

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 49 (1923)
Heft: 17

Artikel: L'exploitation du procédé de l'ammoniaque synthétique en Suisse
Autor: Jacques, R.-A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38242>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

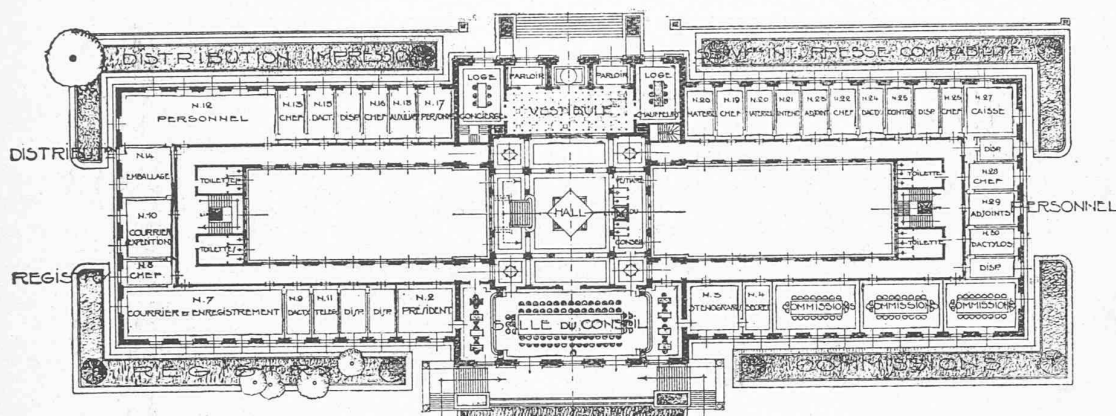
Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

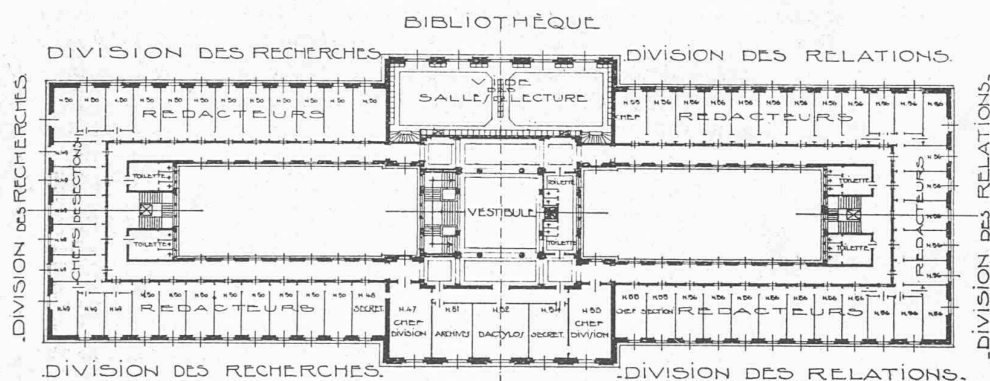
Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

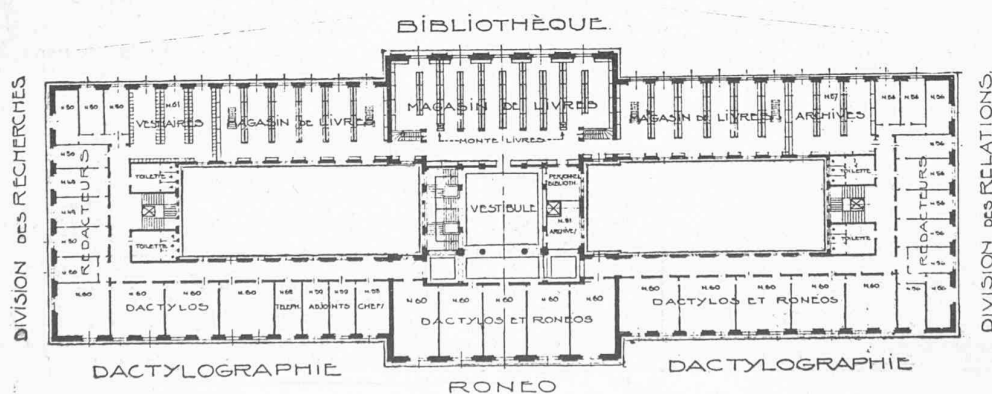
CONCOURS POUR L'ÉDIFICE DU BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL, A GENÈVE



Plan du rez-de-chaussée. — 1 : 800.



