

Brevet de technicien supérieur

CHIMISTE

Arrêté du 3 septembre 1997
et annexes

Mise en page par B. Augeard – Lycée Louis Vincent – Metz.

GENIE CHIMIQUE

OBJECTIFS GENERAUX DES TRAVAUX PRATIQUES DE GENIE CHIMIQUE

1) Connaissances

- Identifier à l'aide de schéma et de l'installation elle-même, les différents éléments et leurs liaisons.
- Connaître le principe de fonctionnement et les caractéristiques importantes des appareils utilisés.
- Comprendre le procédé grâce à un mode opératoire.
- Intégrer l'analyse des dysfonctionnements et de leurs conséquences prévisibles.
- Savoir mettre en marche, faire fonctionner et arrêter une installation en suivant les règles de sécurité.
- Effectuer les mesures permettant de suivre le fonctionnement en prenant conscience de la précision et des limites de ces mesures.
- Réaliser les analyses de suivi du procédé.
- Effectuer les calculs demandés en relation avec les cours théoriques.

2) Communication

- Savoir tenir un tableau de marche.
- Savoir travailler en équipe (passages de consignes, connaissance du travail effectué par les autres membres de l'équipe).
- Savoir rédiger un compte-rendu comportant les feuilles de marche, les résultats des analyses, les calculs demandés, les commentaires et conclusions ainsi que les risques principaux et les consignes de sécurité générales ou particulières.
- Savoir expliquer oralement en cours d'opération ce qui a été fait, ce qui se fait, ce qui reste à faire.

Evaluation

(...) ne pas se limiter à noter les résultats obtenus (...), mais tenir compte également de :

- la façon de travailler : propreté, sécurité individuelle et collective, participation au travail d'équipe, organisation ;
- le dynamisme, l'esprit d'initiative, l'autonomie ;
- la façon de manipuler, la qualité des mesures ou des résultats obtenus ;
- la participation au compte-rendu et au tableau de marche.

GENIE CHIMIQUE : PROGRAMME ET COMMENTAIRES

1- « SCHEMA DE PROCEDE ET REGULATION »

COURS	COMMENTAIRES
<p>1-1- APPROCHE DES PROCEDES INDUSTRIELS ET DU GENIE DES PROCEDES</p> <p>Définition du génie des procédés et du génie chimique. Opérations continues et discontinues. Notion d'opérations unitaires. Schéma de principe et plan de circulation des fluides. Schéma de procédé.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Réaliser, à partir d'une description écrite (et éventuellement d'un schéma de principe) le schéma de procédé comportant : <ul style="list-style-type: none"> - les tuyauteries et ses accessoires - les appareils de déplacement des fluides (pompes, compresseurs, etc.) - les appareillages principaux en coupe simplifiée - les appareils de mesure, contrôle et régulation - les organes de sécurité. ◆ Analyser la sécurité du procédé : <ul style="list-style-type: none"> - Savoir lire et utiliser un schéma de fabrication d'une installation réelle et prévoir les conséquences de certains dysfonctionnements - Savoir lire, interpréter et utiliser un schéma de fabrication en terme de production et de sécurité.
<p>1-2- CONTROLES ET REGULATIONS</p> <p>ROLE des différents éléments d'une boucle de régulation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capteurs - Transmetteurs - Actionneurs. On introduira la notion de sécurité positive (position normalement ouverte ou normalement fermée d'une vanne de régulation). - Signaux standards (analogique – pression et intensité – et numérique) <p>PRINCIPE DES REGULATIONS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tout ou rien - Proportionnelle – Proportionnelle Intégrale – Proportionnelle Intégrale Dérivée - Régulation de rapport - Régulation en cascade 	<p>L'objectif est triple :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Justifier la nécessité (ou non) de placer une régulation en un point d'une installation ◆ Connaître le vocabulaire de base d'une boucle de régulation, de façon à permettre le dialogue avec le personnel d'instrumentation : <ul style="list-style-type: none"> - grandeur réglée - grandeur réglante - grandeur perturbatrice ◆ Indiquer les limites et les dysfonctionnements possibles (influence du temps mort, de l'inertie du système...). <p>Aucun calcul ne peut être demandé à l'examen.</p> <p>La régulation de rapport ou en cascade sera traitée uniquement à l'occasion de schéma ou de TP.</p>

