

Chapitre II



Les voies d'accès aux principaux produits de base

2- Le Gaz naturel

- a) Composition
- b) Origine
- c) Extraction-Transport et Traitement
- d) Utilisation

a) Composition

Le **gaz naturel** est un gaz combustible fossile issu de la décomposition de matériaux organiques. Son composant principal est le *méthane* CH_4 . Le gaz commercialisé est du méthane presque pur, les autres gaz présents dans le gisement étant retirés. On peut trouver, en quantité extrêmement variables d'un gisement à l'autre :

- **des hydrocarbures plus lourds** que le méthane, comprenant de deux à huit atomes de carbone dans leur chaîne (C2 à C8).
- **du dioxyde de soufre** (SO_2) ou **sulfure d'hydrogène** appelé aussi « gaz acide » $\{\{\text{H}_2\text{S}}\}$
- du **dioxyde de carbone** CO_2
- de l'**azote** (N_2)
- parfois de petites quantités d'**hélium** (He).

b) Origine

La formation du **gaz naturel** fossile peut résulter de deux processus distincts :

- On parle de **gaz thermogénique** lorsque le méthane résulte de la décomposition par la chaleur du kérogène, ou du pétrole formé
- Le **gaz biogénique** résulte de la décomposition, par des bactéries, des matières organiques. Sa composition est sensiblement différente. Le gaz biogénique représente environ 20 % des réserves mondiales, il s'agit en général de gisements de petite taille à faible profondeur. L'Italie, par exemple, possède beaucoup de gaz de ce type. La décomposition anaérobie de matière organique permet d'obtenir du méthane de façon renouvelable : on parle alors de **méthanisation** et de **biogaz**. Le méthane est ainsi le seul hydrocarbure classique qui peut être obtenu grâce à un processus biologique naturel.

- On peut aussi rattacher au **gaz naturel** le méthane présent dans les strates de charbon. Au début du XXI^e siècle, sa récupération est une activité émergente, notamment aux États-Unis et depuis peu au Canada. Ces pays font face à un début de pénurie de gaz naturel et ont d'importantes réserves de charbon.

c) Extraction et traitement

Le **gaz naturel** et le pétrole brut sont souvent associés et extraits simultanément des mêmes gisements, ou encore des mêmes zones de production. Les hydrocarbures liquides proviennent du pétrole brut pour une proportion moyenne de l'ordre de 80 % ; les 20 % restants, parmi les fractions les plus légères, le propane et le butane sont presque toujours liquéfiés pour en faciliter le transport.

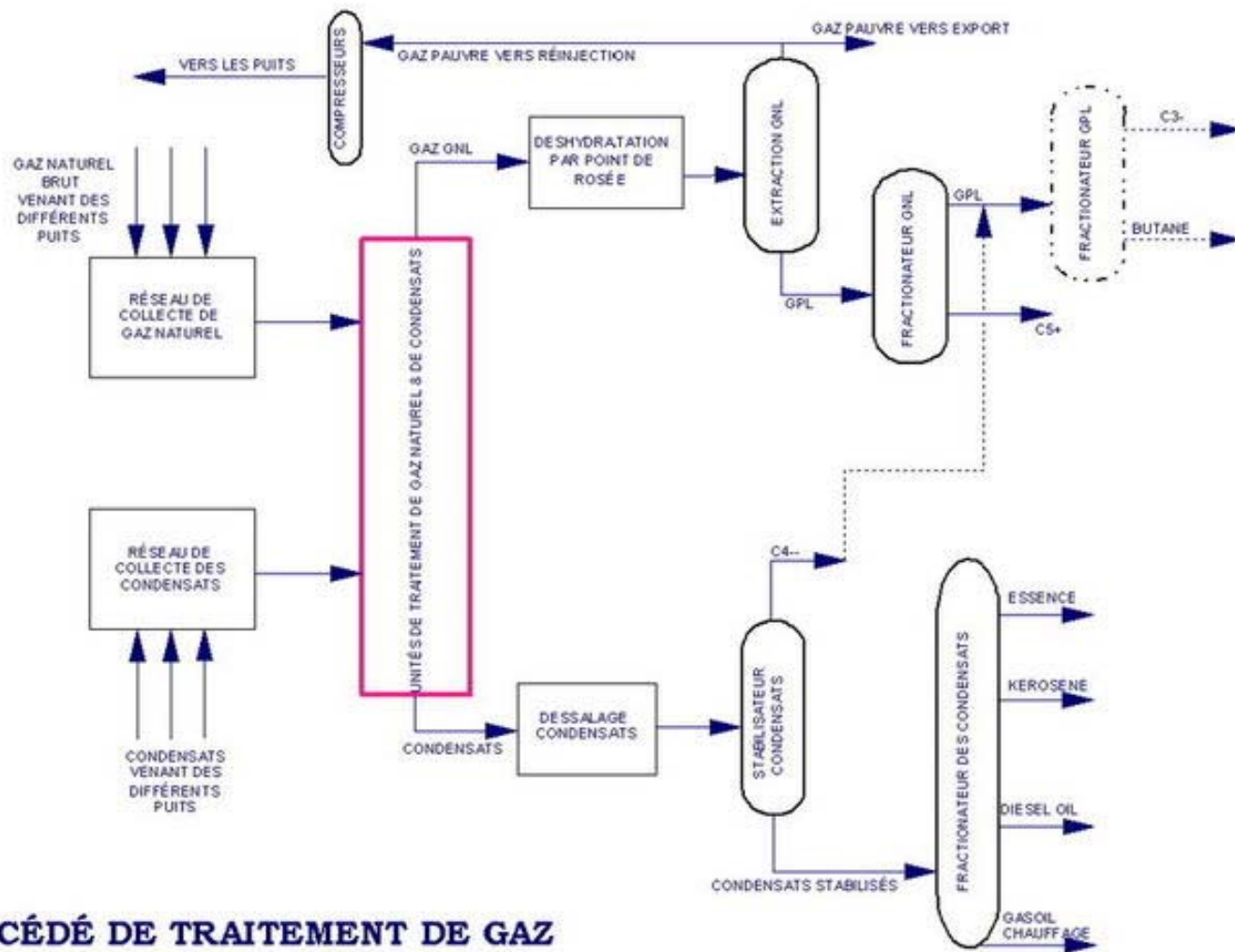
L'exploration (recherche de gisements) et l'extraction du **gaz naturel** utilisent des techniques à peu près identiques à celles de l'industrie du pétrole. Une grande partie des gisements de gaz connus à travers le monde a d'ailleurs été trouvé au cours de campagnes d'exploration dont l'objectif était de trouver du pétrole.

Lors de l'extraction, la détente à la tête de puits provoque la **condensation** des hydrocarbures C5 à C8. Les liquides récupérés, appelés « **condensats de gaz naturel** » ou « liquide de puits de gaz naturel » correspondent à un pétrole extrêmement léger, de très haute valeur (donnant de l'essence et du naphtha). Tout le reste (hydrocarbures C1 à C4, CO₂, H₂S et He) est gazeux à température ambiante et acheminé par gazoduc vers une usine de traitement de gaz. Il faut donc deux réseaux de collecte, un pour le gaz et un pour les condensats.

Dans cette usine (qui peut être proche des gisements, ou proche des lieux de consommation), le gaz subit ensuite une déshydratation par point de rosée, puis les différents composants sont séparés. Les hydrocarbures C2 à C4 sont vendus sous le nom de gaz de pétrole liquéfié (GPL, et non pas Gaz naturel liquéfié (GNL)). Le CO₂ est le plus souvent simplement rejeté dans l'atmosphère, sauf s'il y a un utilisateur proche.

L'**hélium** est séparé et commercialisé, s'il est présent en quantité suffisante - dans certains cas, il représente une addition très importante aux revenus générés par le gisement .

Les **condensats** et les **GPL** ont une telle valeur marchande que certains gisements sont exploités uniquement pour eux, le « gaz pauvre » (méthane) étant réinjecté au fur et à mesure, faute de débouchés locaux. Même lorsque l'essentiel du gaz pauvre est vendu, on en réinjecte souvent une partie dans le gisement, pour ralentir la baisse de pression, et récupérer au final une plus grande partie des condensats et du GPL.



PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE GAZ NATUREL ET DE CONDENSATS

d) utilisation

Le **gaz naturel** est l'un des moyens énergétiques les moins polluants, car sa combustion est complète :



Après combustion, il rejette du gaz carbonique, mais seulement 55 kg par gigajoule de chaleur produite, contre 75 pour le pétrole brut, et 100 environ pour le charbon.

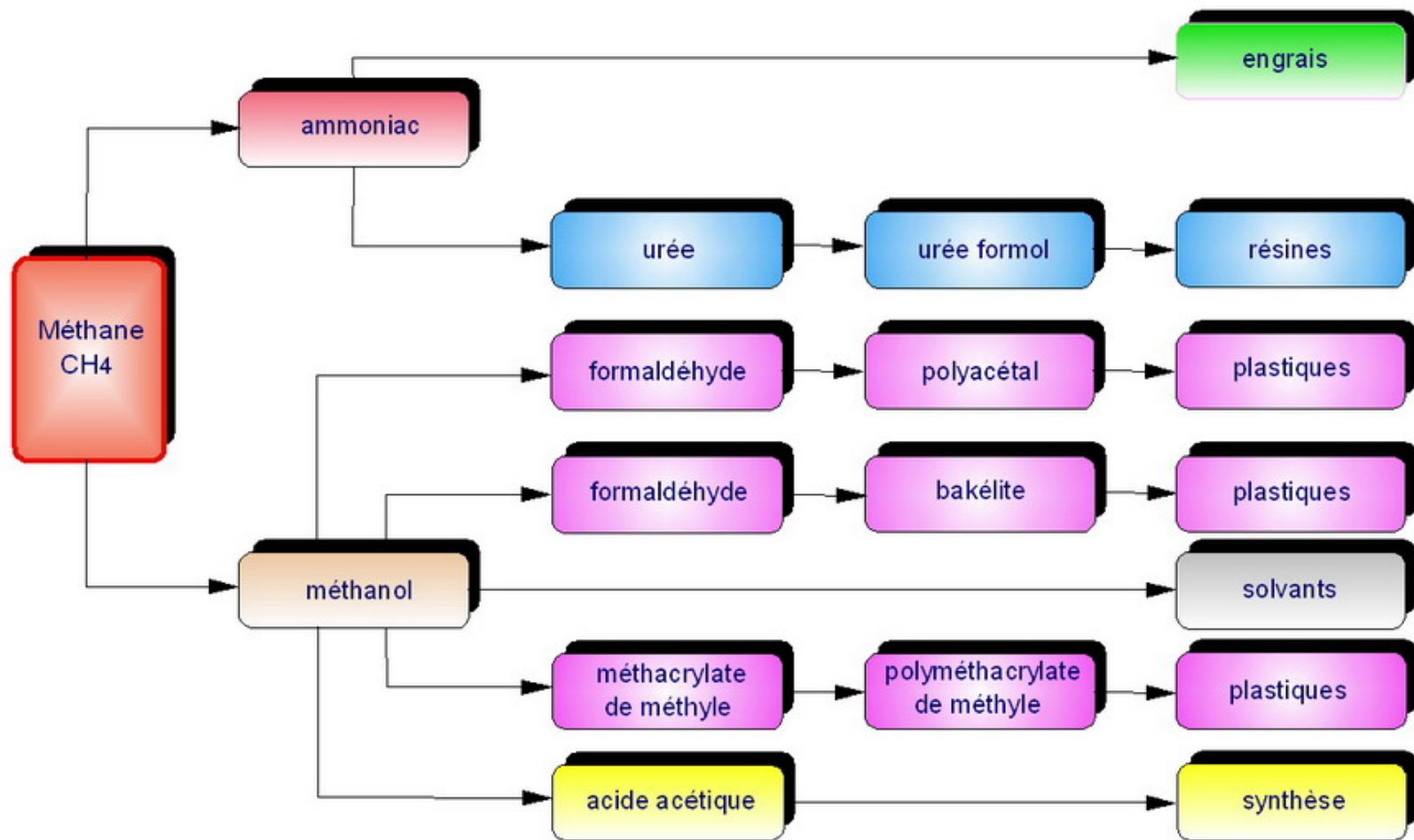
L'avantage du gaz naturel est encore plus grand si l'on tient compte des émissions en cycle complet et pas seulement de celles résultant de l'usage final du combustible : en effet, l'extraction et le traitement du gaz naturel consomment beaucoup moins d'énergie.

L'utilisation du gaz naturel ne produit pas d'oxydes d'azote (NOx), et quasiment aucune pollution locale comme les oxydes de soufre, les poussières, etc.

Cet intérêt écologique a une conséquence économique directe : une installation (centrale électrique, chaufferie, cimenterie ou autre) brûlant du charbon a besoin de dispositifs de dépollution, pour extraire le soufre, les NOx et les poussières des fumées. Ces installations sont très coûteuses à construire et à entretenir. Avec le gaz naturel, ces appareillages sont inutiles, d'où une économie importante. De plus, le gaz naturel ne laisse pas de cendres. Il est utilisé comme source d'énergie dans l'industrie afin de produire de la chaleur (chauffage, fours,...) et de l'électricité.