Plan du deuxième étage. — 1 : 800.



Plan du troisième étage. — 1 : 800.

Projet classé au deuxième rang, de M. Ch. Thévenaz.

L'exploitation du procédé de l'ammoniaque synthétique en Suisse

par R.-A. JAKES, ingénieur.

I

A l'instar de ses prédécesseurs, le procédé de fixation de l'azote sous forme d'ammoniaque par synthèse directe des éléments N_2 et H_2 a été le point de départ de nombreuses controverses. Si l'accord est fait maintenant au point de vue

de sa valeur en tant qu'application à la grande industrie chimique, c'est-à-dire de sa rentabilité commerciale, la discussion reste ouverte à propos de la méthode à mettre en œuvre; rien n'est plus intéressant, entre autres, que les péripéties de la lutte entre le procédé *Haber* et le procédé *Claude*.

Si l'on voulait s'abstenir d'aller au fond de la question, il suffirait de se laisser influencer, sinon convaincre, par le choix fait en France du procédé *Haber* pour les 75 000 tonnes/an de la Poudrerie de Toulouse. Je ne suis certainement pas le seul que ce choix aura surpris. Tous ceux qui ont pu suivre le développement du procédé *Claude* et qui savent avec quelle ténacité, avec quelle foi le distingué savant a persévéré dans la voie des hyperpressions se seront demandé pourquoi la France officielle fit élection du procédé allemand *Haber* contre le procédé français *Claude*.

Je n'ai pas à m'étendre ici sur les causes politiques (application du traité de Versailles) ou de haute finance qui ont pu faire pencher la balance du côté de la *Badische Anilin und Soda Fabrik*. Ce qui semble être le plus probable, en s'en tenant aux seules considérations techniques et commerciales, c'est que la préférence est allée — dans le cas particulier — au procédé de synthèse directe de l'ammoniaque le plus ancien comme fonctionnement industriel et surtout comme exploitation à grande échelle.

En se plaçant à ce seul point de vue, il va de soi qu'Oppau et ses 280 tonnes/jour, puis les Leunawerke Merseburg et leurs 800 tonnes/jour (le premier en marche depuis environ sept ans) devaient écraser de tout leur poids « Kolossal » les 5 tonnes/jour de la première unité industrielle de M. G. Claude!

Un des épouvantails, le seul même peut-être du procédé *Claude* s'appelle tout simplement : 1000 atmosphères!

Depuis 1890, l'industrie des gaz comprimés se sert de pressions de 150 atm.; Linde, en 1895, fait marcher à 200 atm. ses machines à air liquide et ce sont ces mêmes 200 atm. que

nous retrouvons à Oppau et à Merseburg, utilisées, il est vrai, sur une échelle formidable.

Du reste, les 200 atm. de la *Badische* furent longtemps matière à scepticisme; pratiquer en grand à une charge aussi forte pour l'époque parut irréalisable. On sait aujourd'hui comment Haber et le Dr Bosch donnèrent au monde entier la preuve que d'énormes installations peuvent parfaitement fonctionner à ce régime.

Mais des 200 atm. de la *Badische* aux 1000 atm. du procédé Claude, il y a une nouvelle marge ! Il y a surtout beaucoup de place pour des critiques à propos et hors de propos, jusqu'à de la crainte pour la sécurité du personnel en service autour de ces installations.

Utiliser en régime industriel constant des pressions voisines de celles qu'emploie l'artillerie prête en effet à réflexion !