2- « METHODE DES BILANS – REACTEURS »

COURS	COMMENTAIRES
<p>2-1- DIVERSES EXPRESSIONS DE LA COMPOSITION D'UN MELANGE Définition des titres massiques, molaire et volumique. Conversion mutuelle des concentrations (mol/L, ou g/L) en titres. Définitions du rapport massique, du rapport molaire.</p> <p>2-2- BILAN MATIERE – REACTIONS CHIMIQUES Représenter une vue synoptique du problème (schéma de principe) 2-2-1) <u>Cas des opérations unitaires</u> Bilan global – bilan partiel en chacun des constituants. Calculs des quantités de matière à l'entrée et à la sortie d'une opération unitaire</p> <ul style="list-style-type: none"> • opérations discontinues • opérations continues <p>2-2-2) <u>Cas des réacteurs</u> Etude de réactions chimiques, discontinues ou continues en régime permanent. Calcul des quantités de réactifs à introduire et de produits formés. Bilan matière – Calculs avec recyclage et purge. * définition du TAUX DE CONVERSION d'un réactif τ. Etude de synthèse avec formation de sous-produit. * définition de la SELECTIVITE d'une réaction σ. Etude d'un procédé avec recyclage des produits n'ayant pas réagi. Calcul du RENDEMENT η :</p> <ul style="list-style-type: none"> - au niveau du réacteur ; - sur l'ensemble du procédé de fabrication. Notion de temps de passage des produits dans le réacteur	<p>Après une initiation élémentaire à la méthode des bilans, cet enseignement donnera lieu à des applications au cours des deux années dans le cadre des TD et des TP.</p> <p>On utilisera des notations "parlantes" usuelles (R comme reflux, L comme liquide, C comme cristaux...) plutôt que des notations générales (ex. : F_i, x_i) car on traite souvent de mélanges binaires. Les notations générales pourront être vues en conclusion (méthodologie générale)</p> <p>LA PRATIQUE DE L'EQUILIBRAGE DES REACTIONS CHIMIQUES EST SUPPOSEE ACQUISE.</p> <p>Réactions simples ou deux réactions successives ou concurrentes. La présentation des différents types de réacteurs sera faite à l'occasion des schémas de procédés et des études particulières de bilans lors de réactions chimiques (choisir des exemples diversifiés de réacteurs en phase liquide, en phase gaz, avec catalyseur...).</p> <p>Les risques des différents types de réacteurs seront précisés (chargement, étanchéité, agitation).</p> <p>τ = (quantité transformée du réactif) / (quantité introduite du réactif) σ = (quantité transformée en produit principal) / (quantité transformée totale) η = (quantité transformée en produit principal) / (quantité introduite du réactif) L'étude des réacteurs exclut tous calculs fondés sur la cinétique de la réaction ainsi que le dimensionnement des appareils.</p> <p>Lors de l'établissement des bilans énergétiques, on utilisera la capacité thermique massique ou molaire moyenne, dans l'intervalle de température considéré. Les chaleurs latentes de changement d'état seront fournies, ainsi qu'éventuellement les enthalpies (molaires, massiques).</p> <p>On analysera l'influence de ces différents paramètres sur la sécurité du procédé (emballage, maintien d'une température optimale...).</p>
<p>2-3- BILAN ENERGETIQUE 2-3-1) <u>Cas des opérations unitaires</u> Calcul des quantités d'énergie à fournir ou à éliminer pour les opérations discontinues ; calculs des flux énergétiques pour les procédés continus.</p> <p>2-3-2) <u>Cas des réacteurs</u> Calcul de l'énergie (ou du flux énergétique) à fournir ou à éliminer pour maintenir un réacteur à température constante dans le cas d'une réaction endothermique ou exothermique dont la variation d'enthalpie est fournie.</p>	

