

Tableau 1. Répartition des ingénieurs chimistes récemment diplômés.

Par secteur d'activité de l'entreprise	Chimie Recherche (O. publics)	34 % 9 %
	Autres secteurs industriels	46 %
	Autres	11 %
Par activité du poste	Chimie	42 %
	Domaines connexes à la chimie	20 %
	Autres domaines techniques	23 %
	Divers	15 %

Ce tableau montre que, si seulement un tiers des ingénieurs chimistes exercent leur activité dans l'industrie chimique au sens strict, les deux tiers environ font de la chimie, souvent dans des entreprises dont ce n'est pas la vocation principale.

Appréciation sur la formation

Ce chiffre est d'ailleurs corroboré par la façon dont les jeunes ingénieurs chimistes apprécient leur formation initiale : 78 % jugent en effet utiles des connaissances spécifiques d'ingénieurs chimistes, et à peu près autant estiment tout-à-fait exact que le diplôme d'ingénieur soit utile au niveau du recrutement.

Notons enfin qu'une forte proportion d'ingénieurs chimistes est constituée de femmes. Entre 1970 et 1975, la proportion a été de l'ordre de 10 %, et les dernières années semblent marquer une progression sensible (environ 20 % des diplômés en 1978 selon la dernière enquête FASFID).

Salaires et appréciation sur l'activité professionnelle

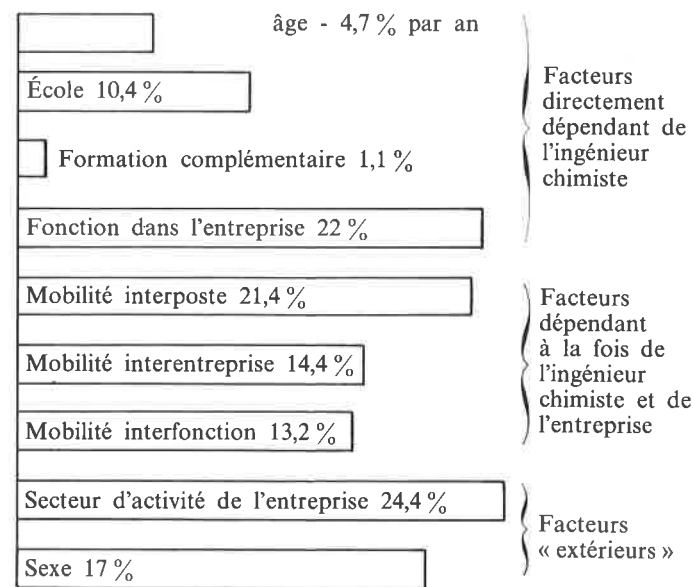
Si les salaires moyens des jeunes ingénieurs chimistes sont légèrement inférieurs à ceux des autres spécialités, cela semble lié à l'existence de deux particularités : le nombre plus grand d'ingénieurs effectuant des recherches dans des organismes publics, et la forte proportion de femmes.

Le salaire moyen d'un ingénieur chimiste de trente ans était en 1978 légèrement supérieur à 100 KF/an. Encore ce chiffre

moyen recouvre-t-il de fortes variations. On peut estimer, par exemple, que les diplômés des écoles les mieux cotées, ou ayant une formation doctorale solide se voient offrir des salaires équivalents à ceux des écoles sans spécialité dominante.

Le tableau 2 donne une indication (approchée, car les intercorrélations ne sont pas éliminées) des relations entre certains facteurs et le niveau de salaire. On remarquera le poids du facteur « mobilité ». Notons enfin qu'environ 87 % des ingénieurs chimistes déclarent être satisfaits de leur emploi actuel.

Tableau 2. Analyse des relations entre neuf facteurs et le niveau de salaire moyen des ingénieurs chimistes entre 25 et 35 ans.



Remarque importante : les pourcentages ne se cumulent pas. Source : Enquête CEFI.

Fabrication du méthanol.

La rétroconversion du gaz carbonique, filière d'avenir

par Y. Schwob *

(Conseiller scientifique ARMINES, École Nationale Supérieure des Mines, Paris).