Je reviendrai plus loin sur l'inanité des craintes que l'on pourrait avoir au sujet de la valeur du procédé Claude.

En Suisse où la fabrication de l'ammoniaque synthétique présente, si l'on s'y prend sans retard, de très grosses chances d'avenir, pour autant que l'on fasse un choix heureux du procédé à mettre en œuvre, l'importance de cette industrie se ferait tout spécialement sentir pour nos centrales dont elle serait un client sûr et un client à gros contrats.

Avant de passer à une étude préliminaire du prix de revient de la tonne d'ammoniaque, je rappellerai succinctement que le procédé de synthèse directe de l'ammoniaque comporte deux phases essentielles :

- a) préparation des gaz élémentaires ;
- b) combinaison des éléments dans des fours catalyseurs puis fixation de l'ammoniaque ainsi formée.

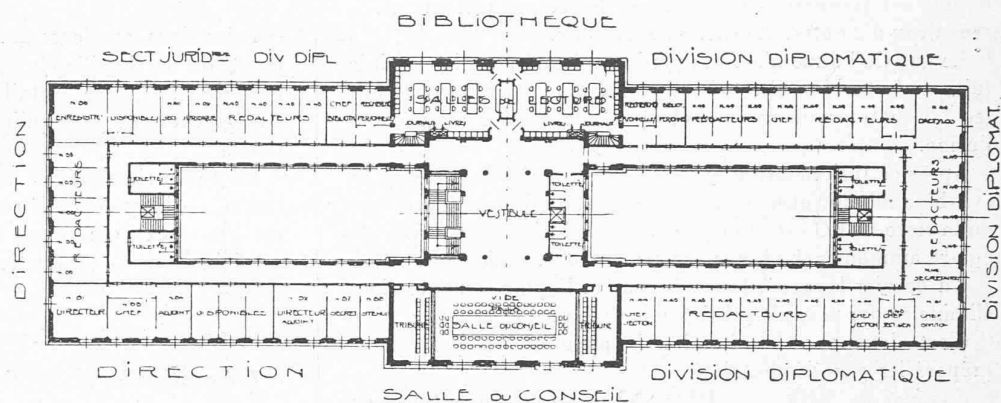
Un bref examen des deux procédés rivaux : Haber et Claude, permettra de comprendre et légitimera en quelque sorte le choix que j'ai fait du dernier d'entre eux pour le calcul de prix de revient qui clôt cet article.

II

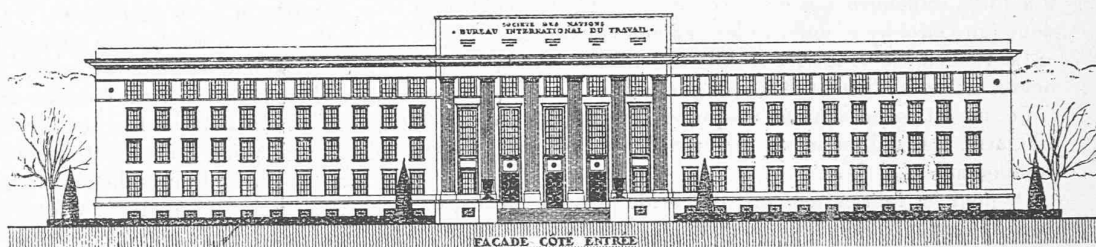
Procédé Haber.

Préparation des gaz. — Un mélange de gaz à l'air et de gaz à l'eau (environ 1 vol. de gaz à l'air et 2 vol. de gaz à l'eau)

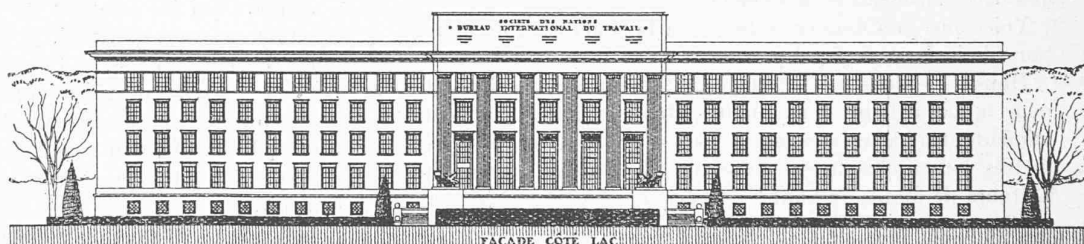
CONCOURS POUR L'ÉDIFICE DU BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL, A GENÈVE



Plan du premier étage. — 1 : 800.