3- « CIRCULATION DES FLUIDES »

COURS	COMMENTAIRES
<p>3-1- GENERALITES</p> <p>3-1-1) <u>Notions de pressions</u> (absolue, effective, dépression) – unités.</p> <p>3-1-2) <u>Statique des fluides</u> et applications (mesures de pression – décantation en continu dans un décanteur florentin – colonne barométrique)</p> <p>3-1-3) <u>Poussée d'Archimède</u> et applications (niveau à flotteur – densimètres).</p> <p>3-1-4) <u>Notions de débits</u> (volumique – massique – molaire).</p>	
<p>3-2- DYNAMIQUE DES FLUIDES PARFAITS INCOMPRESSIBLES</p> <p>3-2-1) <u>Théorème de Bernoulli</u></p> <p>3-2-2) <u>Application</u> à la mesure des débits à l'aide de débitmètres déprimogènes</p> <p>3-2-3) <u>Notions de mise en circulation de liquides dans des installations ne comportant pas de pompe :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - écoulement par gravité ; - déplacement par pression d'air ou de gaz inerte ; - chargement par action du vide. 	<p>On insistera sur les risques liés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - au stockage (fuites, surpressions,...) - à la circulation des fluides, fuites, projections, électricité statique (polarité des fluides, mise à la terre).
<p>3-3- DYNAMIQUE DES FLUIDES REELS</p> <p>3-3-1) <u>Notion de viscosité</u> : Fluides newtoniens – Rhéologie</p> <p>3-3-2) <u>Régimes d'écoulement</u> – Nombre de Reynolds</p> <p>3-3-3) <u>Écoulement d'un fluide réel incompressible :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - notions de pertes de charge, - pertes de charge régulières, rugosité, - coefficients de frottement (utilisation du diagramme de Moody), - pertes de charge singulières – accessoires de canalisation, - coefficients de pertes de charge et longueurs droites équivalentes – lectures d'abaques. <p>3-3-4) <u>Théorème de Bernoulli</u></p>	
<p>3-4- PERTES DE CHARGE AU COURS DE LA TRAVERSEE D'UN SOLIDE POREUX</p> <p>Application à la fluidisation – colonne à garnissage – filtration.</p>	<p>Tous les établissements n'étant pas équipés pour réaliser ces manipulations, cette rubrique ne saurait donner lieu à un exercice au cours de l'épreuve écrite.</p>

<p>3-5- MISE EN MOUVEMENT DES LIQUIDES A L'AIDE DE POMPES</p> <p>3-5-1) APPLICATION DU THEOREME DE BERNOULLI :</p> <ul style="list-style-type: none"> - hauteur à fournir dans le circuit – courbe de réseau - calcul de la puissance à fournir au liquide <p>3-5-2) Calcul de la pression à l'aspiration de la pompe. Problèmes de cavitation – NPHS disponible</p> <p>3-5-3) Appareillage</p> <ul style="list-style-type: none"> - pompes volumétriques : pompes alternatives ; pompes rotatives ; pompes doseuses ; - pompes centrifuges ; - accessoires (garnitures d'étanchéité, soupape de sécurité, pots anti-bélier). <p>3-5-4) Caractéristiques d'une pompe</p> <ul style="list-style-type: none"> - courbes caractéristiques (hauteur manométrique – puissance – rendement – NPSH requis) - loi de similitude – influence de la vitesse de rotation. <p>3-5-5) Calcul du point de fonctionnement</p>	<p>L'établissement d'une courbe de réseau ne pourra pas être demandé à l'examen.</p> <p>On étudiera le fonctionnement d'un modèle de chaque type de pompe ; on analysera les problèmes d'utilisation posés et on en déduira les solutions apportées, les limites et le domaine d'utilisation de chaque modèle.</p> <p>Sécurité liée aux machines tournantes.</p> <p>Détermination graphique</p>
<p>3-6- CIRCULATION DES FLUIDES COMPRESSIBLES</p> <p>3-6-1) Production du vide industriel.</p> <ul style="list-style-type: none"> - éjecteurs à vapeur – montage en série ; - étude du fonctionnement de pompes à vide industrielles ; - circuit de vide – réglage et régulation du vide. <p>3-6-2) Compression et mise en circulation des gaz.</p> <ul style="list-style-type: none"> - définition du taux de compression ; - mise en évidence de la nécessité d'un refroidissement ; - principe de fonctionnement et domaine d'utilisation des compresseurs, soufflantes et ventilateurs. 	<p>A l'examen, on n'exigera aucun calcul sur la dynamique des fluides compressibles.</p> <p>On n'étudiera qu'un seul exemple de chaque type d'appareil tant pour la production du vide que pour la compression et la mise en circulation des gaz.</p> <p>Problèmes liés à la pression.</p>