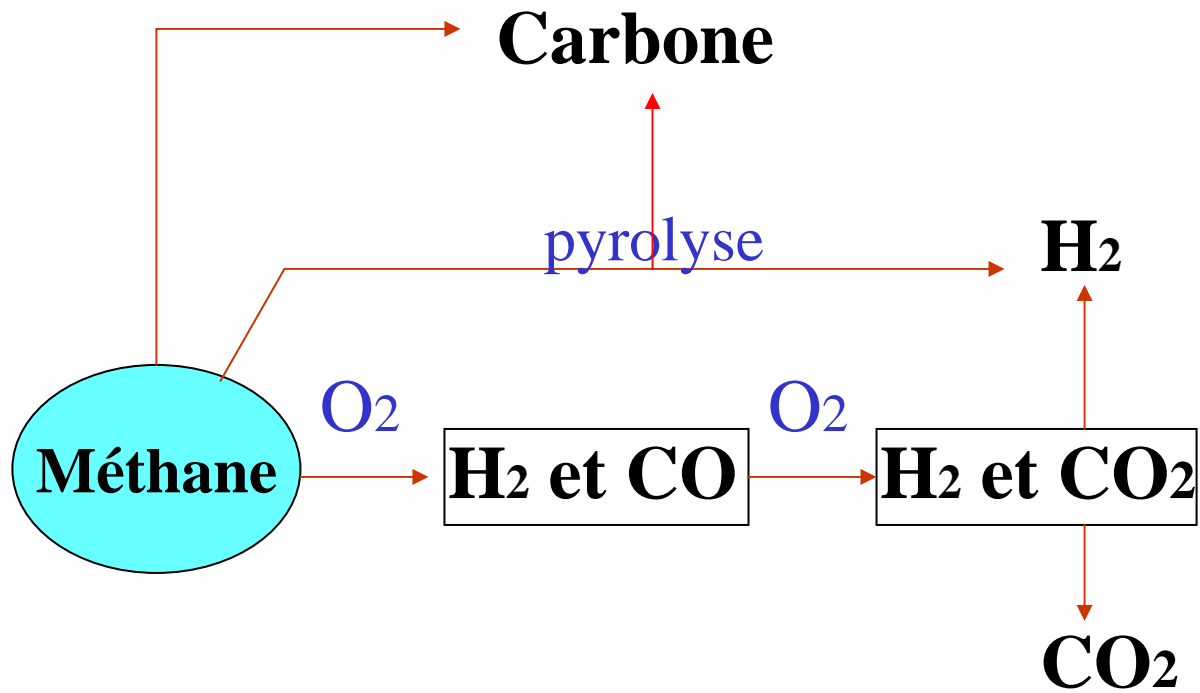
En 2006, au niveau mondial, plus de 20 % de l'électricité est produite à partir de gaz naturel. Chez les particuliers, le gaz naturel est utilisé pour le chauffage, l'eau chaude et la cuisson des aliments. Le gaz naturel est aussi la matière première d'une bonne partie de l'industrie chimique et pétrochimique : à la quasi-totalité de la production d'hydrogène, de méthanol et d'ammoniac, trois produits de base, qui à leur tour servent dans diverses industries : engrais, résines, plastiques, solvants. Raffinage du pétrole

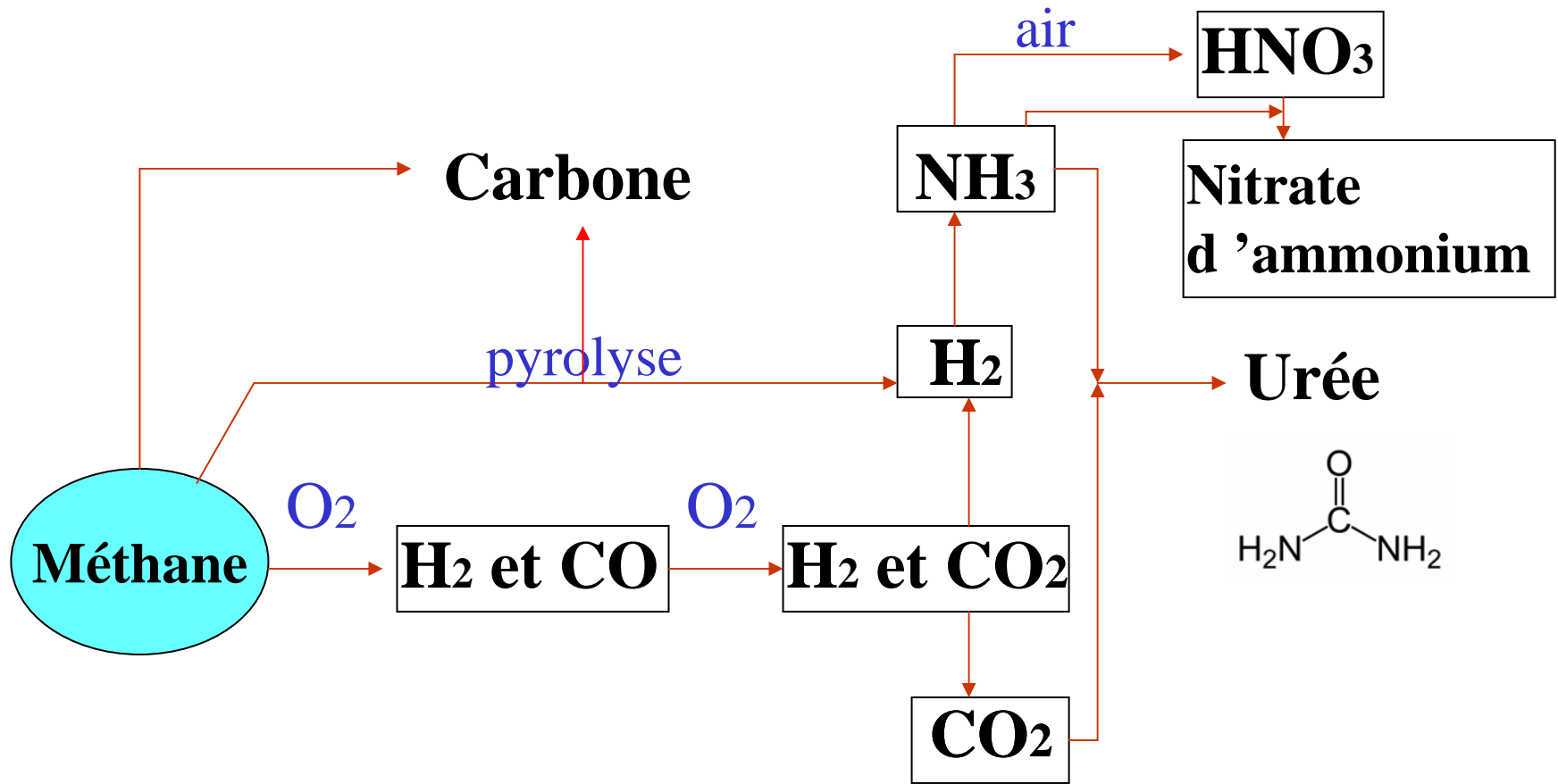
La présentation de la chimie du méthane dans l'industrie pétrochimique

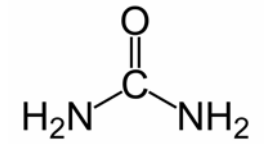
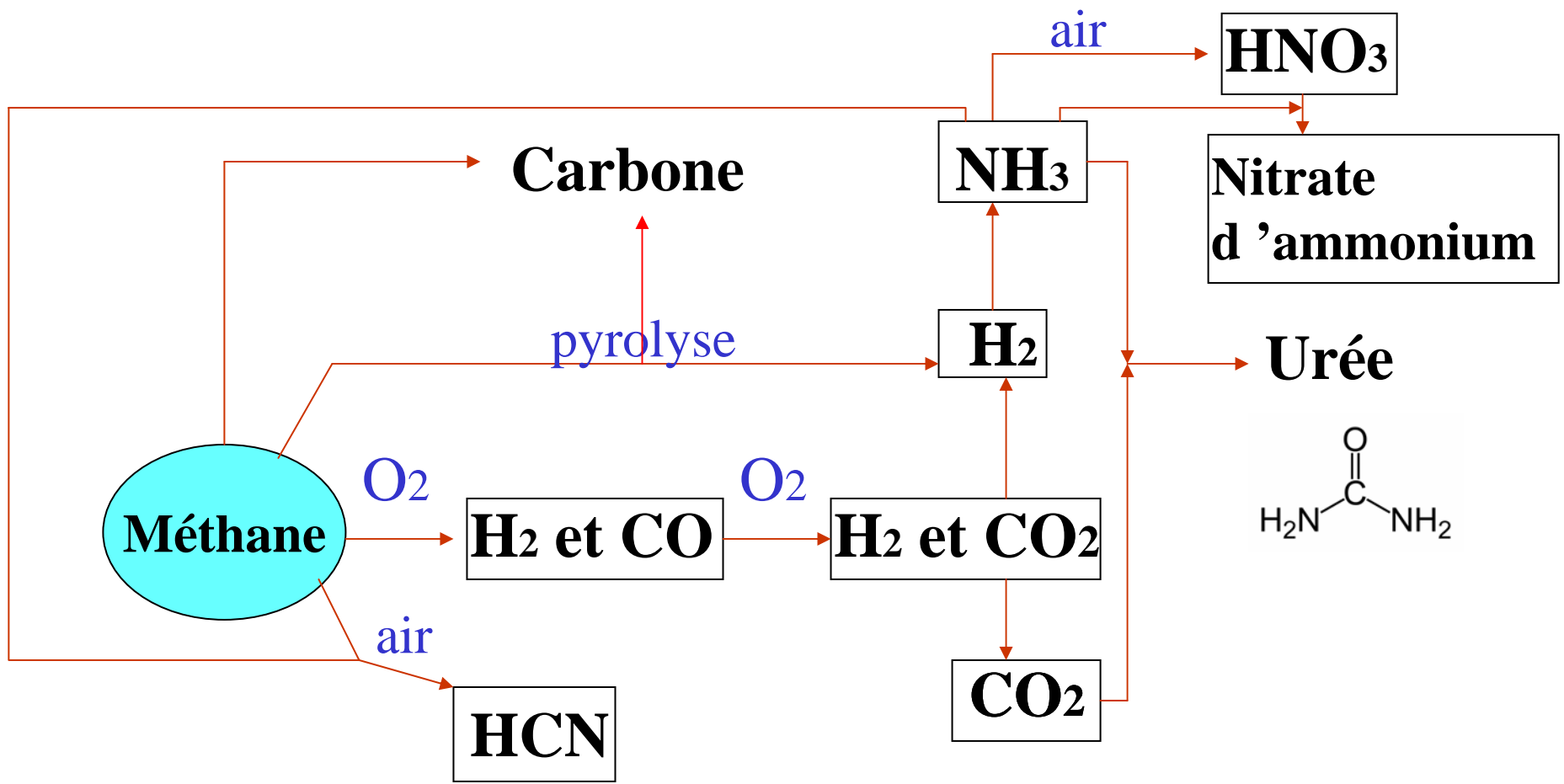


