours de fabrication net produisent souvent de l'électricité à l'aide de turbines.
- Le traitement de l'eau qui est utilisé pour produire de la vapeur représente une branche parmi les plus complexes de la chimie de l'eau. Une bonne compréhension des principes