4- « PRODUCTION ET TRANSFERT DE LA CHALEUR »

<p>4-1- PRODUCTION DE LA CHALEUR</p> <p>4-1-1) Les combustibles : définition des pouvoirs calorifiques, fumigène, comburivore.</p> <p>4-1-2) Les chaudières : à tubes de fumée, à tubes d'eau, électriques.</p> <p>4-1-2) Sécurité des appareils sous pression, réglementation.</p>	<p>Le calcul du pouvoir calorifique d'un combustible ne saurait être demandé à l'examen.</p> <p>A l'occasion de l'étude des chaudières, on pourra utiliser les diagrammes enthalpie – température.</p>
<p>4-2- FLUIDES CALOPORTEURS</p> <p>4-2-1) Vapeur d'eau et circuits de chauffage à la vapeur – Rôle du purgeur.</p> <p>4-2-2) Fluides thermiques et circuits permettant leur utilisation.</p> <p>4-2-3) Risques liés au défaillances des circuits de chauffage et de refroidissement</p>	
<p>4-3- MODES DE TRANSFERT DE LA CHALEUR</p> <p>4-3-1) Conduction – Loi de Fourier</p> <p>4-3-2) Convection – Loi de Newton – Exploitation des relations permettant de calculer les coefficients de transfert par convection en fonction des nombres de Reynolds, Nusselt et Prandtl.</p> <p>4-3-3) Notion sommaire sur le rayonnement – Loi de Stephan</p>	<p>Elle sera donnée sous sa forme intégrale, mais ne sera utilisée que sous forme intégrée en régime permanent, pour des surfaces planes et cylindriques.</p> <p>Les lois relatives au rayon^{nt} ne sauraient faire l'objet de question à l'examen.</p>
<p>4-4- APPLICATIONS</p> <p>4-4-1) Association de conductions et convections</p> <p>4-4-2) Cas du coefficient global d'échange – Résistance thermique</p> <p>4-4-3) Modes d'échange : contre-courant ; courants parallèles.</p> <p>4-4-4) Calculs simples sur les échangeurs</p> <p>4-4-5) Calorifugeage</p>	<p>Cas de surfaces planes et cylindriques</p> <p>Calculs simples ne nécessitant pas de calculs mathématiques itératifs.</p> <p>Calculs faisant intervenir ces coefficients globaux rapportés à des surfaces différentes (cf. calorifugeage).</p>
<p>4-5- APPAREILLAGES ET CONDITIONS D'UTILISATION</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faisceaux tubulaires de différents types - Double enveloppe - Serpentin - Echangeur à plaques. 	<p>Pour chaque appareil on donnera les conditions d'utilisation</p> <p>Le détail de ces appareils pourra être vu en schéma.</p>
<p>4-6- PRODUCTION ET UTILISATION DU FROID</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fluides frigorigènes - Appareils à compression ; appareils à absorption - Production de glace et d'air liquide. 	<p>Aucun calcul ne sera exigé à l'examen au sujet de cette rubrique.</p>