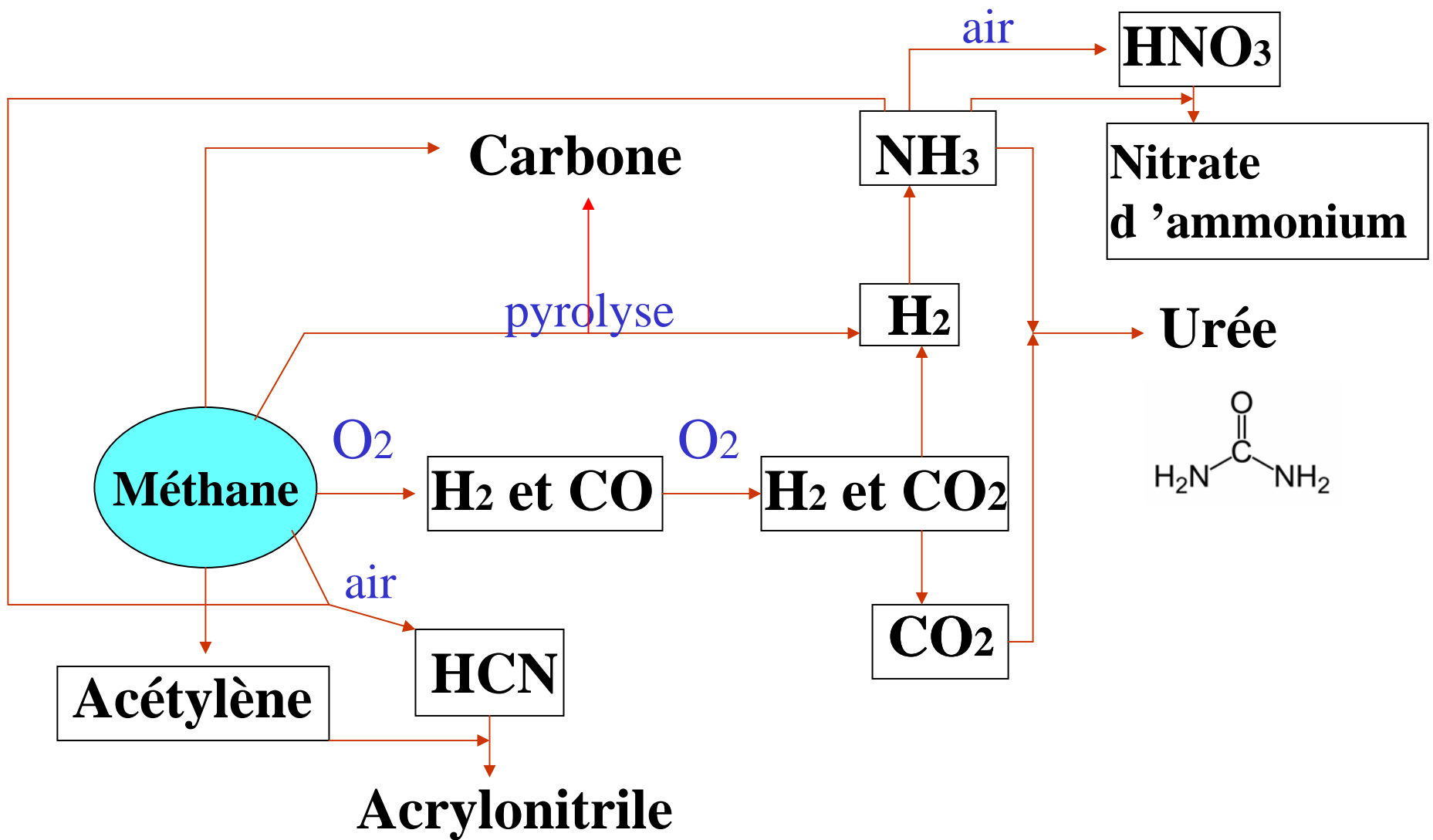
Chimie du méthane

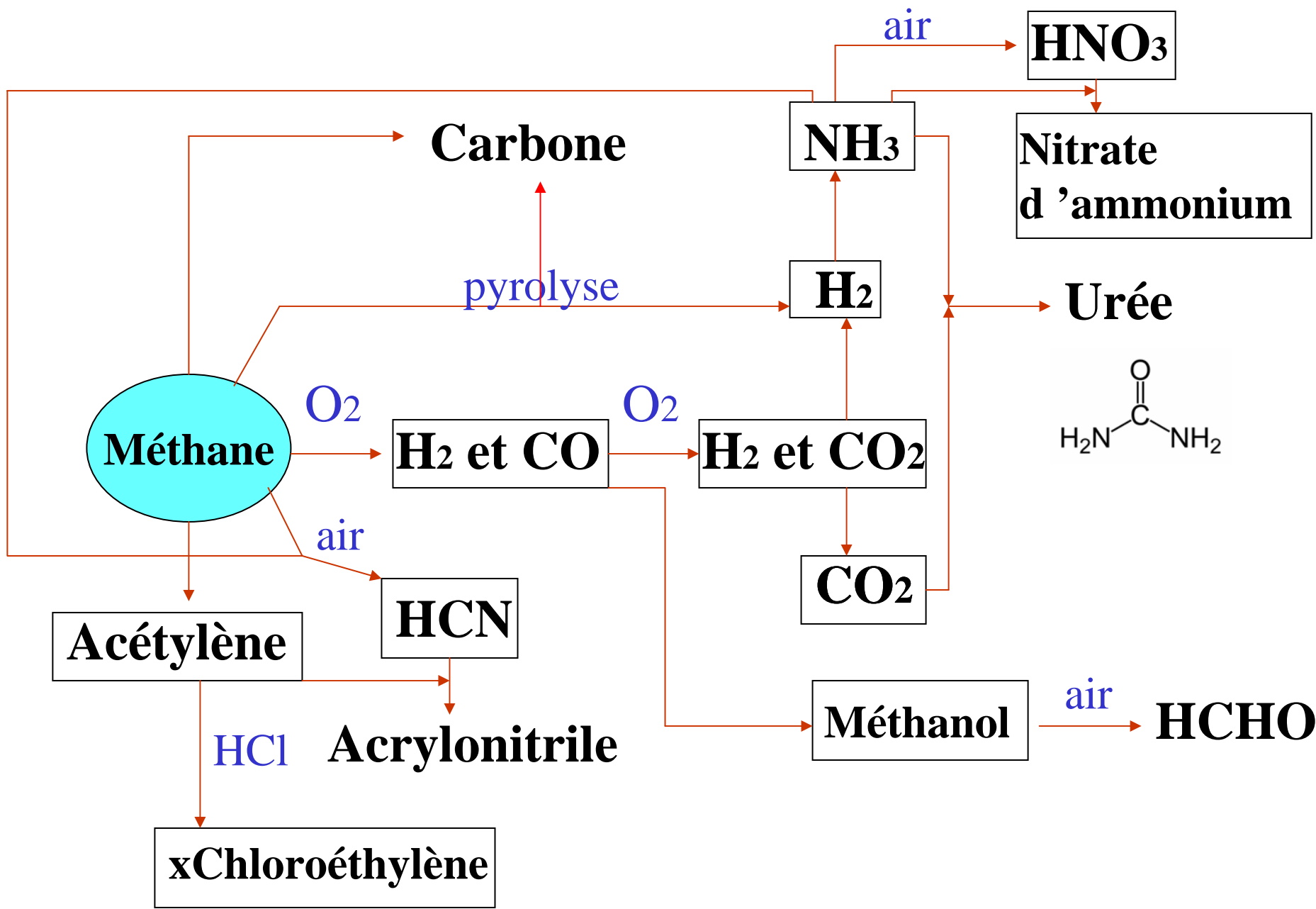


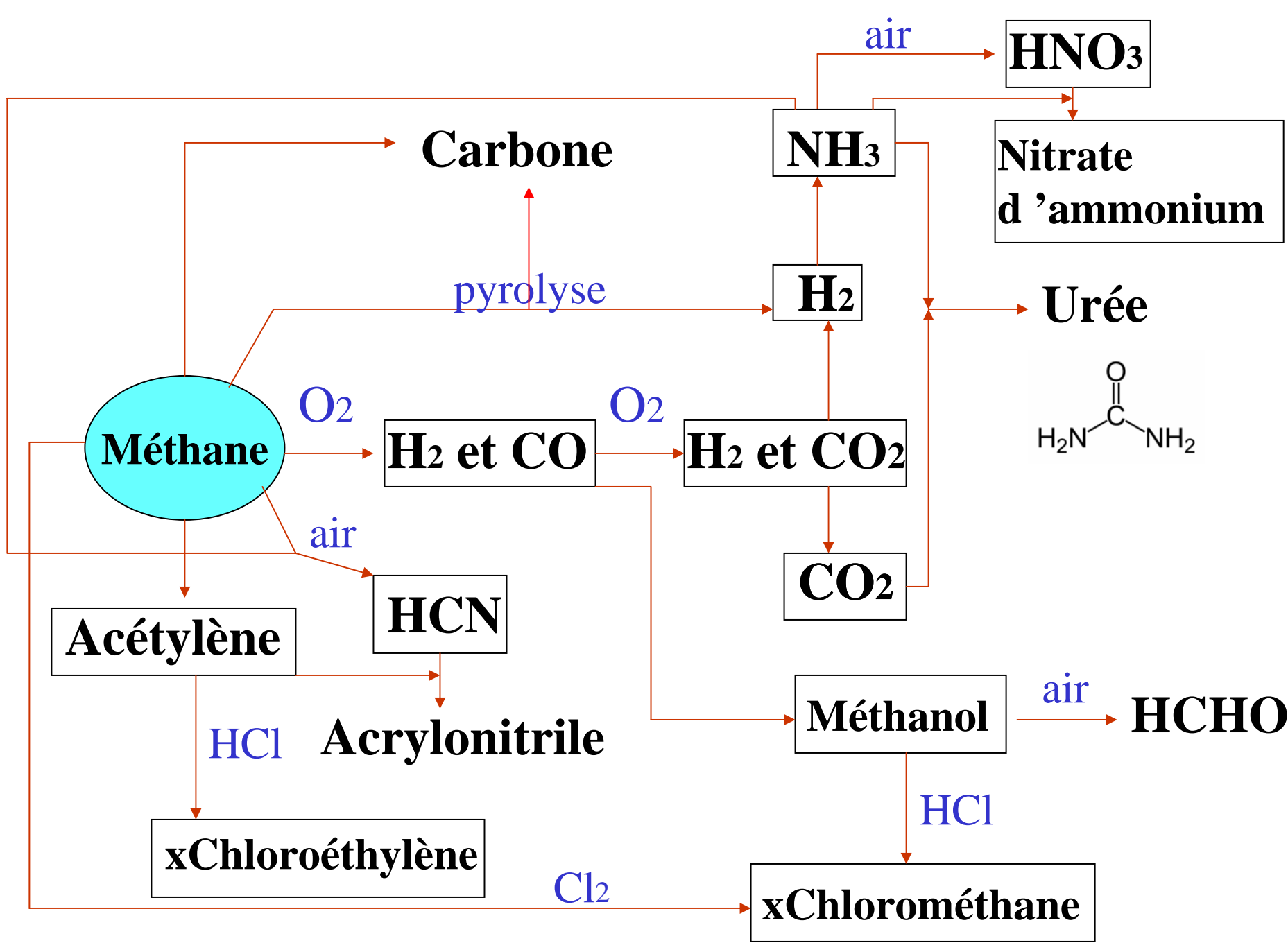


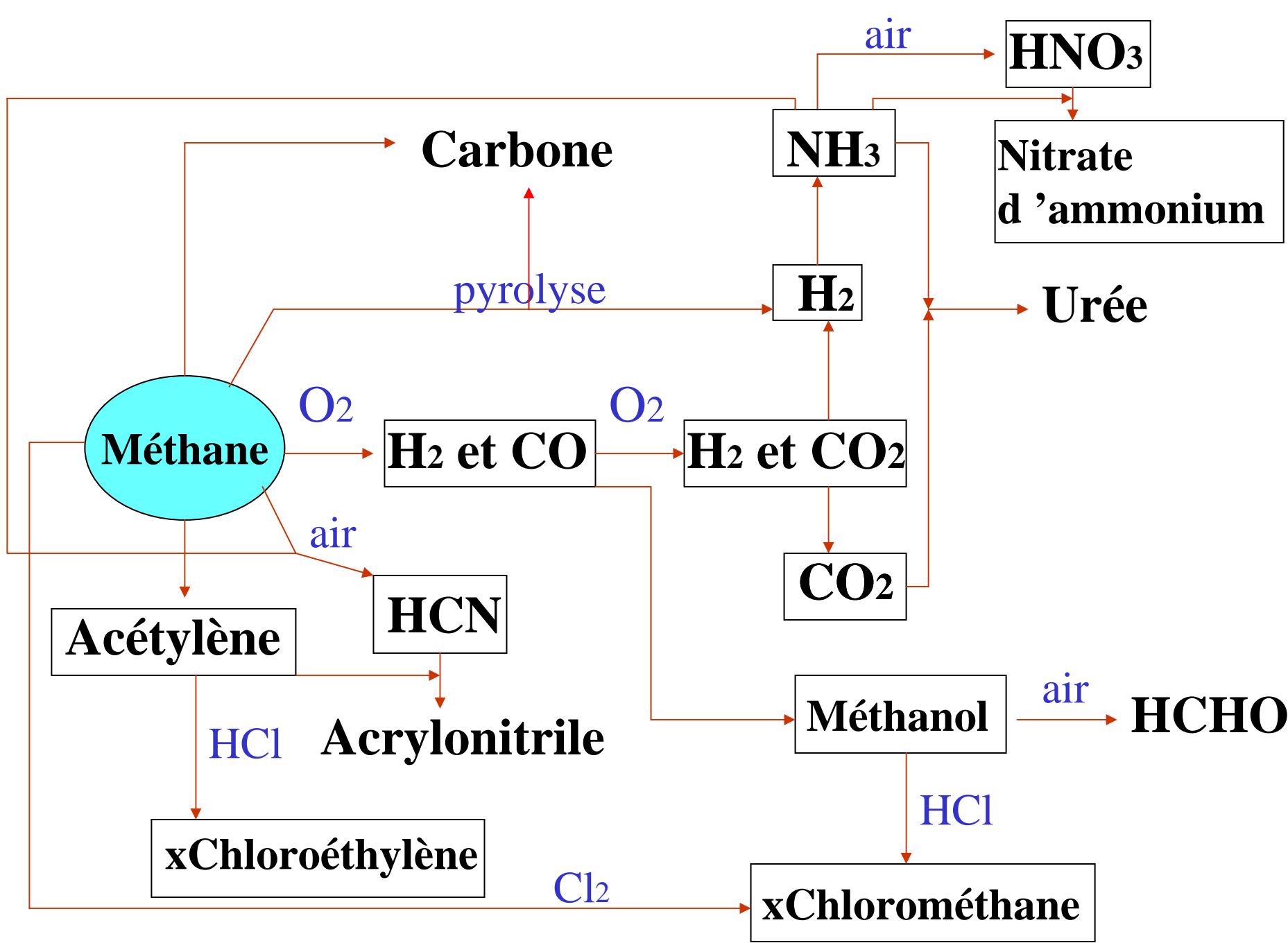












Chapitre II



Les voies d'accès aux principaux produits de base

3- Le Raffinage du Pétrole et la Pétrochimie

- a) Introduction
- b) Raffinage du pétrole
- c) La pétrochimie

a) Introduction

Le pétrole est à la fois une **source d'énergie** et une **source de matières premières** pour l'industrie chimique.

Afin de répondre aux différents besoins, le pétrole brut subit :

- des **séparations**
- des **transformations**
- des **traitements**

qui conduisent à la production des produits pétroliers de bases, des produits à usage énergétique et de certains usages spécifiques.

L'ensemble de ces opérations constitue **le raffinage du pétrole**

Les produits issus du raffinage du pétrole brut sont des mélanges complexes d'hydrocarbures, caractérisé par un ensemble de propriétés physiques et chimiques, garantissant leur aptitude à remplir la fonction (carburant, combustible,..) à laquelle on les destine .

Raffinage

Pétrole Brut

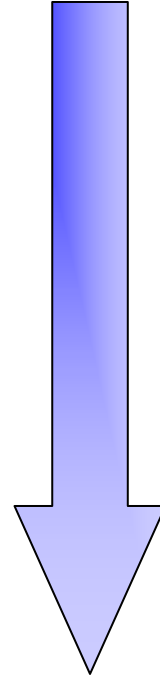
Séparation

Transformation

Traitement

distillations

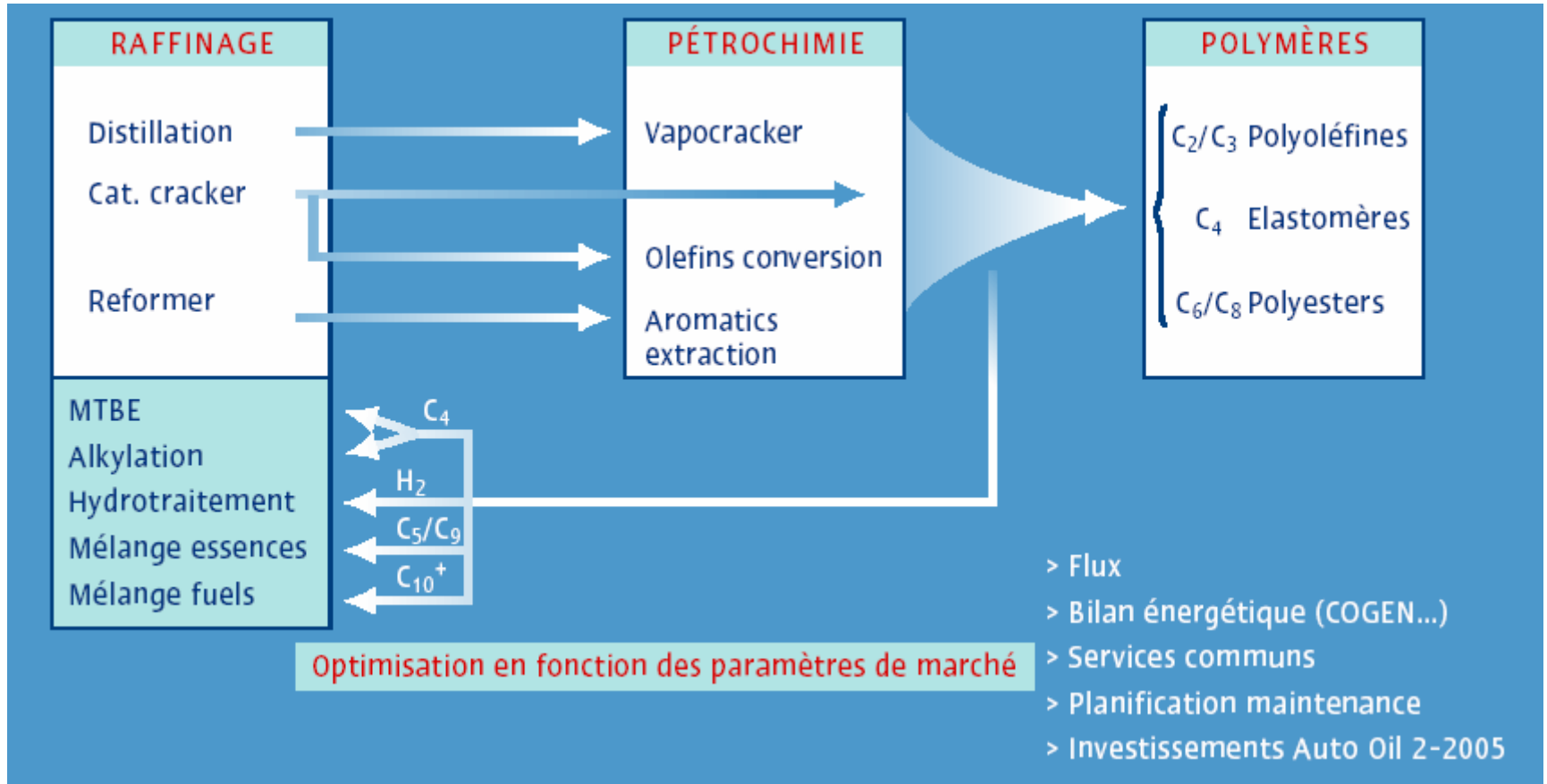
réactions



Produit pétrolier à usage énergétique

Mélanges complexes

Dans une étape ultérieure, à partir des bases pétrolières issues du raffinage du pétrole brut, de nouveaux procédés de transformation ou de séparation sont mis en œuvre pour préparer des produits chimiques parfaitement caractérisés et identifiés (ex : éthylène, benzène...) qui constituent les intermédiaires de première génération de la chimie organique industrielle. C'est la **pétrochimie**