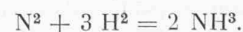
Echelle. — 1 : 800.



Echelle. — 1 : 800.

Projet classé au deuxième rang, de M. Ch. Thévenaz.

est traité de manière à obtenir finalement la proportion d'azote et d'hydrogène telle que



Additionné de vapeur d'eau, il est passé dans des fours catalyseurs ; on obtient :



Cette première réaction fournit le complément nécessaire d'hydrogène et transforme la presque totalité de CO en CO². Le mélange est ensuite porté à 25 atm. dans un des étages du compresseur principal ou par un compresseur spécial, chassé dans des tours d'épuration où CO² est enlevé par un contre-courant d'eau à 25 atm. aussi. (On compte 1 m³ d'eau pour 880 litres de mélange à 25 atm. — 22 m³ à la pression normale — ce qui permet de calculer l'énorme quantité de liquide nécessaire pour desservir un seul groupe d'épurateurs prévu pour traiter 40 000 m³ de mélange par jour, correspondant à 18 tonnes de gaz NH³.) Au sortir des tours à 25 atm., ce torrent

d'eau est dirigé sur une turbine Pelton accouplée à un moteur électrique de sorte que le 40 % environ de la force vive du liquide est récupéré pour actionner les centrifuges qui chassent l'eau à 25 atm. dans les mêmes tours.

Le gaz CO_2 dilué n'est pas perdu : collecté dans le canal de fuite de la turbine, il est emmagasiné dans un réservoir pour les fabrications de soude Solvay et de sulfate annexées à l'usine.

Après ce traitement, le mélange est amené à la pression de synthèse soit 200 atm., chassé dans un second jeu d'épurateurs où le reste de CO est absorbé par une solution de formiate de cuivre ammoniacal, circulant sous 200 atm. également.

Un dernier lavage à la soude, gaz et liquide sous pression, élimine ce qui pouvait subsister de CO_2 dans le mélange.

C'est donc avec ce formidable appareillage que l'on a préparé les gaz élémentaires.

Synthèse de NH_3 . — 3H_2 et N_2 ne se combinent pas en totalité lors de leur passage dans les fours de catalyse. A 200 atm. et à une température de réaction de 536° environ, 9 à 11 % seulement des gaz entrent en combinaison. Il faut donc faire circuler à nouveau les gaz non combinés.

Le rendement Haber, par kilo de matière active et par heure, est de 0,5500 à 0,5530 de gaz NH_3 .

Ce qui est formé d'ammoniaque est dissous par l'eau sous 200 atm. dans d'immenses tours d'absorption, en solution commerciale à 25 %.

Or pour les fabrications soit de l'acide nitrique par oxydation de l'ammoniaque, soit du sulfate d'ammoniaque par le gypse soit de la soude Solvay, il faut du gaz ammoniac ; on est obligé d'évaporer la solution aqueuse ce qui s'opère par une sorte de distillation fractionnée non sans absorber une quantité considérable de chaleur.

