

L'ÉLECTRICITÉ

La forme la plus pratique de transporter de l'énergie est de le faire sous la forme d'électricité. En effet, l'infrastructure est simple et les frais d'exploitation des lignes réduits dans ce pays où les routes et les voies ferrées sont peu nombreuses, les cours d'eau navigables presque inexistantes. Le risque de rupture par les tremblements de terre est de plus beaucoup moins à craindre que pour les pipe-lines.

Au début, il existait un très grand nombre de petites sociétés de distribution, toutes privées. Actuellement, deux sociétés nationalisées se partagent la distribution de 80 % de l'électricité. Ce sont la COMPANIA NACIONAL DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO et la COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD qui est la plus grande entreprise du Mexique. On tend d'ailleurs vers une société unique, la C.F.E., du type E.D.F., mais où l'état ne détient que la moitié des actions. La réunion des deux grandes entreprises se fera dans un avenir proche. Un accord est en train de se conclure entre les directions et le syndicat des ouvriers de la C.N.L.F.C. seul opposant à ce projet.

Nous étudierons donc successivement tout ce qui concerne la production et la distribution de l'électricité dans tout le Mexique.

I - PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

a - Ce qui existe actuellement.

Nous ne sommes pas au Mexique en présence d'un réseau unique comme c'est le cas en France. La possibilité pour quiconque d'obtenir une concession a permis la multiplication de petites unités desservant une ville ou un village. Cependant, il existe 10 grands réseaux constitués par l'interconnexion, le rachat ou la nationalisation de tous les moyens électriques d'une région donnée. Seul celui de Mexico créé par la COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO fait exception.

Pour cela, il semble nécessaire de situer les principaux réseaux électriques (appelés systèmes au Mexique) et de donner certains chiffres permettant de montrer leur importance relative.

Géographiquement parlant, il existe trois zones :

- le nord comportant 4 systèmes principaux avec 1.234 MW installés.

- le centre avec 2 systèmes et 2.047 MW installés comprend le plus grand réseau, celui de MEXICO.

- le sud-est constitué par le réseau PUEBLA VERACRUZ d'une puissance totale installée de 472 MW et par de nombreux petits réseaux comme celui du YUCATAN, à ACAPULCO de l'isthme de TEFUANTEPEC, etc.

Soit en résumé pour les 10 réseaux principaux :

	Puissance installée	Augmentation annuelle
<u>Nord</u>	---	---
FALCON MONTERREY	474 MW	14,5 %
SORECON CHIHUAHUA	281 MW	5,9 %
SONORA SINCLOA	265 MW	18,5 %
TIJUANA MEXICALI	225 MW	7,6 %
CIUDAD JUAREZ	49 MW	6, - %

Centre

MICHOACAN - CHIAPALA - GUANAJUATO	389 MW	10,6 %
SYSTEME CENTRAL	1.658 MW	7,6 %

Sud-Est

PUEBLA - VERACRUZ	472 MW	13,7 %
YUCATAN	41 MW	10,8 %
ACAPULCO	53 MW	11, - %

TOTAL 3.907 MW Moy. 9,8 %

En plus, nous avons 6,9 % de la puissance installée en petits réseaux comme ceux de LA PAZ (B.C.), MAZATLAN, CAMPECHE, TUTANCO, ZACATECAS, etc, qui sont encore indépendants mais vont peu à peu être intégrés. D'autre part, l'industrie fournit 884 MW pour son propre usage.

On remarque cependant que si l'on considère les données des 5 dernières années, l'augmentation moyenne annuelle des besoins est de 9,6 % pour l'ensemble des réseaux. Les études de marché ont montré d'autre part que pendant les 5 prochaines années l'augmentation de la production doit être de 70 % ce qui fait passer la demande de 2.665 MW à 4.083 MW en 1969. Il faut donc d'ici très peu de temps construire de nouvelles usines.

b - Nouvelles usines

D'après le chapitre sur les énergies disponibles au Mexique, nous avons vu que les réserves en houille blanche ou noire étaient énormes. D'autre part, il existe de grands gisements de gaz. C'est donc de ce côté que vont se porter les efforts de la C.F.E. qui est chargée de coordonner et de diriger tous les investissements destinés à la construction et à la distribution électrique dans tout le pays.

II - TRANSMISSION DE L'ENERGIE

Nous nous heurtons ici à l'une des plus grandes difficultés à résoudre au Mexique. Tous les réseaux existants actuellement sont de types, voltages et même de fréquences différents. De très vieilles habitudes prises lors de la création des petits réseaux de distribution desservant quelques agglomérations jouent : les industriels voient d'un assez mauvais oeil le changement à peu près total de leurs installations.