5- « EVAPORATION – CRISTALLISATION – SECHAGE »

<p>5-1- EVAPORATION</p> <p>5-1-1) <u>Principe</u> Méthodes d'évaporation : à simple effet : sous pression ordinaire et sous vide. Evaporation à sec : atomisation. Domaines d'utilisation : mélange de deux liquides à forte différence de volatilité (cf. distillation). Concentration de solutions d'un solide dissout dans un solvant.</p> <p>5-1-2) <u>Calculs</u> Bilans matière : titres massiques (on pourra également utiliser les rapports massiques). Bilans thermiques : utilisation des lois de la calorimétrie et association avec les problèmes de transmission de chaleur. Bilans enthalpiques.</p> <p>5-1-3) <u>Récupération d'énergie</u> : Recompression mécanique des vapeurs. Multiples effets.</p> <p>5-1-4) <u>Appareillage</u> : Evaporateurs à faisceaux de tubes. Evaporateurs à couche mince.</p>	<p>Les enthalpies massiques seront fournies.</p> <p>A traiter en schéma. Pas de calcul à l'examen pour la partie 5-1-3).</p> <p>Un appareil de chaque type.</p>
<p>5-2- CRISTALLISATION</p> <p>5-2-1) <u>Solubilité d'un solide dans un solvant</u> : Expression en titres massiques et rapports massiques. Courbes de solubilité en fonction de la température. Application aux corps donnant des hydrates.</p> <p>5-2-2) <u>Méthodes de cristallisation</u> : Sursaturation, germination, grossissement des cristaux. Cristallisation par refroidissement, par évaporation, par évaporation adiabatique sous vide. Paramètres influant sur la solubilité : pH, addition d'un tiers-corps, impuretés.</p> <p>5-2-3) <u>Calculs</u> Bilans matière : cas des sels anhydres ; cas des sels donnant des hydrates. Bilans thermiques : pertes thermiques ; chaleurs de cristallisation ; bilans enthalpiques.</p> <p>5-2-4) <u>Appareillage</u> : Appareil discontinu. Appareils continus fonctionnant par évaporation sous vide ou non (adiabaticquement ou non) et par refroidissement. Ecailleuses pour produits fondus.</p>	<p>On fera la relation avec la courbe de solubilité.</p> <p>Utilisation des titres et des rapports massiques. Utilisation des titres massiques (méthode générale). On précisera si la cristallisation est endo- ou exothermique.</p> <p>Réacteur classique muni d'un refroidissement pour le discontinu. Type "Oslo" pour les appareils continus.</p>

<p>5-3- SECHAGE</p> <p>5-3-1) <u>Principe – But – Définitions</u> Humidité des solides : humidité liée et non liée – hydratation – pression d'équilibre. Différence entre séchage et déshydratation. Humidité des gaz : pressions partielles – tensions de vapeur – pression de saturation – degré hygrométrique (humidité relative) – taux de saturation – températures sèche et humide – enthalpies – volume humide.</p> <p>5-3-2) <u>Méthodes de séchage</u> Par conduction – Utilisation du vide – Par convection – Utilisation de l'air ou d'un gaz inerte.</p> <p>5-3-3) <u>Calculs</u> Bilans matière en régime permanent : avec ou sans recyclage de gaz. Bilans thermiques et enthalpiques : en régime permanent.</p> <p>5-3-4) <u>Appareillage</u> Discontinu et continu – Par conduction et par convection – Par atomisation.</p>	<p>Définitions et relations liant ces différents paramètres. Calculs par voie normale et par le diagramme de l'air humide comportant l'enthalpie, les humidités absolues et relative, la température sèche.</p> <p>Calculs par voie normale et par le diagramme de l'air humide.</p> <p>On décrira quelques modèles différents en fonction de l'équipement local.</p>
---	---

6- « DISTILLATION »