Voici quelques données relatives à la superusine de Merseburg de la B. A. S. F. :¹

Houille → Coke → 31 gazogènes (5 pour le gaz à l'eau, 26 pour le gaz à l'air). 2 soufflantes Root de 350 HP chacune alimentent la batterie de gazogènes. → 3 gazomètres de 45 000 mètres cubes chacun → adduction de vapeur d'eau dans 12 tours de 30 m. de haut → 48 échangeurs de température où l'eau est chauffée et pompée par 7 centrifuges de 70 HP chacune → 48 fours de contact pour l'oxydation de CO en CO_2 → lavage de CO_2 dans 30 tours de 20 m. de haut sous 25 atm. → absorption du CO restant dans 19 tours par le formiate sous 200 atm. → 6 tours pour élimination de CO_2 restant par la soude sous 200 atm. → 9 fours de contact épurateurs → 24 fours catalyseurs principaux avec 48 échangeurs de température → absorption de NH_3 formé dans 20 tours de 12 m. de haut → pompes de circulation à 200 atm. → pompes pour l'eau sous 200 atm. — Force motrice totale : environ 50 000 HP. Production 800 tonnes de NH_3 par jour.

...énorme, magnifique, mais très compliqué !

Aussi bien l'usine d'Oppau que celle de Merseburg possèdent leurs propres cokeries. La consommation de combustible pour la production du mélange gazeux est très voisine de 3000 kg. par tonne de NH_3 , celle de l'énergie motrice serait, comptée en électricité, de 2200 kWh fournis par le gaz des cokeries (Oppau, moteurs à gaz) ou par les chaudières chauffées au gaz (Merseburg, moteurs et turbines à vapeur).

Telles que nous les connaissons aujourd'hui, les usines Haber-Badische offrent un vif intérêt, quand on considère avec quelle minutie, avec quel acharnement tout germanique on y a pensé à l'utilisation des chaleurs réactionnelles et auxiliaires en multipliant les échangeurs de température, de l'éner-

gie mécanique, des sous-produits soit dans le cycle de l'ammoniaque soit dans les fabrications annexes de soude et de sulfate.

Prise dans son ensemble, c'est-à-dire depuis le déchargement de la houille jusqu'au chaix d'embarquement des produits finis, une installation de l'envergure d'Oppau ou de Merseburg ne peut qu'impressionner le plus blasé des visiteurs.

En toute sincérité, on doit s'incliner devant l'effort gigantesque — le qualificatif n'a rien d'exagéré — et devant les moyens mis en œuvre par l'Allemagne pour créer des centres aussi énormes de production d'ammoniaque.

Procédé Claude.

Préparation des gaz. — Il n'est plus question ici de traiter un mélange gazeux obtenu à grand renfort de combustibles minéraux. L'idée directrice du procédé Claude « complet » si elle ne s'éloigne pas de l'utilisation de ces mêmes combustibles en conçoit un autre traitement, de telle sorte que tout devient plus simple, plus facile à adapter à des conditions industrielles et économiques de fait.

Forte des excellents résultats acquis par elle dans le domaine de la distillation fractionnée des gaz liquéfiés, la Société *L'Air liquide*, qui exploite les brevets de M. G. Claude devait se diriger tout naturellement vers le traitement des gaz industriels riches en hydrogène. M. G. Claude commença à extraire l'hydrogène du gaz à l'eau ; ces travaux du début ne furent qu'une répétition en vue de la solution plus complexe au point de vue liquéfaction, mais bien plus rationnelle du gaz des fours à coke.

Aujourd'hui les colonnes de distillation sont au point et fonctionnent sans difficulté.

La conception de M. G. Claude a été d'extraire l'hydrogène par une méthode physique appropriée et de rendre à l'usine les autres gaz bien plus riches d'abord au point de vue calorifique. Il existe maintenant des appareils qui, outre l'hydrogène, livrent comme sous-produits le benzol et l'éthylène.

Cette conception conduit à des usines infiniment plus simples, parce qu'adaptables où que ce soit, près d'une cokerie ou d'une usine à gaz.

L'azote lui, est fourni par les appareils Claude répandus actuellement dans le monde entier.

Les deux gaz sont livrés à un degré de pureté que dans le procédé Haber, seule une formidable machinerie permet d'atteindre.