Le problème qui se pose ici est donc l'unification de tous les réseaux de façon à rendre leur interconnexion possible. Nous allons examiner brièvement les problèmes principaux.

a - Unification des tensions

Ce problème est peut être le moins important. Actuellement les tensions des lignes haute tension sont de 110 KV, 150 KV, 168 KV, 220 KV. Bientôt tous les axes principaux seront équipés en 380-400 KV. Ces tensions bizarres se reflètent d'ailleurs dans la distribution à l'échelle domestique où il existe un réseau de distribution de 168 V.

b - Unification des fréquences

C'est peut être le problème le plus important qu'ait à résoudre le Mexique. La zone centrale fonctionne à la fréquence 50 HZ, le reste du pays à 60 HZ. Mais, le système central est le plus important.

Cette unification permettra d'interconnecter les systèmes du sud-est au système central, jetant ainsi la base du système interconnecté national.

Les études faites en grande partie par SOFRELEC (France) ont montré qu'il était plus simple de tout unifier à 60 HZ car cela revient simplement pour les générateurs à changer les poulies, le refroidissement des appareils étant normal. Dans l'autre cas, il aurait fallu changer toutes les installations.

Cependant, cette interconnexion avec changement de fréquence va plus loin que la simple ambition de la meilleure utilisation de tous les moyens énergétiques car elle va avoir de grandes répercussions économiques sur les utilisations. On pourra ainsi normaliser un grand nombre d'appareils sensibles à la fréquence et en baisser le prix, ceux actuellement construits étant en fait faits pour fonctionner sous 50 et 60 HZ.

Si on compare les résultats que l'on obtiendra par l'unification des fréquences avec ceux que l'on obtiendrait en laissant les systèmes se développer de façon indépendante ou reliés par des convertisseurs de fréquence, les économies totales, c'est-à-dire pour le secteur électrique et les usagers, compensent dans de brefs délais les investissements consentis pour cette unification.

Un tel programme exige que tout soit extrêmement bien coordonné, aussi bien du point de vue des investissements que de celui de la réalisation. Ce travail énorme est réalisé par la COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, entreprise de service public décentralisée, c'est-à-dire dont la moitié des capitaux sont d'origine privée. Créée par le Gouvernement Mexicain en 1934, elle se doit d'organiser et diriger le système national de génération, transmission et distribution d'énergie électrique.

La C.F.E. est dotée d'un matériel moderne, de départements techniques et administratifs qualifiés. Cependant, il lui arrive de demander des conseils à d'autres pays. La France, grâce à l'E.D.F. et à ses industries électriques est l'un de ses principaux conseillers.

La grande importance donnée par le Gouvernement mexicain au problème de l'électricité justifie les moyens mis en oeuvre pour accomplir cette tâche énorme, à peine esquissée dans ces quelques lignes. Le rôle des grandes puissances est d'aider ce pays ambitieux à réaliser ce plan qui lui permettra d'entrer dans le concert des pays industriels.

H. WINTER

L'INDUSTRIE SUCRIERE AU MEXIQUE

Il est indéniable que le degré de civilisation des nations se mesure par le volume de leur consommation de certains de leurs produits de base, parmi lesquels le sucre se trouve en bonne place.

Les dirigeants mexicains attachent une importance particulière au développement et la modernisation de cette industrie traditionnelle. C'est pourquoi l'étude de cette industrie nous a semblé intéressante pour caractériser la position économique actuelle du Mexique dans le monde.

1 - LA PRODUCTION SUCRIERE -

Dans son dernier discours d'information, Monsieur le Président DIAZ VIALA situe la place du sucre dans la production agricole.

" La population de notre pays est constituée pour 55 % par des cultivateurs. Dans la présente année 14.700.000 ha ont été cultivés et les 75 principaux produits obtenus représentent une recette estimée à 27 milliards de pesos.

" LE maïs fournit la plus grosse part - 53 % de la superficie totale cultivée - suivant dans l'ordre :

o le coton =	3.942 millions de pesos
o les fruits =	1.524
o le sucre =	1.376
o les haricots =	1.264
o le café =	1.169

- En 1964, 70 sucreries étaient en exploitation au Mexique se répartissant de la façon suivante :

- 23 dans l'Etat de VERA CRUZ qui représente à lui seul une production de 800.000 tonnes, soit 45 %

- 11 dans l'Etat de JALISCO

- viennent ensuite les Etats de TABASCO, MICHOACAN, SINALOA qui correspondent à un total de 16 usines

La reste est réparti entre les Etats de CAMPECHE, COLIMA, OAXACA, MORELOS, NAYARIT, OAXACA, PUEBLA, SANLUIS POTOSI, TAMAULIPAS, YUCATAN.