<p>6-1- ETUDE DES EQUILIBRE LIQUIDE – VAPEUR</p> <p>6-1-1) <u>Cas de mélanges binaires idéaux.</u> Règle de phases Loi de Raoult – Loi de Dalton Courbes isothermes Courbes isobares : courbes de rosée et d'ébullition et d'équilibre $y = f(x)$ Définition de la volatilité (absolue et relative) Equation de la courbe $y = f(x, \alpha)$, la volatilité relative étant supposée constante.</p> <p>6-1-2) <u>Cas de mélanges non idéaux</u> Mélange zéotropique ; notion de coefficient d'activité. Mélange homoazéotropique à température d'ébullition maximale à température d'ébullition minimale Mélange hétéroazéotropique à immiscibilité totale à immiscibilité partielle Etude des isothermes, des isobares et de $y = f(x)$ dans tous les cas.</p>	<p>Bien que l'étude du corps pur soit supposée connue (tension de vapeur saturante – évolution de la température d'ébullition selon la pression), des rappels peuvent s'avérer nécessaires. Etablir un diagramme en fuseau < théorique, à partir des tensions de vapeur saturante. Utiliser un diagramme isobare fourni pour déterminer le nombre de moles dans chaque phase. Calculer le nombre de moles dans chaque phase à l'équilibre, le diagramme isobare étant fourni. Utiliser un diagramme isobare pour déterminer le nombre de phases en présence.</p>
--	---

6-2- DIFFERENTS TYPES DE DISTILLATION

6-2-1) Distillation simple

Distillation instantanée (flash) : matière et thermique.

Règle du levier ou des segments inverses.

Etude de la distillation discontinue d'un mélange binaire idéal.

Evolution des titres et des températures.

Entraînement à la vapeur : - masse nécessaire à l'entraînement
- bilan énergétique global.

6-2-2) Rectification

6-2-2-1- Principe – Etude à reflux total

Principe de fonctionnement d'un plateau théorique

Détermination du nombre de plateaux théoriques nécessaires :

- par le calcul (relation de Fenske)
- par la méthode graphique de Mac Cabe et Thiele
- Efficacité
- Hauteur équivalente à un plateau théorique

6-2-2-2- Rectification discontinue.

Définition du taux de reflux

Bilan matière sur une opération de rectification discontinue.

Rendement de la rectification.

Bilan matière sur les plateaux : équation de la droite opératoire initiale

Calcul du taux de reflux minimum en début de rectification.

Différents types de rectification : - à taux de reflux constant ;
- à qualité de distillat constant.

Evolution de la droite opératoire au cours de la rectification.

6-2-2-3- Rectification continue d'un mélange binaire idéal.

Principe – Bilan matière sur la colonne – Rendement de la rectification

Equation des deux droites opératoires (d'enrichissement et d'épuisement)

Détermination graphique du nombre de plateaux théoriques nécessaires

Détermination du taux de reflux minimum

* Bilans énergétiques : - flux thermique à éliminer en tête de colonne
- flux thermique à apporter au bouilleur

Bilans enthalpiques.

Calcul par la règle du levier (courbes de rosée et d'ébullition) et calcul par la droite d'état thermique sur la courbe d'équilibre.

On se limitera aux cas où les constituants sont non miscibles.

Le calcul par la méthode de Fenske ne saurait être demandé à l'examen.

Application au calcul du nombre de plateaux réels ou de la hauteur de garnissage.

Aucune intégration graphique ne peut être demandée.

On se limitera au cas d'une alimentation à la température d'ébullition.

On utilisera les valeurs moyennes des C_p pour chaque corps.