Mélanges complexes

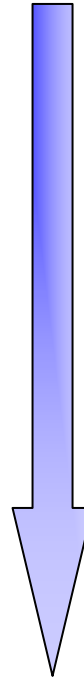
Séparation

Transformation

Traitement

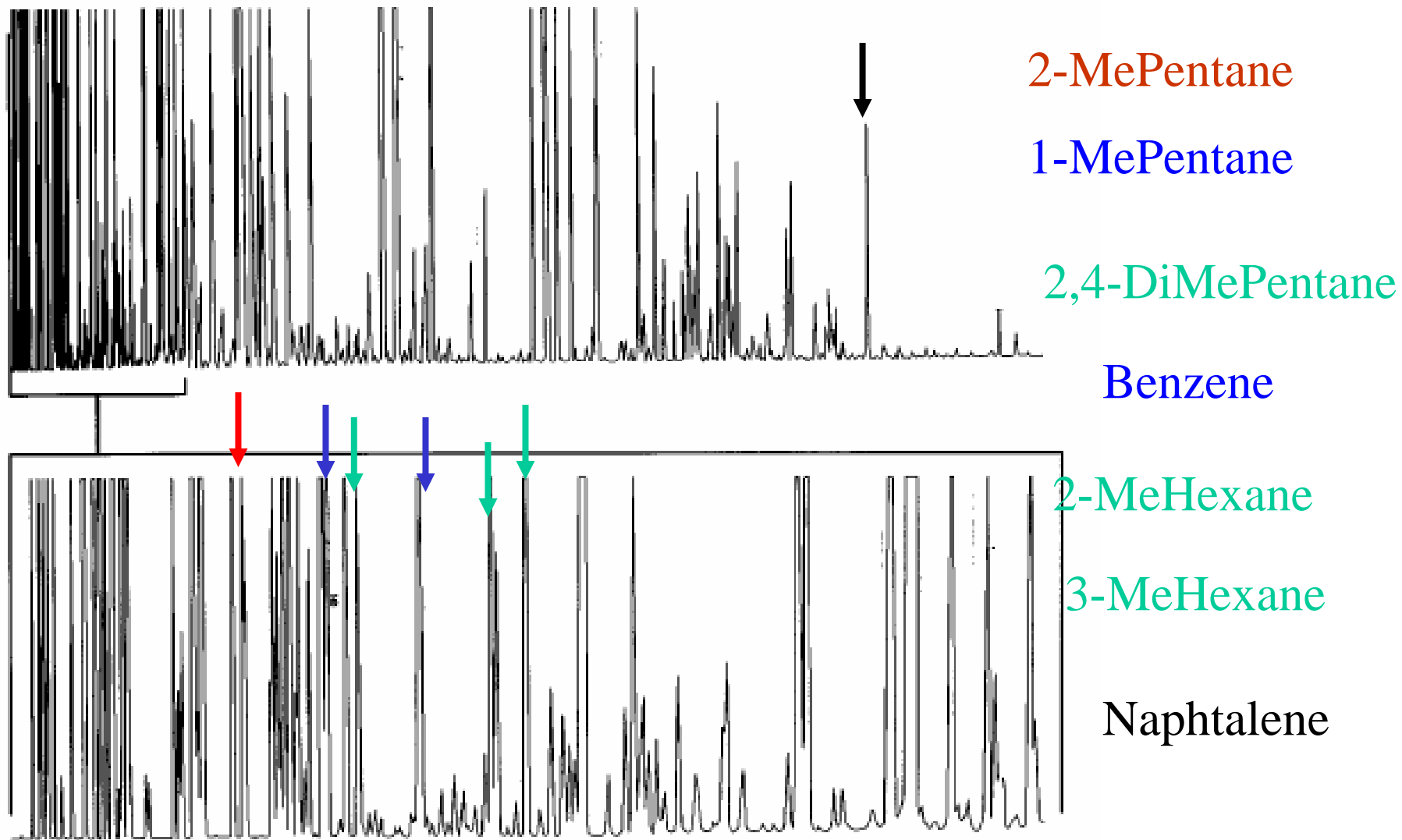
distillations

réactions



Intermédiaires de première génération

Ethylène, propylène, benzène, gaz de synthèse...



Chromatogramme d'une essence commerciale suivant la norme NF M07_086.

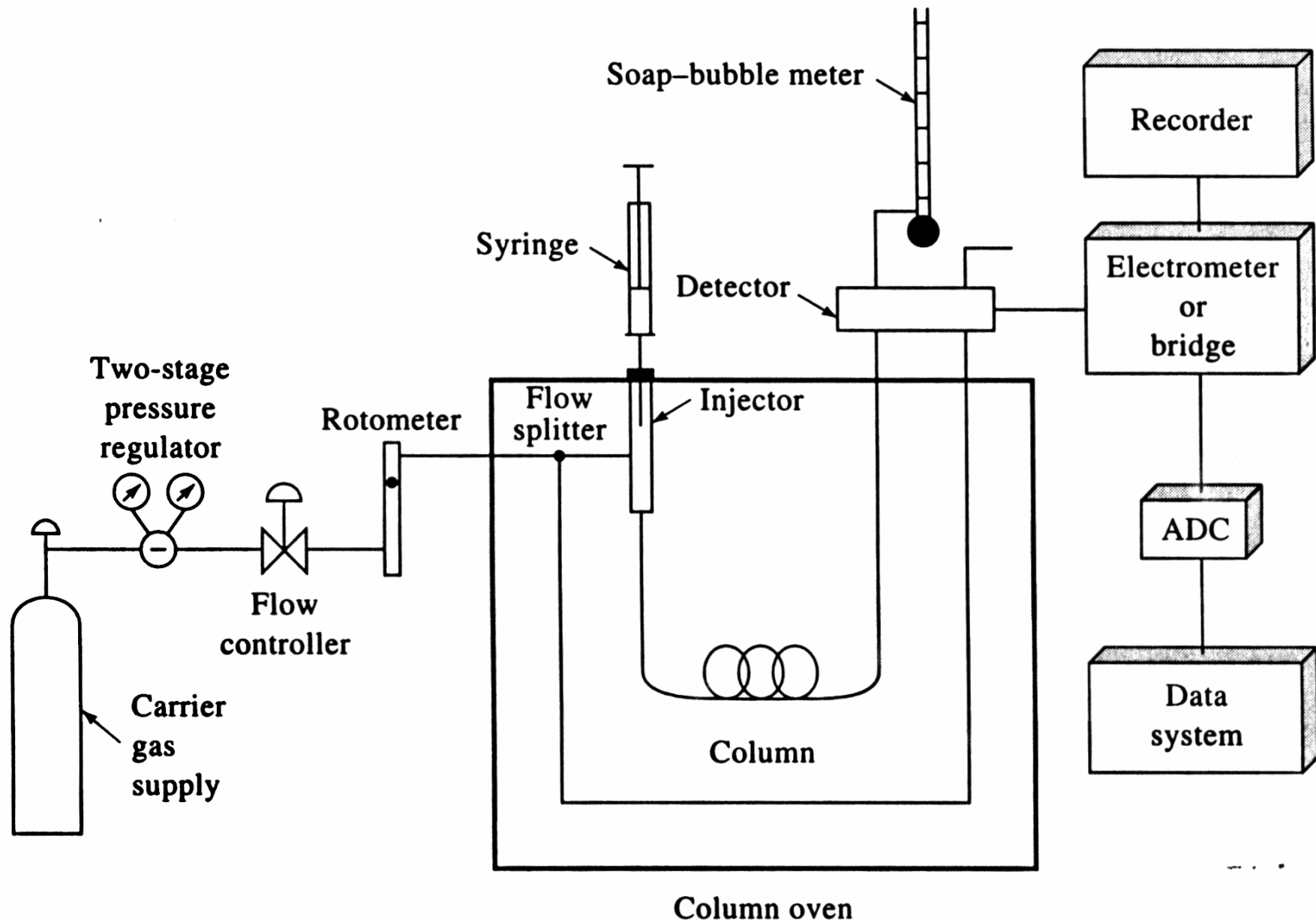
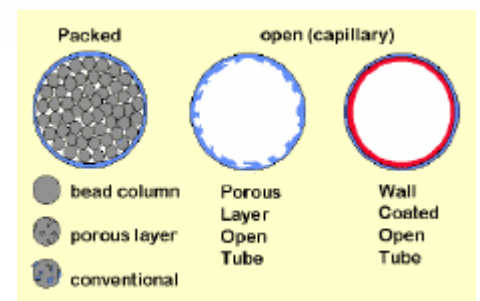
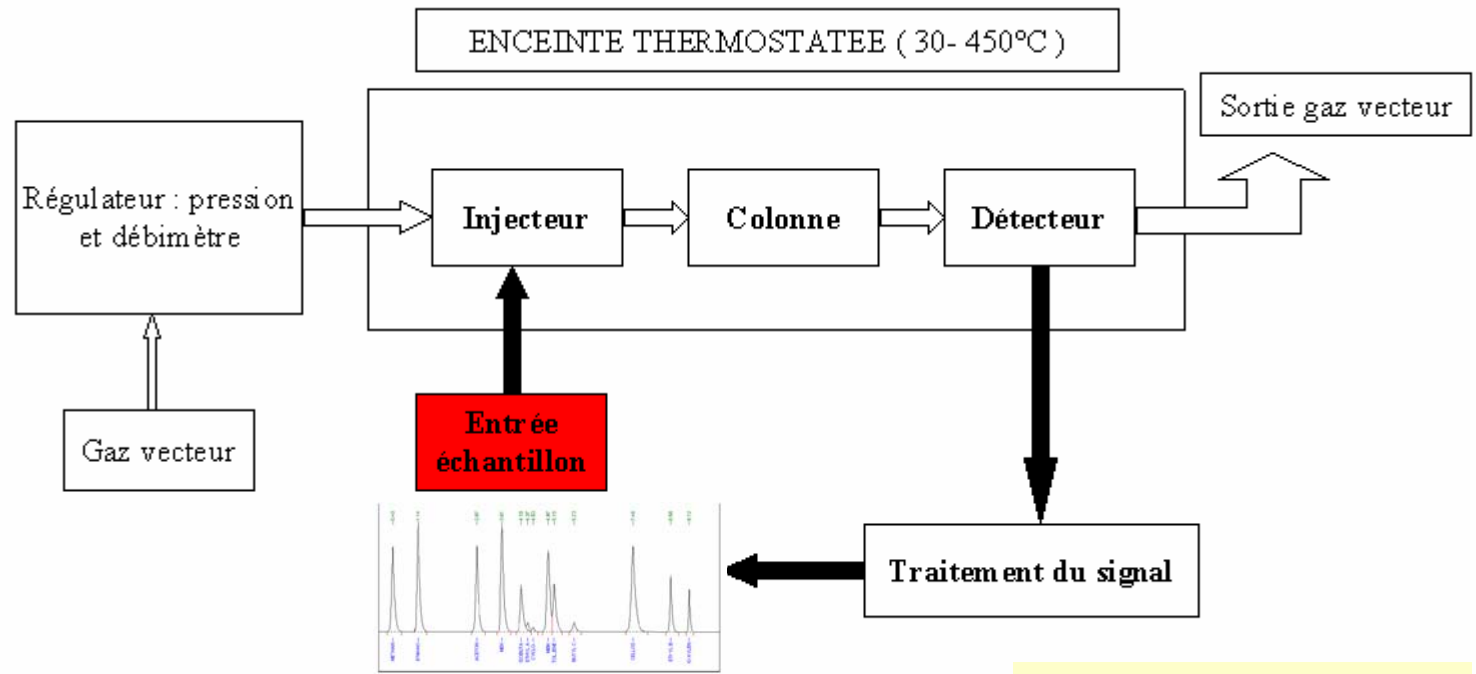


Figure 27-1 Schematic of a gas chromatograph.



classique (WCOT) *wall coated open tubular*
 parois, intérieure greffée avec un motif organique
 - SCOT ou PLOT *support coated open tubular*
porous layer open tubular,
 améliorations pour mieux retenir la phase stationnaire

b) Raffinage du pétrole

(i) les pétroles bruts

3 types d 'hydrocarbures

↪ Hydrocarbures aliphatiques saturés

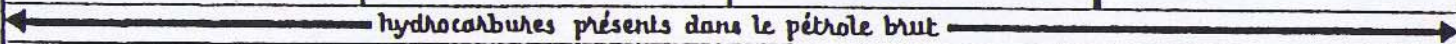
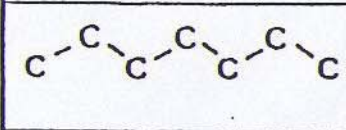
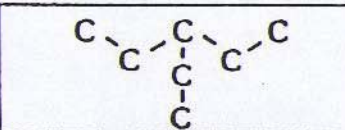
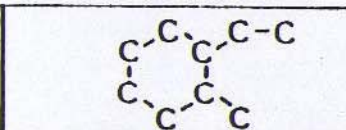
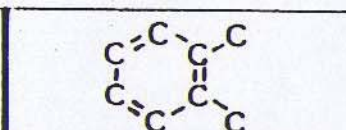
- linéaires (paraffines)
- Ramifiées (isoparaffines)

↪ Hydrocarbures cycliques saturés

- naphtenes

↪ Hydrocarbures aromatiques et alkylaromatiques

LES PRINCIPALES FAMILLES D'HYDROCARBURES

HYDROCARBURES SATURES sans doubles liaisons			HYDROCARBURES INSATURES avec doubles liaisons		
Atomes de carbone en - chaînes -		molécules comprenant des - cycles -	Hydrocarbures comprenant des - cycles benzéniques -	Atomes de carbone - chaînes -	
PARAFFINES		NAPHTENES	AROMATIQUES	OLEFINES	
chaînes droites	chaînes ramifiées	CYCLOPARAFFINES		1 double liaison	
PARAFFINES NORMALES	ISOPARAFFINES			DIOLEFINES	
 hydrocarbures présents dans le pétrole brut					
- Exemples -					
					
				oléfine C-C-C=C	
				dioléfine C=C-C=C	
densité liquide	faible	faible	moyenne	élevée	faible
viscosité au froid	mauvaise	généralement assez bonne	généralement bonne	généralement bonne	—
Moteur essence	mauvaise	bonne	moyenne	très bonne	assez bonne
Moteur Diesel	très bonne	mauvaise	moyenne	très mauvaise	mauvaise
rapport en hydrogène / rapport H/C	élevée	élevée	moyenne	faible	moyenne
Stabilité	bonne	bonne	bonne	bonne	très mauvaise