Synthèse de NH_3 . — Le mélange est pris par un hypercompresseur à huit étages. L'installation industrielle en fonctionnement à l'usine de la Grande Paroisse (près Montereau) comporte un appareil qui amène de 1 à 900 atm. 700 m^3 de mélange à l'heure avec une puissance de 300 HP, pour une production de 5 tonnes/jour. Le mélange passe dans 4 tubes catalyseurs placés dans un blockhaus en dehors de la salle des machines. En raison des aptitudes que confèrent les hautes pressions tant à l'épuration qu'à la combinaison, un simple tube de garde suffit avant les catalyseurs. Dans le procédé Claude, la combinaison quantitative totale des gaz élémentaires lors de leur passage sur la matière active n'est pas atteinte non plus.

Mais 40 % de ceux-ci se combinent par passage soit donc quatre fois plus que dans le procédé Haber ! Le rendement par kilo de matière active, catalysante, dépasse 5 kilos de NH_3 par heure. En outre les appareils de condensation et d'extraction sont réduits à leur plus simple expression puisque

¹ Telle qu'elle sera équipée définitivement pour la production maximum.

des serpentins refroidis par l'eau livrent l'ammoniaque liquide et anhydre avec 350 frigories par kilo.

Voyons les objections. La première est celle du surcroît de force motrice nécessaire pour atteindre 1000 atm. Il suffit de se rappeler que plus on monte en pression, moins il en coûte de monter. Si le procédé Haber n'exige pour 200 atm. que 76 % de la force requise par le procédé Claude pour 1000 atm., la dimension des appareils se réduit en faveur de ce dernier dans la proportion de 4 à 1, les frais d'installation de 2,5 à 1 pour une même production journalière.

Au point de vue sécurité, nous dirons que l'on peut, jusqu'à 11 000 atm. mettre assez de métal pour qu'elle soit normalement et très suffisamment assurée. M. G. Claude et des métallurgistes français (aciéries de Saint-Chamond) ont trouvé une composition d'acier qui résiste à l'action destructrice du gaz H^2 aux très hautes températures conséquentes aux hyperpressions.

Quant aux difficultés d'emploi, elles se résument en une seule question: l'étanchéité des joints. Or l'étanchéité des joints dépend bien plus de leur grandeur que de la pression qu'ils supportent! Aux hyperpressions, si formidablement réduit est le volume gazeux qu'un joint à 1000 atm., toutes choses égales, est plus facile à faire.

Je n'ai nullement l'intention d'ôter quoi que ce soit de son mérite au procédé Haber.

Mais ce qui est d'ores et déjà certain, c'est qu'en Suisse, il n'est pas possible de jeter son dévolu sur le procédé allemand.

Il m'est avis que si M. G. Claude a été péniblement impressionné — pour ne pas dire plus — par l'engouement marqué en France pour le procédé Haber, il sera satisfait dans un prochain avenir d'avoir gardé des vues modestes et de s'être fixé, dans le choix de ses appareils et des installations à de petites unités: 2, 5, 10 et 20 tonnes/jour. On reprochait au procédé Claude de n'avoir pas de références style colossal. Ce reproche va maintenant au procédé Haber sous cette forme: « A quelles énormités conduiraient de » petites « installations de ce système? » En effet, les Allemands ont visé tout de suite au grandiose; les installations de la *Badische* ont été conçues pour d'énormes productions; créées dans ce but déterminé par une soif d'accaparement du marché mondial de l'azote elles ne gardent leur valeur intrinsèque qu'à de grandes allures.

Or de pareils gouffres à combustible, un tel enchevêtrement de tours, d'épurateurs, de machines principales et accessoires aussi compliqués, aussi absorbants en personnel dirigeant qualifié et en main-d'œuvre spécialisée ne peuvent se multiplier à l'infini!