Dès lors que le méthanol a été choisi par les Pouvoirs Publics pour faire face, partiellement, aux besoins de la traction automobile, il convient de se pencher sérieusement sur les filières les plus économiques pour sa fabrication à l'échelle souhaitée.

* M. Schwob a été Directeur des Produits Azotés (ex P.C.U.K.) de 1954 à 1966, puis de la Division organique de P.C.U.K. jusqu'en 1978. A ce titre, il a :

- construit et exploité une unité de méthanol (30 000 t) dans l'usine de Lannemezan,
- eu en charge la construction d'une unité de méthanol dans l'usine de Villers-Saint-Paul.

Les réflexions qui suivent ne concernent que la fabrication des mélanges gazeux nécessaires à la synthèse, cette dernière étant malheureusement quasi figée dans sa technologie. Sauf découverte non prévisible aujourd'hui, la synthèse du méthanol nécessite l'application d'une pression minimale de 50 bars sur un mélange proche de $\text{CO} + 2\text{H}_2$.

Les catalyseurs actuels acceptent quelques fractions de CO_2 de sorte que les mélanges industriels sont en fait constitués des gaz suivants : CO , CO_2 , H_2 .

Le rapport des compositions est suivi grâce au quotient suivant

(exprimé en moles ou en % volumes) :

$$\frac{H_2 - CO_2}{CO + CO_2} \geq 2$$

On ajuste, dans la pratique, ce rapport entre 2,1 et 2,2, pour tenir compte d'une méthanation éventuelle lors de la synthèse.

Il est exact que les séquences les plus variées sont imaginables pour la production d'un gaz de synthèse du méthanol. Citons quelques-unes d'entre-elles :

- reforming du gaz naturel,
- cracking à l'oxygène d'un hydrocarbure liquide ou gazeux,
- conversion de CO résiduaire d'un processus industriel (haut-fourneau, ammoniac, fours électrometallurgiques),
- rétroconversion de CO₂ par l'hydrogène ou un hydrocarbure.

Si toutes ces filières ont connu la sanction industrielle, la première reste la plus largement pratiquée.

Les raisons d'un choix sont évidemment d'ordre économique.

La réalité actuelle de la structure du prix de revient du méthanol est telle que le gaz de synthèse prêt à l'emploi ne doit pas coûter plus cher que sa valeur calorifique affectée d'un coefficient de 1,2. Ceci veut dire que l'on ne peut pas payer un tel gaz plus de 20 % de son prix de la calorie. C'est peu et cela explique pourquoi tant de gaz résiduaires, théoriquement valables pour une telle synthèse, sont aujourd'hui purement et simplement perdus.

Un exemple lumineux de ce gaspillage apparent est fourni par les millions de mètres cubes de CO dégagés par les fours électriques (carbure, ferro-alliages) et dont le coût de l'épuration ne justifie pas leur récupération.

Ces réalités doivent être retenues par les tenants de l'hypothétique filière du gazogène à bois, filière qui cumule toutes les difficultés de la préparation d'un gaz de synthèse.

Un élément supplémentaire d'appréciation apparaît dans le choix d'une filière : il s'agit de la nécessité de disposer de volumes suffisants sur un site pour alimenter une unité de l'ordre de 1 000 t/jour de méthanol, l'effet d'échelle étant malheureusement important dans cette industrie.

La rétroconversion du CO₂

Cette filière mérite peut-être une nouvelle attention, compte tenu de l'évolution future de certaines disponibilités gazeuses.