<p>6-2-2-4- <u>Rectification de mélanges difficiles à séparer</u> Cas de mélanges à plus de 2 constituants. Cas de formation d'homozéotrope * Addition d'un tiers corps : - rectification azéotropique - rectification extractive * Changement de pression Cas de formation d'hétéroazéotrope à immiscibilité partielle. Couplage de deux colonnes.</p>	<p>Cette partie sera traitée essentiellement dans le cadre du schéma et des bilans matière.</p>
<p>6-3- APPAREILLAGE 6-3-1) <u>Bouilleurs</u> Rôle – Différents types selon le type de rectification (discontinue ou continue) 6-3-2) <u>Condenseurs</u> Rôle – Différents types – Condenseur partiel, total. 6-3-3) <u>Caractéristiques d'une colonne de rectification</u> Rôle d'une colonne Efficacité – Calcul du nombre réel de plateaux Rétention de liquide Souplesse d'utilisation Notions sur la dynamique d'une colonne : pertes de charge – vitesse optimale de la circulation de la vapeur – engorgement – diamètre de la colonne selon la production et le reflux. 6-3-4) <u>Différents types de colonnes</u> 6-3-4-1- Colonnes à plateaux : description – avantages et inconvénients – efficacité. 6-3-4-2- Colonnes à garnissage : description – différents types de garnissage- avantages et inconvénients- hauteur équivalente à un plateau théorique (HEPT) 6-3-5) <u>Appareillages annexes</u> * Echangeurs : préchauffeur sur l'alimentation ; réfrigérants sur le distillat et le résidu * Mise sous vide, sous pression atmosphérique, sous pression > P ordinaire * Régulations types sur une installation de rectification. * Analyse de sécurité sur chaque partie de l'appareillage.</p>	<p>Sortie par gravité du distillat avec équilibrage des pressions. Utilisation d'un bac tampon.</p>

7- « EXTRACTION »

<p>7-1- GENERALITES</p> <p>Définitions : soluté, solvant, diluant, transfert d'un soluté entre deux phases, extrait, raffinat.</p> <p>Titres massiques, rapports massiques.</p>	<p>Le lien sera fait avec les opérations d'extraction vues au laboratoire.</p>
<p>7-2- EXTRACTION LIQUIDE – LIQUIDE</p> <p>7-2-1) <u>Représentations graphiques de l'équilibre entre différentes phases d'un mélange ternaire :</u></p> <p>Diagramme triangulaire rectangle</p> <p>Courbe de partage ou d'équilibre</p> <p>Coefficient de partage</p> <p>7-2-2) <u>Méthodes d'extraction :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - extraction simple contact ; - extraction à étages multiples ; - extraction à contre courant : bilan matière <p>détermination du nombre d'étages théoriques par la méthode de Mac Cabe et Thiele (dans le cas de solutions diluées on utilisera les titres massiques ; dans le cas général on utilisera les rapports massiques) ; débit de solvant minimum.</p> <p>7-2-3) <u>Appareillages :</u></p> <p>Mélangeur décanteur ; colonnes agitées, pulsées, à garnissage, à plateaux.</p> <p>Analyse de sécurité : dysfonctionnement, engorgement...</p>	<p>Le diagramme triangulaire ne sera pas utilisé pour les extractions à contre-courant.</p>
<p>7-3- EXTRACTION SOLIDE – LIQUIDE</p> <p>Méthodes d'extraction spécifiques : description de la percolation, la macération, l'infusion, l'enfleurage.</p> <p>Bilan matière. Appareillage.</p>	<p>Pas de calculs à l'examen.</p>
<p>7-4- EXTRACTION LIQUIDE – GAZ : ABSORPTION et DESORPTION.</p> <p>7-4-1) <u>Notions théoriques sur l'équilibre liquide – gaz :</u></p> <p>Loi de Henry, influence de P et t, courbe de partage, isothermes</p> <p>7-4-2) <u>Méthodes :</u></p> <p>Absorption simple contact.</p> <p>Absorption à contre courant : bilan, droite opératoire et détermination du nombre d'étages théoriques par la méthode de Mac Cabe et Thiele dans le cas de solutions diluées (titres molaires) et dans le cas général (rapports molaires).</p> <p>7-4-3) <u>Appareillage :</u> description ; analyse de sécurité et applications ; applications à la protection de l'environnement.</p>	

8- « SEDIMENTATION – FILTRATION »