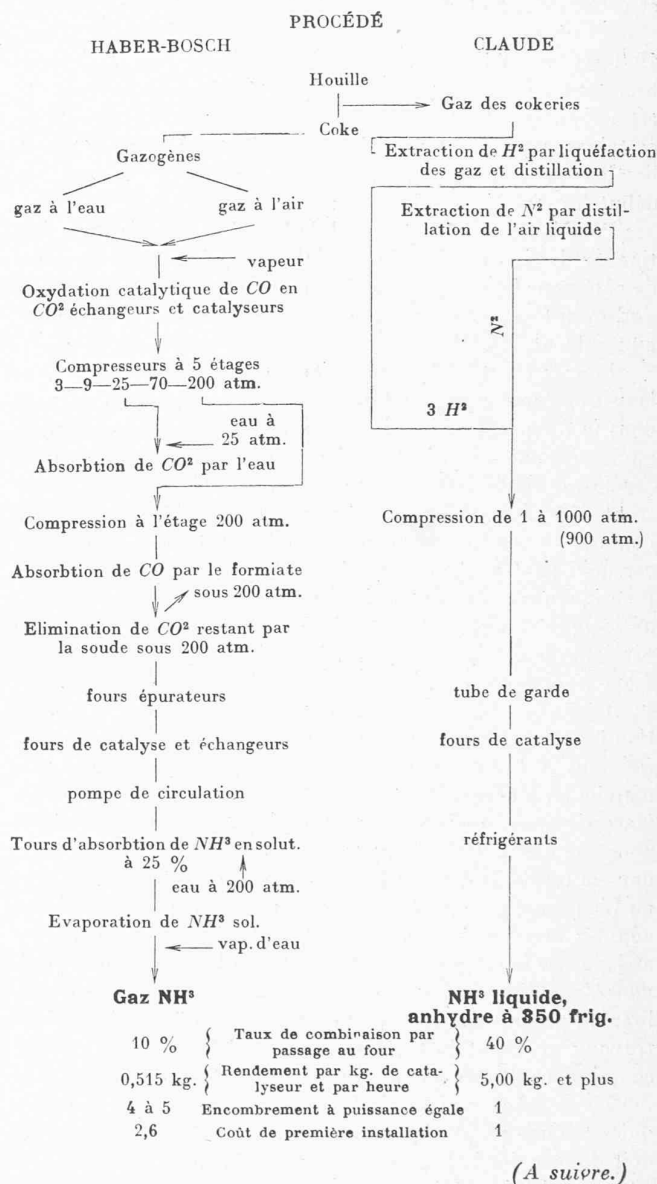
Il faut pour en justifier la mise sur pied être au bénéfice de conditions exceptionnelles dont en premier lieu l'abondance de combustibles minéraux, faciles à transporter et à bas prix.

L'avantage marquant du procédé Claude réside dans la sobriété de ses installations qui lui assure, pour de moyennes productions l'avantage de la diffusion là où l'on n'a que faire de 280 ou 800 tonnes/jour.

Cette possibilité de « décentralisation » si je puis m'exprimer ainsi, n'est pas sans offrir en Suisse particulièrement un intérêt primordial.

Pour terminer cette brève comparaison entre les deux procédés Haber et Claude, nous donnerons sous forme de schéma un résumé des installations requises par chacun d'eux.

Schéma comparatif Haber-Claude:



Le Rhône et son utilisation.

Dans le volume II de 1923 des *Annales des Ponts et Chaussées* M. Denizet, inspecteur général des Ponts et Chaussées soumet à une critique pénétrante le principe de l'« aménagement intégral » du Rhône, posé par la loi du 27 mai 1921. « La formule de l'aménagement intégral (au triple point de vue de la navigation, des forces motrices et de l'irrigation, par l'organe d'une Société nationale au capital de 3 milliards de francs) dit M. Denizet, satisfait complètement notre esprit de logique et notre tendance à la symétrie, en même temps que le groupement de tous les intéressés dans la grande Société chargée de tirer le meilleur parti du Rhône résout par avance toutes les compétitions et toutes les jalousies qui commençaient à se faire jour. Mais, sera-t-il possible de réaliser pratiquement dans son intégralité le beau programme qu'on s'est donné et qui n'est encore appuyé que sur des études sommaires ? »

En vue de répondre à cette question, M. Denizet analyse les conditions souvent contradictoires auxquelles il faudrait