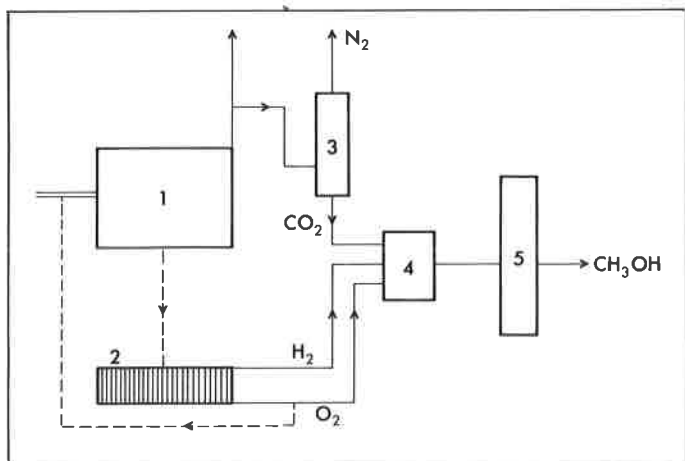


Schéma de fabrication du méthanol sur CO₂ d'une centrale thermique.

1. Centrale thermique, 2. Électrolyse, 3. Récupération CO₂, 4. Rétroconversion, 5. Synthèse du méthanol.

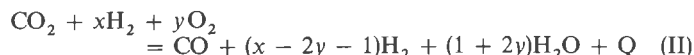
La réaction de base procède de l'équilibre bien connu de la conversion :



Les caractéristiques de cet équilibre sont telles que la réaction s'effectue, avec faible effet thermique, dans un sens ou dans l'autre, suivant le domaine thermique envisagé.

En dessous de 400 °C se produit la conversion du CO, au-dessus de 800 °C, la rétroconversion du CO₂. Dans le premier cas, un catalyseur est souhaitable pour accélérer la cinétique ; dans le deuxième, un garnissage inerte suffit. Dans les deux cas, les rendements sont quantitatifs.

Effectuée dans le sens de la rétroconversion, la réaction est faiblement endothermique et peut être couplée avec une combustion à l'oxygène d'une fraction de l'hydrogène, pour donner globalement la réaction autothermique suivante :



Deux conditions sont à remplir :

1. Q doit être faiblement positif,
 2. le rapport H₂/CO doit être ajustable aux environs de 2,1.
- Ces deux conditions conduisent aux équations suivantes :

$$1. 96 = 26 + (1 + 2y) \times 57$$

$$\text{soit } y = 0,11$$

$$2. \frac{x - 2y - 1}{1} = 2,1$$

$$\text{soit } x = 3,32.$$

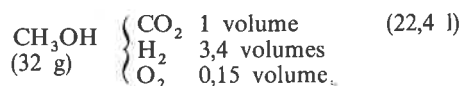
Nous arrivons donc à l'équation théorique suivante :



Dans la pratique, il faut compter environ 3,4 H₂ et 0,15 O₂ pour obtenir une exploitation autothermique facile.

Mises au mille pour le méthanol

L'équation (III), corrigée comme indiqué en observation, rapportée directement au méthanol, conduit aux mises au mille suivantes :



soit, pour 1 000 t de méthanol :

$$\begin{aligned} CO_2 &\approx 700\,000 \text{ Nm}^3 \\ H_2 &\approx 2\,400\,000 \text{ Nm}^3 \\ O_2 &\approx 90\,000 \text{ Nm}^3 \end{aligned}$$

La technologie de ce procédé ne posant aucun problème *, les deux questions qu'il faut se poser sont les suivantes :

1. Quel prix de revient peut-on espérer ?
2. Où peut-on trouver rassemblée une disponibilité suffisante pour les gaz nécessaires ?

Prix de revient matière

CO₂ : sa valeur est celle de son isolement à partir de mélanges résiduaires. Il est raisonnable de lui donner une valeur symbolique de l'ordre de 0,10 F/Nm³.

* Citons, pour mémoire, qu'il a été appliqué dans les années 1960, à l'échelle de 50 t/j de méthanol dans l'usine de Lannemezan de P.C.U.K. sur technologie Grande Paroisse.

H₂ : sa valeur calorifique, majorée de 20 %, donne, actuellement, un prix de l'ordre de 0,30 F/Nm³.

O₂ : équivaut environ à 1 kWh, soit 0,20 F/Nm³.

On obtient alors, pour le méthanol, un prix de revient matière de l'ordre de : 800 F par tonne.