Sous produits :

- Soufre (S)
- Dérivés azotés
- Dérivés oxygénés
- Métaux

ii) Les principaux produits pétroliers

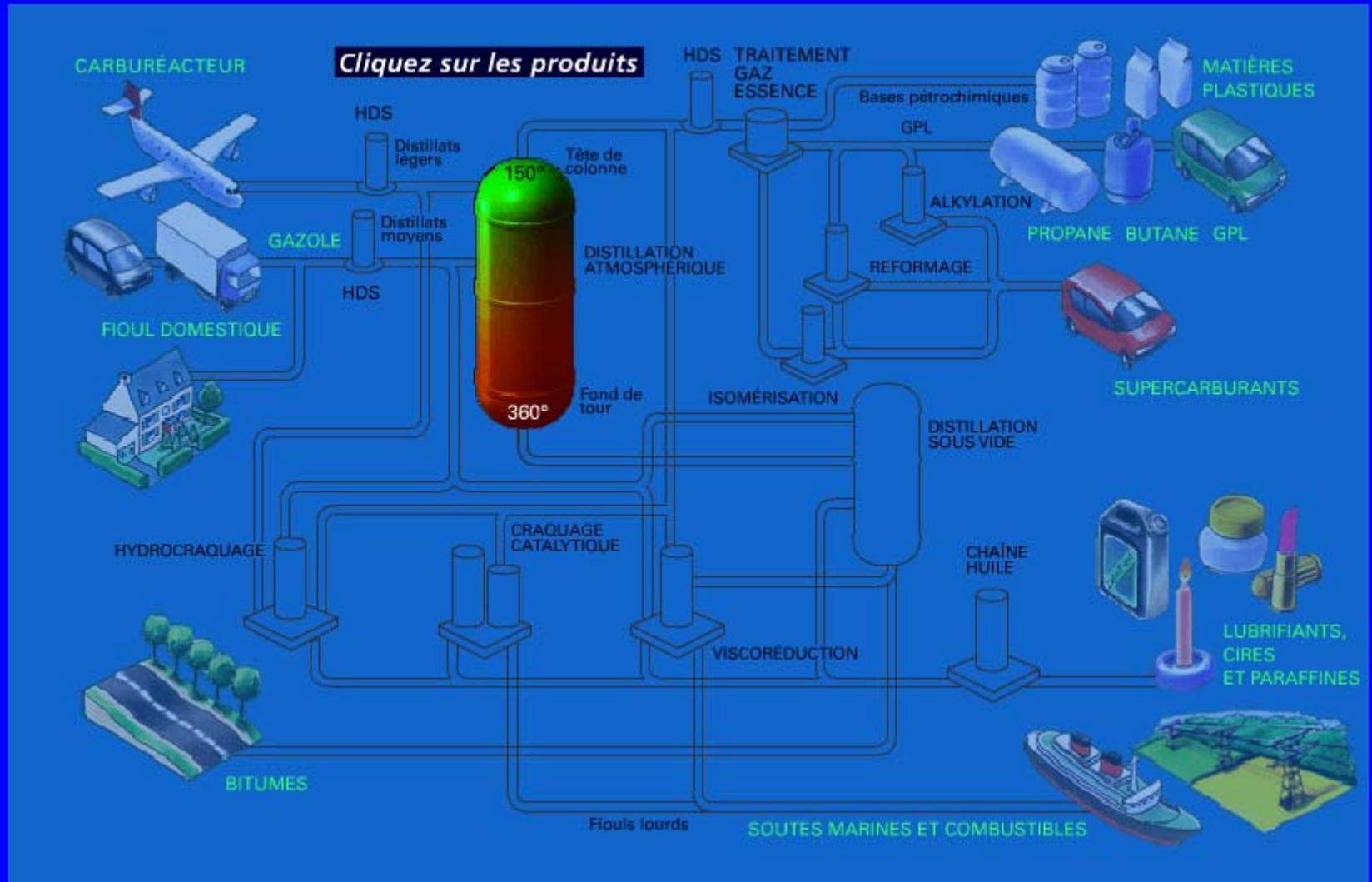
Définition d'un produit pétrolier :

Mélange d'hydrocarbures dont la composition est caractérisé par un ensemble de valeurs limites, fixées pour un certains nombre de facteurs qui déterminent sa mise en œuvre optimales dans ses conditions d'utilisation : les spécifications

Catégories de produits pétroliers :

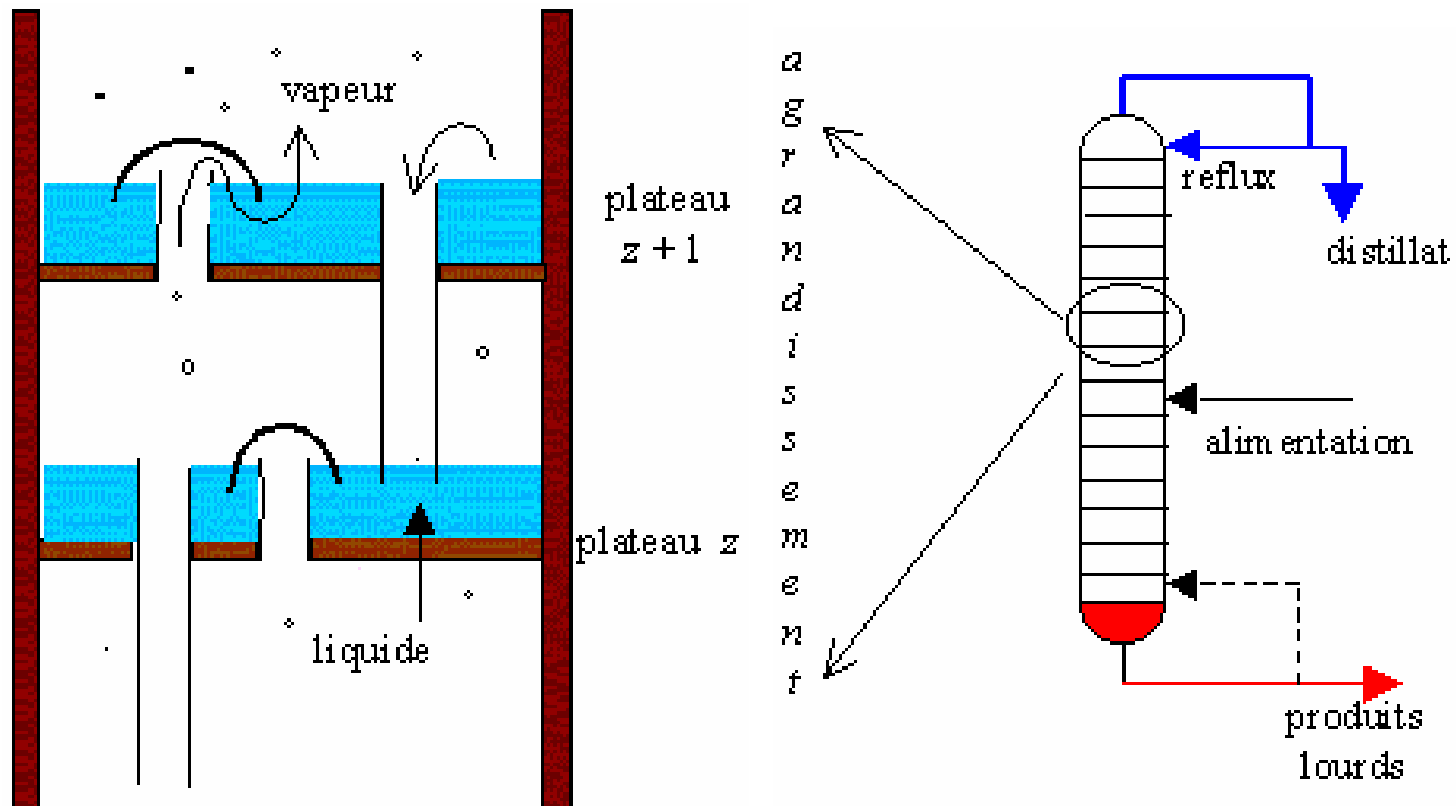
- Gaz de pétrole liquéfiés
- Carburants
- Carburéacteurs
- Gasoils et fuels domestiques
- fuels lourds
- Bitumes et liants dérivés
- Pétroles bruts
- Solvants hydrocarbonés
- Huiles
- Graisses
- Cires et paraffines

LE RAFFINAGE DU PETROLEE



La Distillation

La distillation atmosphérique est un procédé qui consiste à séparer les fractions d'hydrocarbures contenues dans le pétrole, les unes des autres. C'est la première étape du raffinage. Elle est basée sur la différence des températures d'ébullition de chacun des produits purs contenus dans le pétrole. En effet chaque hydrocarbure pur possède des caractéristiques chimiques et physiques spécifiques. Par exemple : le méthane bout à $-161,4^{\circ}\text{C}$, l'éthane bout à $-88,6^{\circ}\text{C}$, le propane bout à $-42,2^{\circ}\text{C}$ le butane bout à $-0,6^{\circ}\text{C}$, le pentane bout à $36,3^{\circ}\text{C}$, l'hexane bout à 69°C

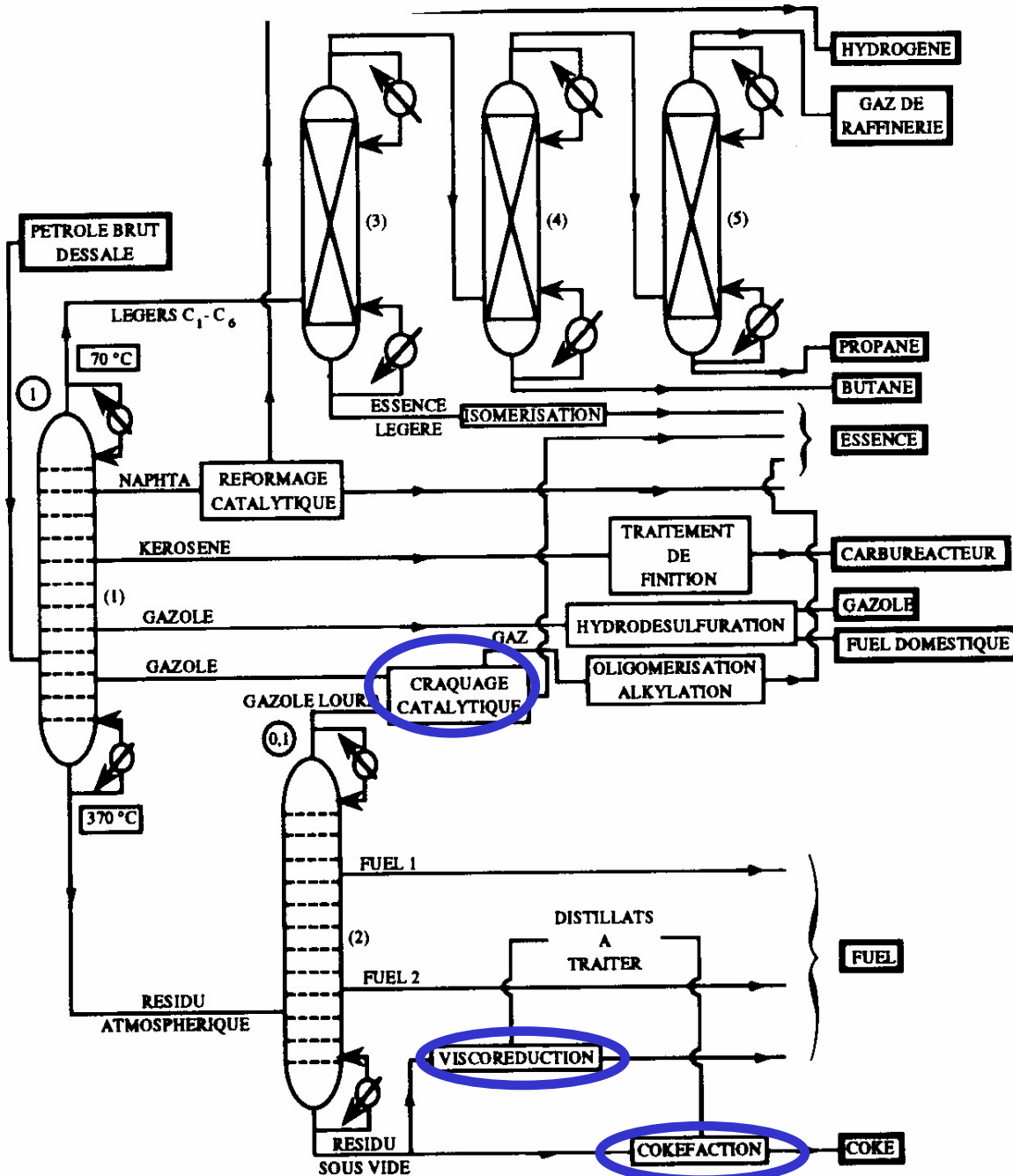


La distillation est dite «**atmosphérique**» car elle se fait à la pression ambiante dans une colonne munie d'un certain nombre de plateaux perforés et munis de clapets, en général de 30 à 50 plateaux . Après cette première distillation, la partie résiduelle est envoyée dans une autre colonne, moins haute et comportant moins de plateaux qu'on appelle la colonne de **distillation sous vide**.

En effet, cette fraction résiduelle, appelée «**résidu atmosphérique**» contient des hydrocarbures à longues chaînes et plus les chaînes sont longues plus elles sont fragiles, dont susceptibles d'être scindées en plusieurs morceaux si le chauffage continue sous la pression atmosphérique.

Afin d'éviter ces coupures intempestives de chaînes, on fait la séparation des produits de ce résidu atmosphérique sous un vide relatif correspondant à une pression d'environ 40 mm de mercure (la pression atmosphérique correspond à 760 mm de mercure). Ce vide relatif permet d'abaisser la température d'ébullition des composants, donc il faut moins chauffer ces produits. Comme il a été dit plus haut, le pétrole est un mélange d'hydrocarbures, et la distillation atmosphérique ne cherche pas à séparer les corps purs les uns des autres, mais seulement à les séparer en fractions. C'est aussi la première étape dans le traitement du pétrole.