<p>8-1- SEDIMENTATION</p> <p>8-1-1) <u>Vitesse limite de chute</u>. Influence de la surface – Calcul du débit. Application à la sédimentation – Flocculants Application à l'entraînement et aux transports pneumatiques et hydrauliques – Cyclones Application à la séparation de particules solides par leur taille et leur masse volumique. Application aux décanteurs statiques florentins (liquide – liquide)</p> <p>8-1-2) <u>Décantation centrifuge</u> : principe – sécurité liée aux machines tournant à grande vitesse.</p> <p>8-1-3) <u>Appareillage</u> : <u>Décanteur continu (solide – liquide) – Florentin (liquide – liquide)</u></p> <p>8-2- FILTRATION</p> <p>8-2-1) <u>Principe – Milieu filtrant</u> Influence des différents paramètres : surface de filtration, viscosité du filtrat, différence de pression, épaisseur du gâteau, porosités du support filtrant et du gâteau. Adjuvants de filtration.</p> <p>8-2-2) <u>Filtration centrifuge</u> : principe.</p> <p>8-2-3) <u>Appareillage</u> : <u>Filtre sous vide – Filtre sous pression – Essoreuse continue</u></p>	<p>Chapitre pouvant être traité sous forme de manipulation ou de travaux dirigés.</p> <p>Un exemple de chaque type.</p>
---	---

9- « TECHNIQUES DIVERSES »

<p>9-1- STOCKAGE ET TRANSPORT DES SOLIDES Silos – Trémies – Transporteurs à vis et à bande – Ecluse rotative – Transport par fluide</p>	<p>A voir en schéma</p>
<p>9-2- MISE EN CONTACT D'UN SOLIDE ET D'UN FLUIDE 9-2-1) <u>Définitions</u> : Granulométrie – Porosité (fraction de vide) – Surface spécifique – Dureté – Friabilité – Diagrammes de répartition 9-2-2) <u>Fluidisation</u> : Principe – Application aux réacteurs, fours et sècheurs. 9-2-3) <u>Colonnes à garnissage</u> : Principe de fonctionnement – Points de charge et d'engorgement – Application aux colonnes de lavage, de neutralisation et de rectification. Utilisation d'abaques pour les pertes de charge.</p>	<p>En travaux pratiques et en schéma.</p>
<p>9-3- FRAGMENTATION DES SOLIDES 9-3-1) <u>Définitions</u> : Broyage – Concassage – Pulvérisation – Désintégration. 9-3-2) <u>Méthodes</u> : Compression – Percussion – Abrasion – Cisaillement – Arrachement. 9-3-3) <u>Appareillage</u> : Broyeurs à marteau et à boulets</p>	<p>Risques liés aux poussières En schéma – Lier aux procédés de séparation.</p>
<p>9-4- SEPARATION SOLIDE 6 GAZ : DEPOUSSIÈRAGE Par lavage – Par cyclone – Par filtration – Par procédé électrostatique.</p>	
<p>9-5- ECHANGE D'IONS Principe de fonctionnement des résines échangeuses d'ions – Application au traitement de l'eau.</p>	<p>A l'occasion de ce chapitre, on donnera les bases de l'absorption et son application à la chromatographie.</p>
<p>9-6- PROCEDES A MEMBRANE Différents types de membranes – Principe de la perméation – Principe de l'ultrafiltration – Principe de la filtration tangentielle – Principe de la dialyse – Principe de l'osmose inverse.</p>	<p>Description du principe de fonctionnement ; forces motrices en jeu ; limites d'utilisation ; comparaison avec d'autres méthodes classiques de séparation. Les calculs ne concerneront que les bilans matière. Applications à la protection de l'environnement.</p>
<p>9-7- FORMULATION Définition – Rôle des différents additifs (tensioactifs, charges, etc...) – Phénomènes physiques mis en jeu.</p>	<p>Les différentes notions pourront être illustrées par un exemple, de façon à montrer les problèmes rencontrés en formulation</p>