Ce chiffre est dans la ligne des valeurs actuelles pour un gaz de synthèse ex-méthane.

Disponibilités

C'est le plus important problème de cette filière.

Si l'oxygène ne pose pas de difficulté majeure, il faut inventorier les sites où se trouvent rassemblés gaz carbonique et hydrogène en quantité suffisante.

Gaz carbonique

Dans l'ordre décroissant de concentration, on trouve du gaz carbonique résiduaire, en quantité importante, dans les industries suivantes :

- Synthèse d'ammoniac (95 %), disponibilité moyenne.
- Cimenteries (20/30 %), disponibilité importante.
- Centrales thermiques (10 %) disponibilité très importante.

L'extraction aux amines du gaz carbonique des gaz de queue des fours à ciment doit être considérée sérieusement. Elle ne poserait, sur les grosses unités actuelles, que peu de problèmes. Elle donnerait, en France, de nombreux sites possibles de récupération du carbone des calcaires traités. Il est facile de calculer qu'il y aura là de quoi faire des millions de tonnes de méthanol !

Hydrogène

Les disponibilités actuelles sont faibles. La seule, significative à notre connaissance, se trouve à Fos où une usine de 200 000 t de chlore ne valorise la totalité de son hydrogène fatal que pour ses besoins thermiques (cela représente tout de même 50 000 000 m³ !). Mais il n'a pas de CO₂ à proximité.

L'énergie nucléaire, en revanche, peut donner un nouvel élan aux disponibilités en hydrogène. La nécessité de trouver des moyens d'accumulation énergétique, pour absorber les kWh d'heures creuses, conduit naturellement à envisager un retour à l'électrolyse de l'eau.

Les prévisions actuelles du prix du kWh nucléaire en heures creuses conduisent à un prix de revient d'hydrogène électrolytique comparable, hors amortissements, à celui de l'hydrogène thermique.

Dans le cas où cette formule serait adoptée, la rétroconversion du CO₂ pour la synthèse du méthanol donnerait une filière facile, propre, économique.

Notons d'ailleurs que dans un programme aboutissant à la consommation d'hydrogène électrolytique, une première étape pourrait accepter, transitoirement, l'emploi de gaz naturel. La rétroconversion du CO₂ superposée dans un même réacteur au cracking du méthane à l'oxygène, constitue une bonne solution technique qui a également connu la sanction industrielle.

Ainsi, grâce à la filière de la rétroconversion du CO₂, un « programme Méthanol », ambitieux et réaliste, pourrait être bâti. Il conduirait à une solution sûre dans la voie de l'autonomie de notre Pays en matière de carburant de substitution.

Augmentation des salaires dans l'industrie chimique

L'Union des Industries Chimiques vient de décider une augmentation des salaires minimaux de la profession en portant la valeur du point à 23,0922 francs à partir du 1^{er} décembre 1981.

Elle a également recommandé aux entreprises, auxquelles leur situation économique le permet, de majorer, à partir du 1^{er} décembre 1981, la rémunération réelle de chacun de leurs salariés de 3,5 % par rapport au montant de celle-ci au 30 novembre 1981 (les entre-

prises pouvant imputer sur les majorations résultant de cette recommandation les hausses de caractère collectif effectuées postérieurement au 30 septembre 1981).

Ces mesures ont été prises compte tenu de la situation économique générale et de la dégradation qui s'est manifestée dans les résultats financiers de la plupart des entreprises chimiques.

Toutefois, dans le souci de tenir compte de la situation particulière des rémuné-

rations les plus faibles, l'U.I.C. a recommandé aux entreprises auxquelles leur situation économique le permet, de porter, à partir du 1^{er} décembre 1981, le montant de la rémunération minimale annuelle garantie à 42 000 francs, soit 3 500 francs par mois. L'application de cette recommandation entraîne une augmentation de la rémunération minimale annuelle garantie de 15,41 % par rapport à son niveau à la fin du mois de décembre 1980, augmentation supérieure à celle du coût de la vie estimée pour l'ensemble de l'année 1981.