Le craquage catalytique



Le craquage catalytique

Définition : le craquage catalytique est un procédé de raffinage qui a pour but de transformer, en présence d'un catalyseur, les coupes lourdes à longues chaînes d'hydrocarbonés en coupes légères pour être utilisées dans la fabrication du carburant. Comme toujours, l'objectif est d'avoir le maximum de produits à haute valeur marchande. En présence du catalyseur, à haute température (450 à 550°C) et à pression atmosphérique, on **cas**e les grosses molécules hydrocarbonées pour avoir de petites molécules ayant un indice d'octane élevé

Utilisation du pétrole en France

- Transports (aérien, routier, fluvial, ...) : 48 900 kTEP
- Résidentiel tertiaire (chauffage, ...) : 15 000 kTEP
- Usage non énergétique (pétrochimie et lubrifiants) : 13 700 kTEP
- Industrie y compris sidérurgie (et hors pétrochimie) : 6 000 kTEP
- Agriculture : 2 200 kTEP
- Centrales électriques thermiques : 1 500 kTEP



Une grande majorité du pétrole est brûlée

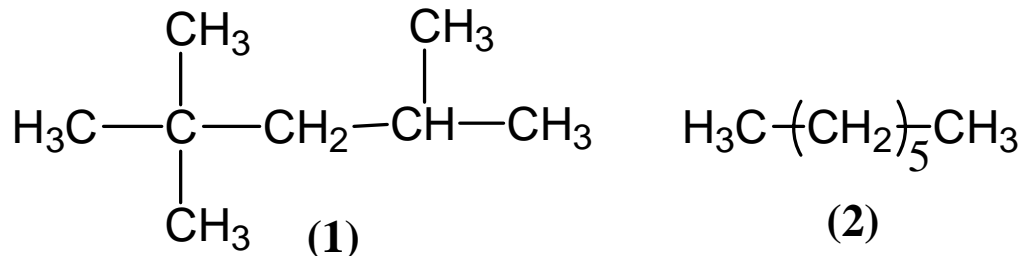
Indices caractérisant les carburants

Indices d'octane

Les indices d'octane sont définis pour les carburants utilisés dans les moteurs à allumage commandé dans lesquels des bougies produisent des étincelles assurant l'inflammation du mélange carburant-comburant.

La qualité d'un carburant pour moteur à explosion est appréciée par son **pouvoir antidétonant** et mesurée par **l'indice d'octane**. Cet indice est défini de la façon suivante :

Soient le 2,2,4-triméthylpentane (1) encore appelé isooctane auquel on affecte l'indice 100 et l'heptane (2) auquel on affecte l'indice 0. On dit que le carburant a pour indice d'octane x si ce carburant a le même pouvoir antidétonant que le mélange x% en volume de (1) et (100-x)% de (2)



On dit qu'un carburant a un indice d'octane de 95 par exemple, lorsque celui-ci se comporte, au point de vue détonation, comme un mélange de 95% d'iso-octane qui ne détone pas (son indice est de 100 par définition) et de 5% d'heptane, qui lui est très détonant (son indice est de 0 par définition).

On distingue :

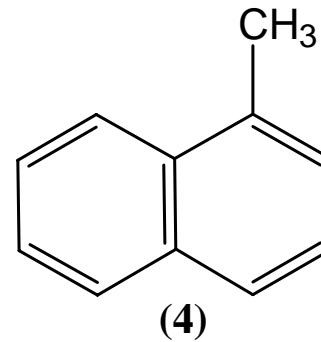
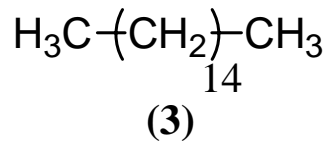
- **l'indice d'octane de recherche.** Fonctionnement du moteur dans des conditions douces : faible vitesse (600 t/min) et basse température (50°C)
- **l'indice d'octane moteur.** Fonctionnement du moteur dans des conditions plus drastiques : faible vitesse (900 t/min) et basse température (150°C)

Indices de cétane

L'indice de cétane est défini dans le cas des carburants pour moteurs diesel dans lesquels l'inflammation du mélange combustible-comburant résulte de la pression et de la température réalisées dans la chambre de combustion.

L'aptitude de l'autoinflammation est mesurée de la façon suivante :

Soit l'hexadécane linéaire (3) ou cétane auquel on affecte l'indice 100 et l' α -méthyl-naphtalène (4) auquel on affecte l'indice 0. On dit qu'un carburant a pour indice de cétane x s'il présente le même pouvoir d'auto-inflammation que le mélange de $x\%$ en volume de (3) et de $(100-x)\%$ de (4)



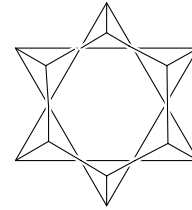
Le gazole présente un indice de cétane de 50

Définition – suite

Le craquage catalytique des gazoles lourds qui a lieu à 480°C-500°C en présence d'un catalyseur (zéolithe, avec des substitutions cationiques de terres rares, maintenu au sein d'une matrice silice-aluminium amorphe).

Il permet d'obtenir de l'essence (40 à 60 % de la masse initiale) ayant un indice d'octane supérieur à 90, du gazole et des sous-produits dont un gaz riche en alcènes (propène, butène) que l'on distillera par la suite et du coke qu'il faut brûler car c'est un poison du catalyseur.

Zeolithes



Zéolithes : de type A, ce sont des silico-aluminates synthétiques de sodium ($\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}, 2\text{SiO}_2, 4,5\text{H}_2\text{O}$) qui fixent les ions Ca^{2+} par échange d'ions

© CNRS - URA 0428 -Matériaux minéraux - Mulhouse Cedex.

Nouvelles zéolithes pour le craquage du pétrole. Cristaux de la zéolithe à structure hexagonal ($\text{Si}/\text{Al} = 4,4$).

CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS



■ Métaux

Li : Solide à 25°C, sous 1 bar

■ Semi-conducteurs

He : Gaz à 25°C, sous 1 bar

■ Non-métaux

Br : Liquide à 25°C, sous 1 bar

■ Gaz nobles

Tc : Obtenu par synthèse

■ Lanthanides et actinides

	I												III		IV	V	VI	VII	VIII
1																			
2	Li	Be																	
3	Na	Mg											Al						
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga						
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn					
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi				
7	Fr	Ra	Lw	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub							

terres rares

Série des Lanthanides

Série des Actinides

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70

Les principales réactions sont les suivantes :

alcane \longrightarrow alcane + alcène



alcène \longrightarrow 2 alcènes



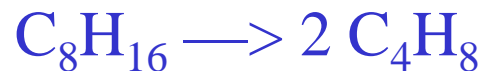
alkylaromatique \longrightarrow benzène + alcène



alkylaromatique \longrightarrow arylalcène + alcane

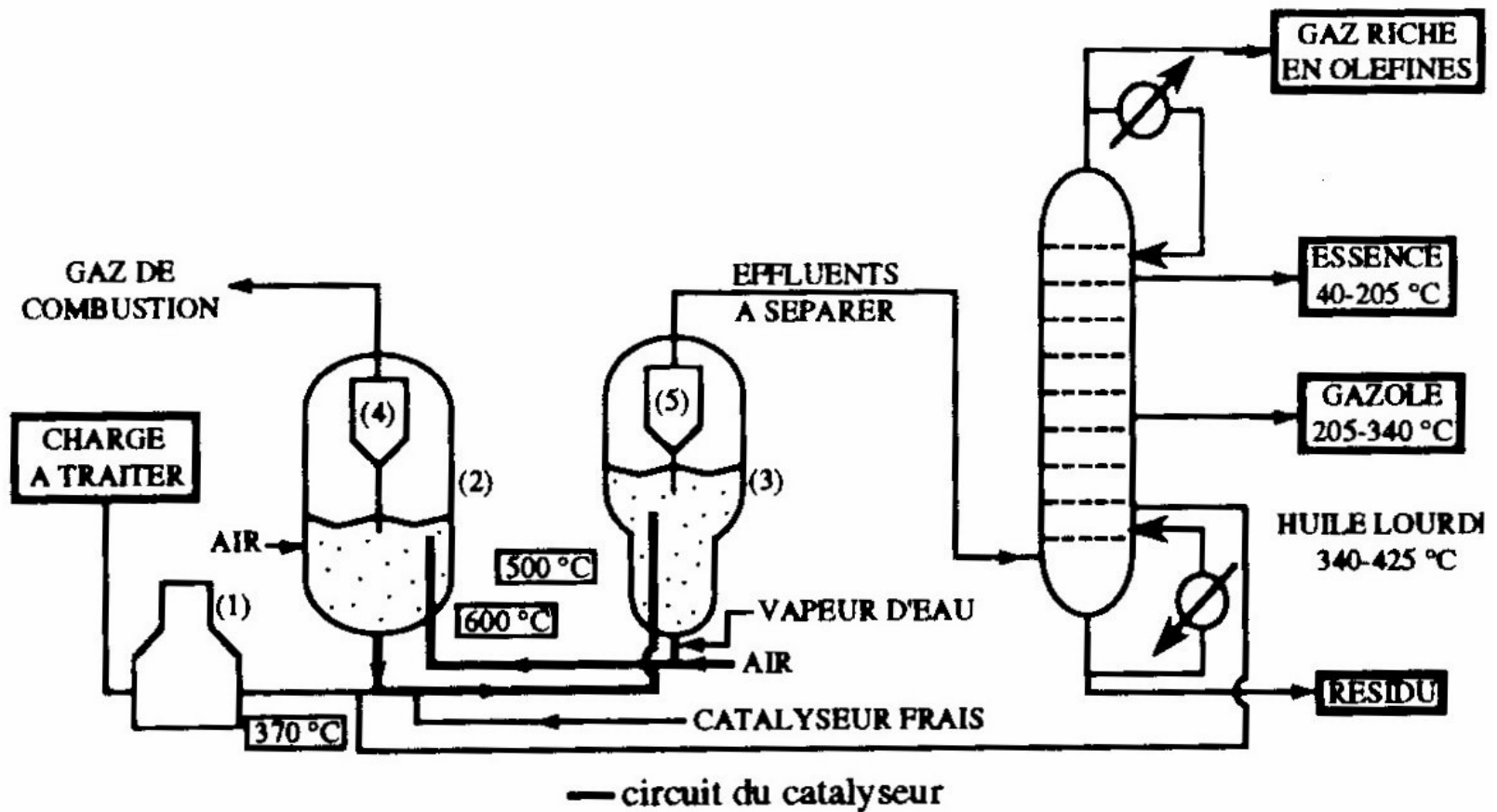


cycloalcane \longrightarrow 2 alcènes



cycloalcane \longrightarrow cyclohexane + 2 alcènes





(1) four ; (2) régénérateur ; (3) réacteur à lit fluidisé ; (4) (5) cyclones.

Figure 10 - Schéma de principe du craquage catalytique.

Le procédé industriel souvent utilisé, vient des États Unis, c'est le «**FCC**» (1) ou «**Fluid Catalytic Cracking**». Il est basé sur l'utilisation d'un lit fluide de catalyseur. Le catalyseur, d'une grosseur de quelques 50 micromètres environ, est en suspension dans la charge, laquelle, après préchauffage, est injectée dans le réacteur sous forme gazeuse.

Les effluents, débarrassés des entraînements de catalyseurs au moyen d'un «**cyclone**», sont envoyés dans le fractionnateur. Ici dans ce procédé, le catalyseur s'écoule de manière continue, vers le régénérateur dans lequel est soufflé l'air de combustion, puis retourne au réacteur. C'est pour cette raison qu'on appelle **Fluid Catalytic Cracking**

Les charges qui alimentent le FCC viennent de la distillation sous vide, ce sont les distillats léger et lourd sous-vide. Après passage des charges dans les réacteurs, l'ensemble des produits issus passe dans un fractionnateur et à la sortie on peut recueillir les produits suivants :

- Le fuel gaz qui est dirigé vers le réseau fuel gaz,
- la coupe C3/C4 qui sera traitée au gaz plant, cette coupe contient beaucoup d'oléfines tels que le butadiène et les butènes.
- l'essence totale de FCC qui, après désulfuration, sera utilisée dans la fabrication des carburants,
- le gasoil léger de FCC sera utilisé pour fabriquer le gazole moteur ou le gazole de chauffage,
- le gasoil lourd de FCC sera utilisé dans la fabrication du fioul.

Autres craquages thermiques



Valoriser les résidus lourds

- Viscoréduction
- Cokéfaction

• **Viscoréduction**

Comme toujours, ici on cherche à transformer les résidus en coupes légères pour avoir une meilleure valorisation. Afin de réduire la viscosité des coupes lourdes et des résidus visqueux, on utilise un procédé appelé **viscoréduction** qui a pour but de transformer en partie les produits lourds en produits légers et en même temps réduire la viscosité du résidu. En effet, c'est un "**craquage thermique**" de résidu atmosphérique ou sous-vide, à sévérité, en général, modérée. Les divers procédés de **viscoréduction** opèrent en phase liquide entre 450 et 500°C sous une pression comprise entre 5 et 20 bars.

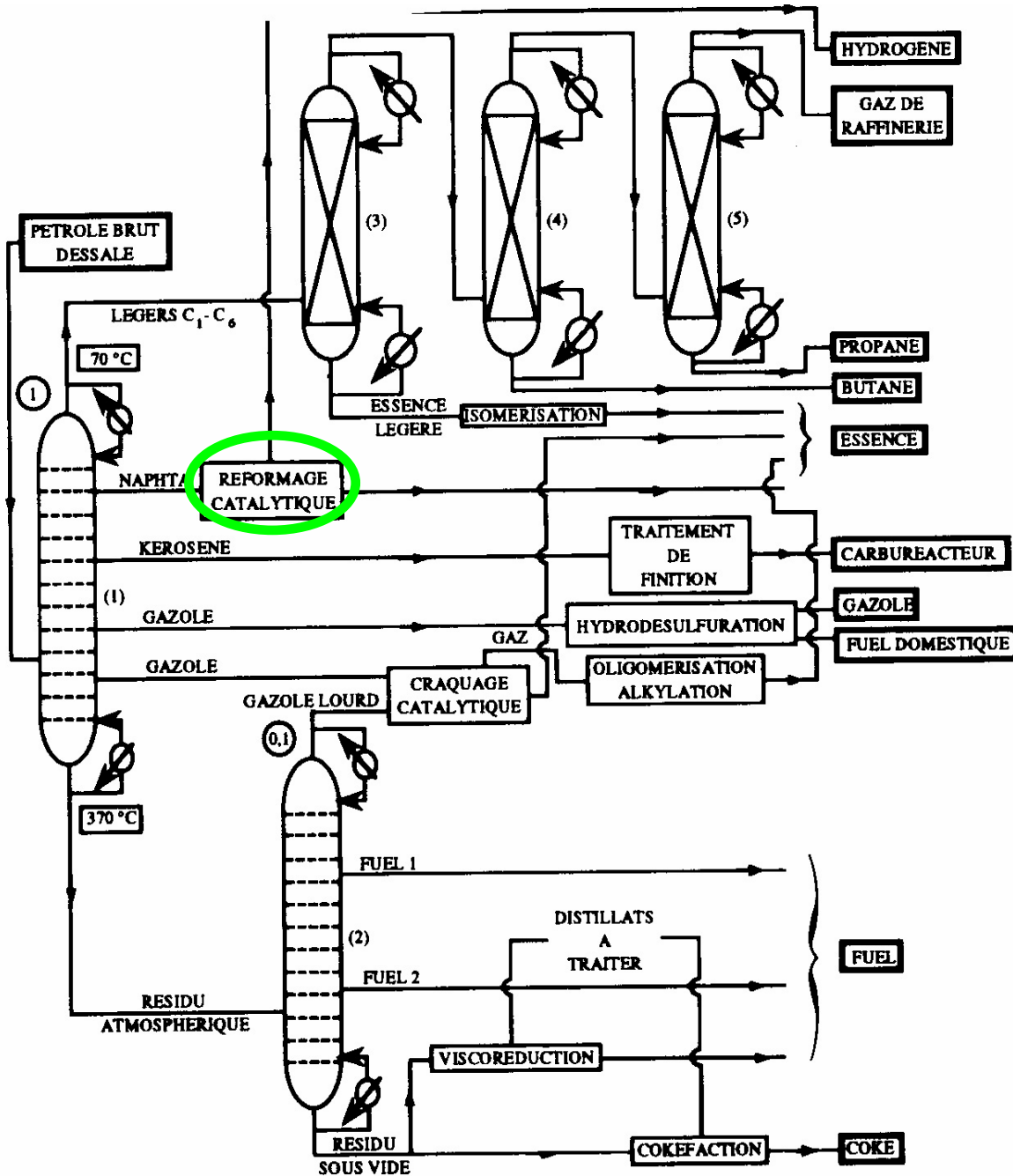
Les charges qui alimentent cette unité de raffinage viennent des distillations atmosphérique et sous-vide et du craquage catalytique, ce sont :

le résidu atmosphérique, le résidu sous-vide, le gasoil lourd de FCC.

A la sortie de l'unité, on trouve toute une gamme de produits suivants :

- le fuel gaz (est envoyé au réseau fuel gaz)
- la coupe C3/C4 (est dirigée vers la gaz plant)
- l'essence (est dirigée vers le HDT (hydrotraitement))
- le distillat léger (est envoyé à l'hydrodésulfuration)
- le distillat lourd (est envoyé en charge vers l'hydrocraqueur)
- le résidu (est envoyé au pool de fioul).

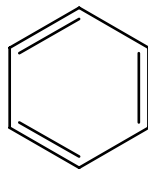
Reformage catalytique



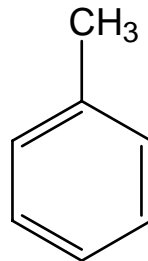
Le reformage catalytique

Définition : Le reformage catalytique a pour objectif de transformer les constituants naphténiques en constituants aromatiques à haut **indice d'octane** servant de base au mélange des essences. L'unité de reformage est constituée essentiellement d'une série de trois réacteurs contenant du catalyseur et un fractionnateur servant à séparer les différents produits à la sortie des réacteurs. Ce catalyseur (Pt sur Al_2O_3) est très sensible à la présence de produits sulfurés et azotés, aussi la charge de reformage doit être exempte de soufre, d'azote et de leurs dérivés.

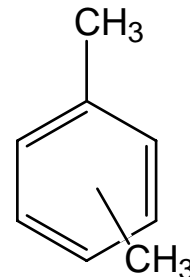
 Obtention d'hydrocarbures de type BTX



benzène



toluène

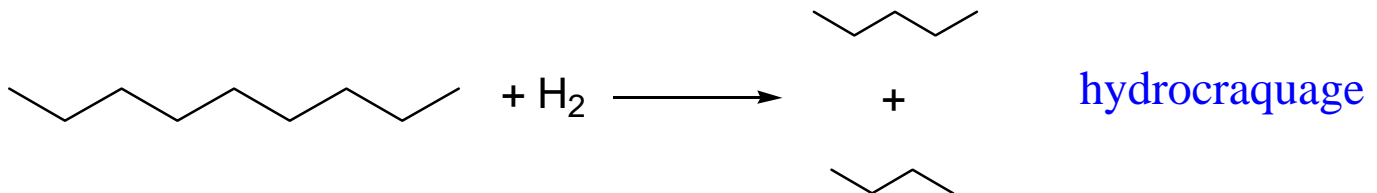
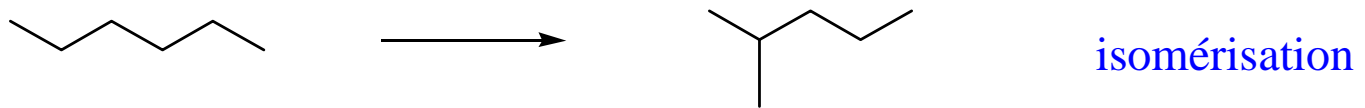
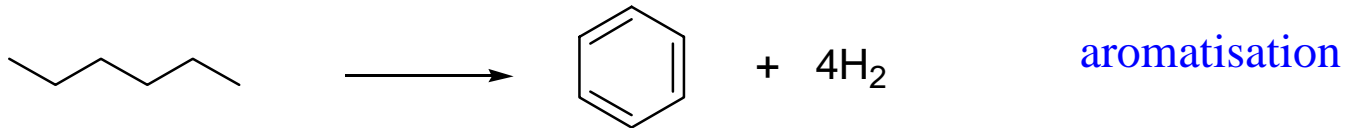
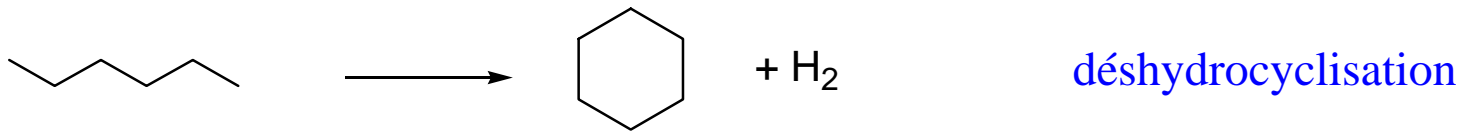


xylène

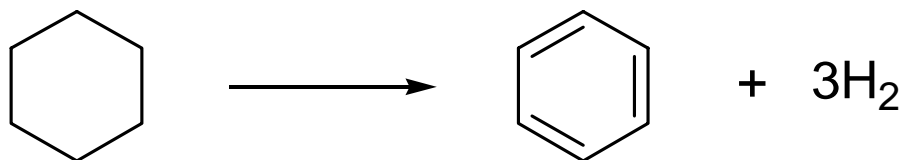
Le reformage

Les réactions mises en jeu :

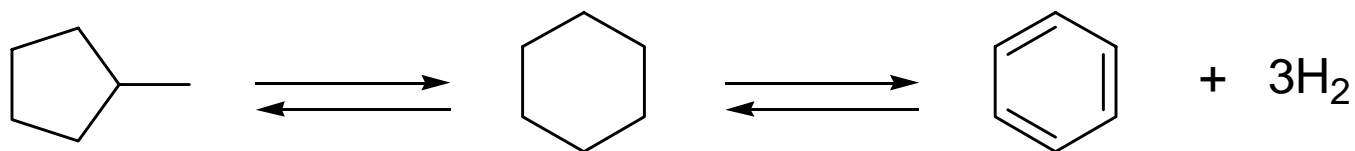
Réactions avec les paraffines



Réactions avec les naphtés

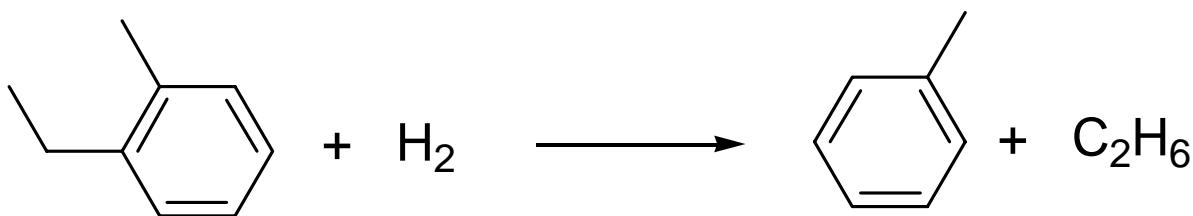


déshydrogénation

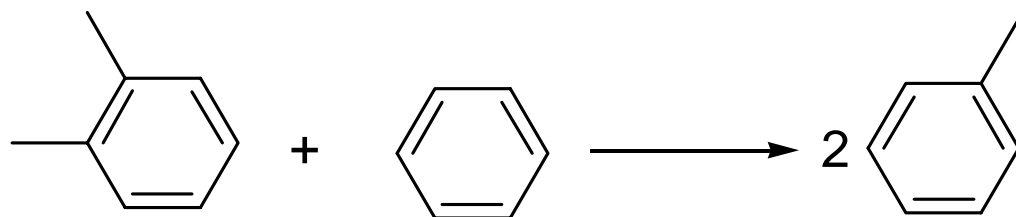


isomérisation

Réactions avec les aromatiques



hydrodésalkylation

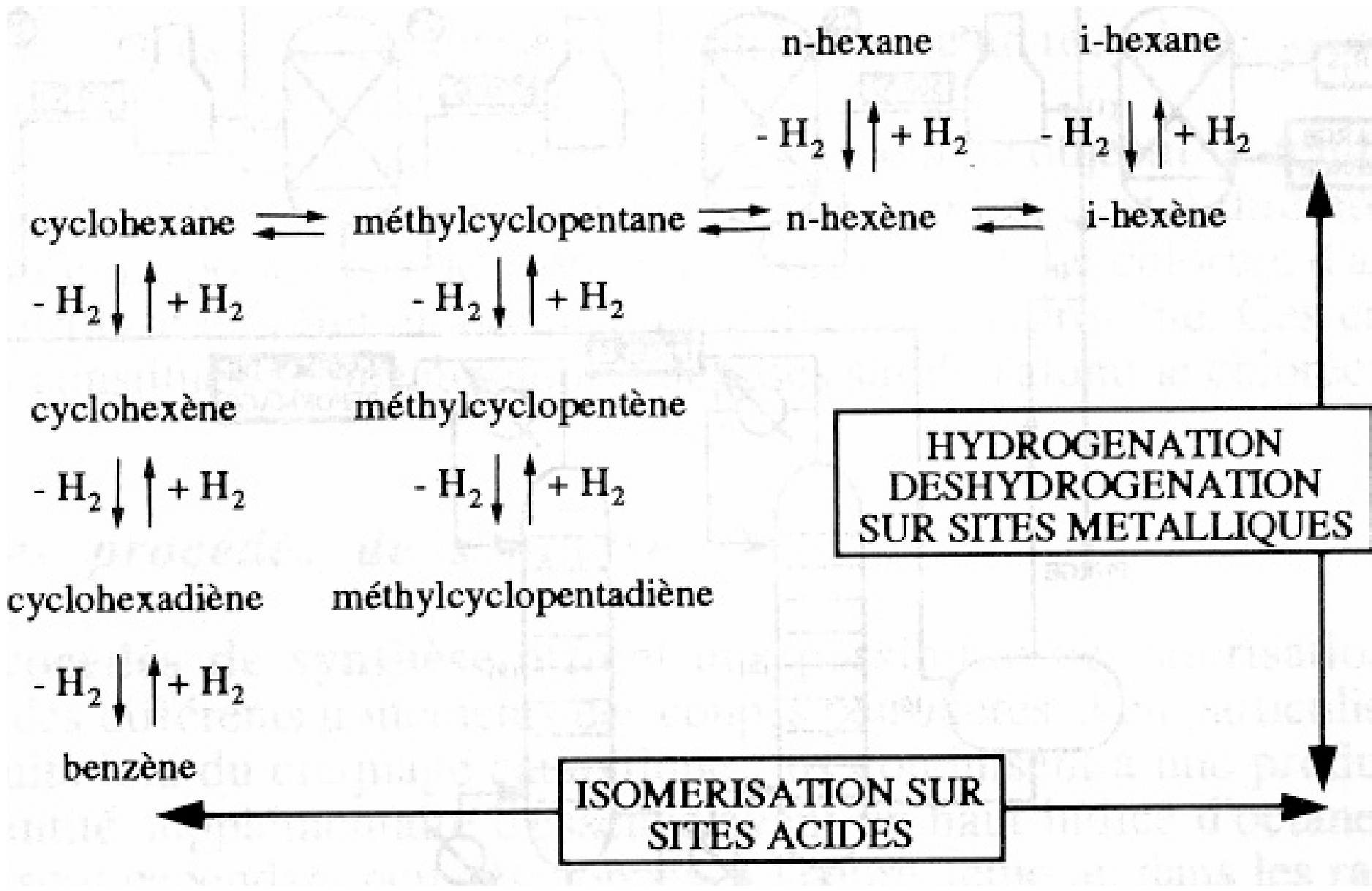


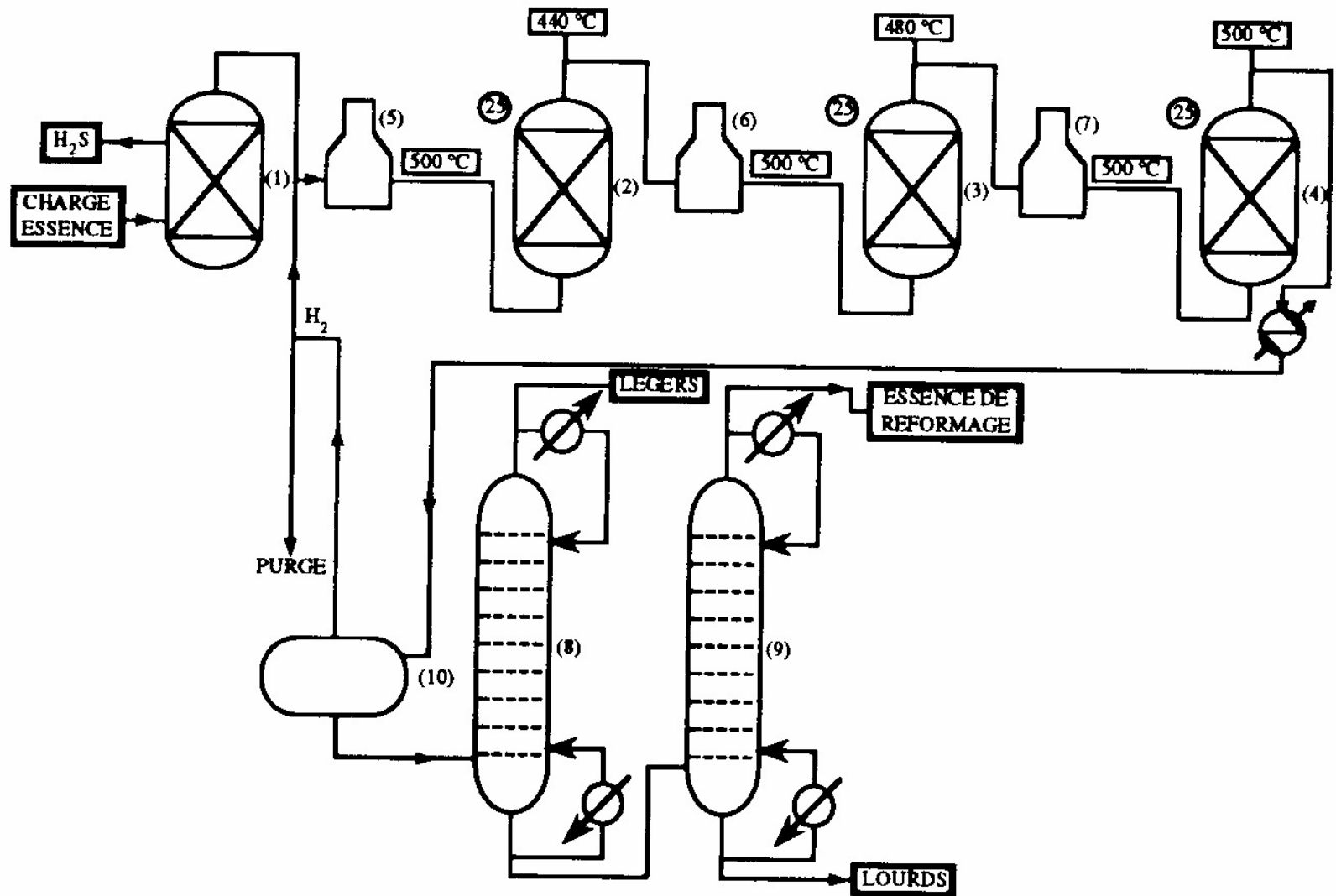
dismutation

Réaction	Kp 500 °C	$\Delta_r H_{773,15}^\circ$ (kJ/mol)
$C_6H_{12} \rightarrow C_6H_6 + 3 H_2$	$6 \cdot 10^5$	+ 221
méthylcyclopentane $\rightarrow C_6H_{12}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$	- 15,9
$n-C_6H_{14} \rightarrow C_6H_6 + 4 H_2$	$7,8 \cdot 10^4$	+ 266
$n-C_6H_{14} \rightarrow$ méthyl-2-pentane	1,1	- 5,9
$n-C_6H_{14} \rightarrow$ méthyl-3-pentane	$7,6 \cdot 10^{-1}$	- 4,6
$n-C_6H_{14} \rightarrow$ hexène-1 + H_2	$3,7 \cdot 10^{-2}$	+ 130

(C_6H_6 : benzène, C_6H_{12} : cyclohexane, $n-C_6H_{14}$: n-hexane)

Tableau 16 - Données thermodynamiques pour la conversion des hydrocarbures à 6 atomes de carbone.



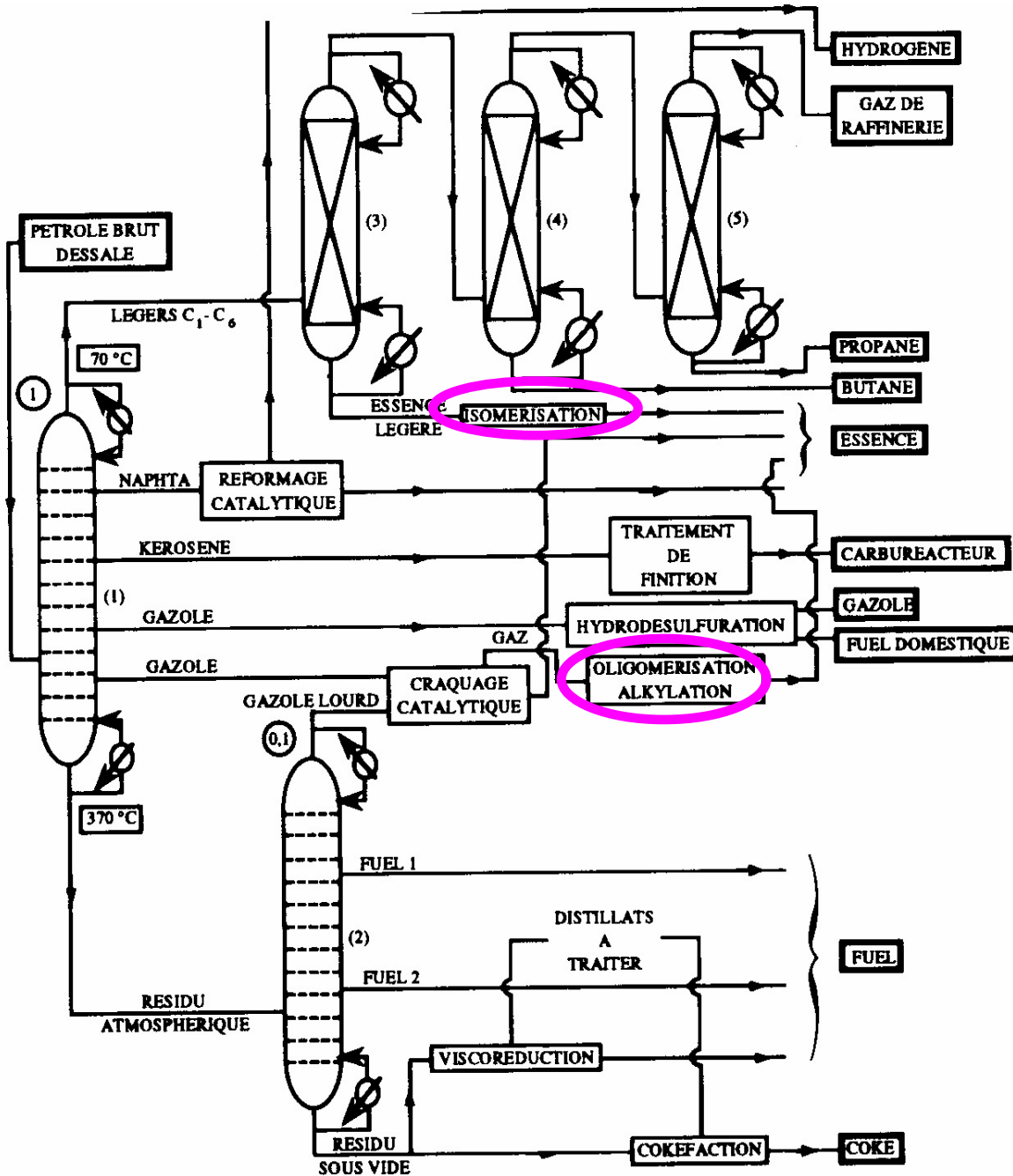


(1) : réacteur d'hydrosulfuration ; (2) (3) (4) : réacteur d'hydrogénation ; (5) (6) (7) : fours ;
 (8) (9) : colonnes de distillation ; (10) : séparateur gaz-liquide.

Figure 12 - Schéma du procédé de reformage.



Isomérisation oligomérisation



Isomérisation

L'isomérisation est une opération qui permet de transformer une paraffine linéaire en paraffine isomérisé dans le but d'augmenter son indice d'octane. La charge d'une unité d'isomérisation est le naphta léger (C5-C6). Le composé obtenu est désigné sous le nom d'*isomérisat* dans le jargon pétrolier, et qui entre dans la composition des essences.

Procédé de synthèse :

- Polymérisation

Le procédé correspond à une réaction d'oligomérisation. Il y a production de dimères afin d'obtenir des produits ayant des points d'ébullition compatibles avec ceux des coupes essences. Les produits formés sont des oléfines :

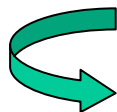
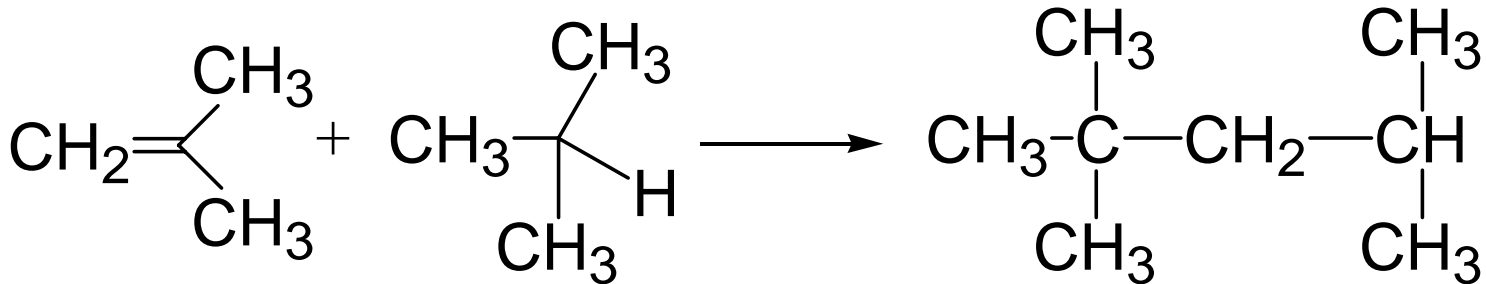
propène + propène → hexènes

propène + butènes → heptènes

butènes + butènes → octènes

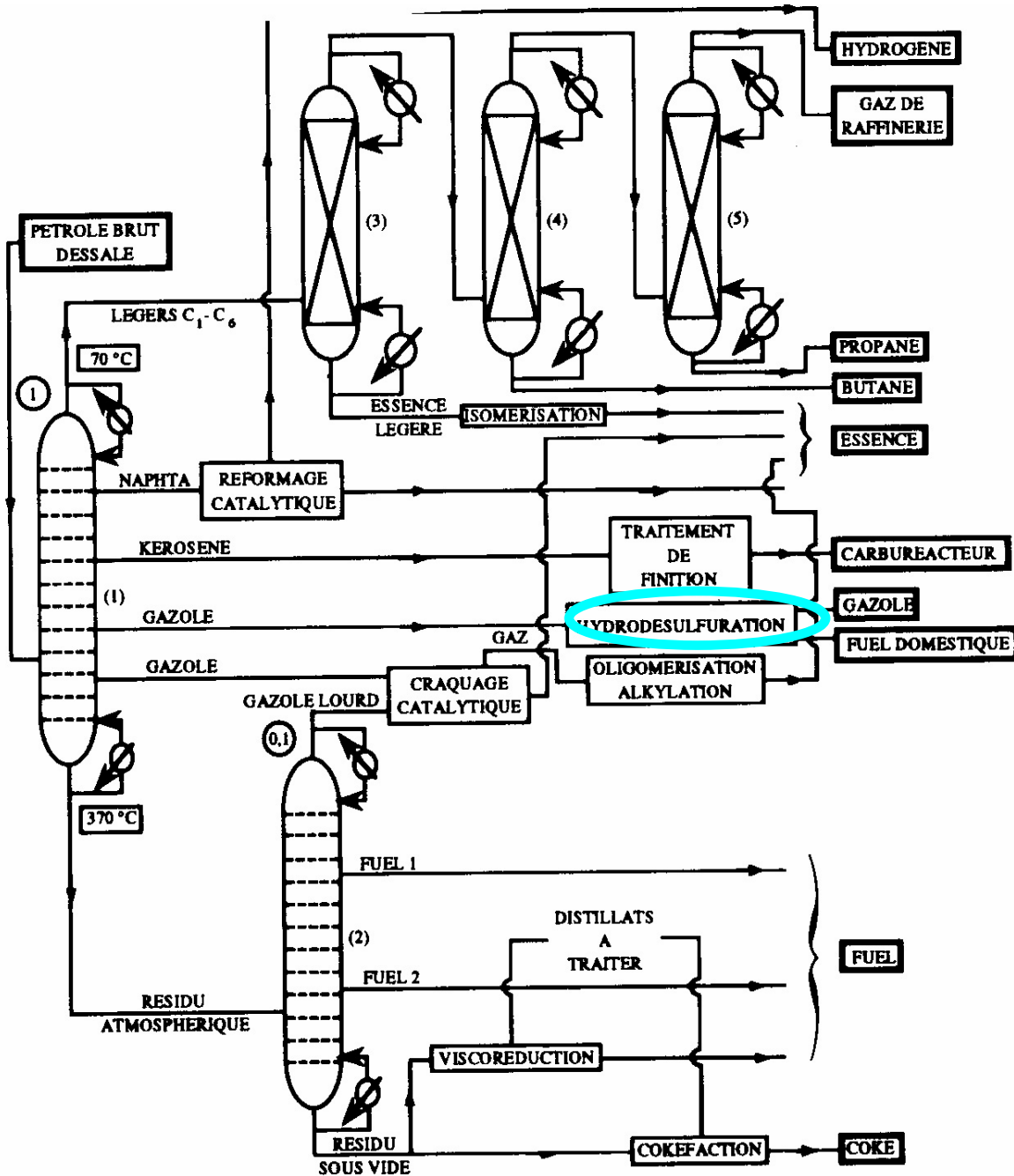
• Alkylation

L'alkylation est une opération qui fait la synthèse des paraffines ramifiés à partir de l'isobutane et d'oléfines légères pour avoir des composants de carburants à haut indice d'octane. C'est l'opération inverse d'un craquage. La réaction est faite en phase liquide en présence d'un catalyseur qui peut être de l'acide sulfurique (H_2SO_4) ou de l'acide fluorhydrique (HF).



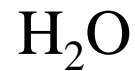
Traitement: Hydrodésulfuration

Traitement



Traitement : hydrodésulfurisation

Élimination du soufre, l'oxygène et l'azote.



définitions

définition

La **compression** et la **détente adiabatiques** sont des modèles thermodynamiques pour le comportement de fluides, notamment de gaz, soumis à des variations de pression.

Adiabatique signifie qu'il n'y a pas d'échange de chaleur entre le système et son milieu. Ainsi, si la température du système augmente ou diminue, celui-ci ne peut pas se mettre en équilibre thermique avec le milieu extérieur. Cette condition se réalise si : le système est isolé du milieu, par une enceinte adiabatique (parfois appelée bombe calorimétrique) ; la transformation est suffisamment rapide pour éviter les échanges de chaleur. En raison du premier principe de la thermodynamique ($\Delta U = W + Q$), l'énergie interne du système est conservée ; la variation d'énergie élastique se traduit donc par une variation de la température

lors d'une compression, la température augmente ; lors d'une détente, la température diminue.

Le point de rosée de l'air est la température à laquelle, tout en gardant inchangées les conditions barométriques courantes, l'air devient saturé de vapeur d'eau. Elle peut aussi être définie comme la température à laquelle la pression de vapeur serait égale à la pression de vapeur saturante.