- Le sucre produit au Mexique est de 3 qualités principales :

- 1) sucre cristallisé raffiné
- 2) Sucre cristallisé standard blanc qui correspond au sucre Blanc n° 3 qui sort de nos sucreries françaises
- 3) Sucre dit "mascabado" que nous connaissons chez nous, sous le nom de sucre brut de sucre roux

- chacune de ces qualités est définie par certaines caractéristiques qui sont les suivantes :

- 1) teneur en sucre %
- 2) couleur
- 3) teneur en cendres %
- 4) humidité finale

Le prix de vente est défini chaque année pour ces différentes qualités, avec pénalités dans le cas où, pour une qualité donnée les normes nécessaires ne sont pas intégralement respectées.

Le sucre produit provient uniquement de la canne ; on a en effet constaté que la culture de la betterave, quand elle est possible (sol - humidité) fournit un végétal trop riche en cellulose dure et de là impossible à raper

II - PROBLEMES PARTICULIERS DU MEXIQUE -

A. CULTURE -

Les problèmes de culture proprement dite sont les suivants

- Rendement peu élevé de la production de canne par ha
- Faible rendement en sucre des cannes cultivées
- Parcelles de terre réduites qui ne permettent pas d'assurer des recettes suffisantes pour améliorer le niveau de vie du cultivateur
- Enfin la plus grande partie des terres n'est pas cultivée

Un certain nombre de remèdes sont actuellement en application ou en étude :

- 1°) Un appui financier afin de réaliser des travaux d'irrigation de petite et de moyenne importance, qui assureront des récoltes plus intéressantes et augmenteront les rendements.
- 2°) L'action de l'institut pour l'amélioration de la production du sucre dans le but d'obtenir de nouvelles variétés de cannes, de contrôler l'irrigation et la coupe de la canne, un meilleur emploi des engrais, et l'application d'une technique agricole plus poussée, afin d'augmenter la productivité. En un mot, chercher à ce que la production de la canne soit intensive et non extensive
- 3°) Mécanisation des travaux des champs jusqu'à un point raisonnable afin d'arriver à un meilleur rendement dans les cultures et à une réduction des frais.
- 4°) Financement pour la construction de chemins vicinaux qui permettent un transport de la canne plus rapide et plus économique.
- 5°) Etude du regroupement des terres communales afin d'arriver à des surfaces d'importances adéquates.
- 6°) Construction d'écoles techniques pour la formation de techniciens dans la culture de canne.

- 7°) Organisation de cours pratiques pour les cultivateurs, sur les meilleurs procédés à employer pour la production de la canne à sucre

B - FABRICATION

Nous abordons ici les problèmes dus à la transformation de la canne obtenue

Dans de nombreuses usines, le coût de fabrication du sucre est très élevé du fait qu'elles sont mal placées par rapport aux zones de culture, et qu'elles possèdent un équipement vétuste qui ne leur permet pas d'augmenter leur production afin de réaliser une opération plus économique. Il est également nécessaire de faciliter la préparation technique du personnel pour augmenter la productivité

Un appui financier est apporté pour moderniser l'équipement ou, lorsque c'est possible, pour opérer la fusion de certaines usines ou les changer de lieu, afin d'augmenter au maximum leurs capacités, et leur donner la possibilité de se développer et de réaliser des productions rentables.

Beaucoup de sucreries mexicaines travaillent avec une extraction à la sortie de l'installation de broyage inférieure à 90 % du sucre entré alors que les moyens modernes permettent facilement d'atteindre 92 % si ce n'est 94 %. Les pertes totales en sucre qui représentent la différence entre le sucre existant dans la canne à l'entrée à l'usine et celui mis en sac à la sortie, sont fréquemment supérieures à 4 %.

C'est le cas de la sucrerie de SAN CRISTOBAL, dans l'Etat de VERA CRUZ. Bien que détenant le record du monde, depuis le 10 Février 1962, pour la quantité de cannes broyées en 24 h, avec 17.335 tonnes, elle ne répond absolument pas aux exigences d'implantation et d'exploitation modernes. Il faut aller chercher la canne jusqu'à 150 kms à la ronde, avec des moyens de transports défectueux première cause de perte en sucre. Par ailleurs vétusté de l'usine accroît encore cette perte.

Les responsables de l'industrie sucrière sont nettement conscients de ces problèmes. Dans les dernières années, ils ont opéré la transplantation et la modernisation de quelques usines, et assuré le financement de 4 installations nouvelles, à savoir :

- CIUDAD VALLES prévue pour une capacité journalière de 5.000 T de canne - fournie par des Allemands
- TENOSIQUE 1.500 T capacité journalière, la construction est en cours la fourniture est assurée par les Hollandais
- Enfin les sucreries de TUXTEPEC (4.000 T capacité journalière) et IBERICA (1.500 T capacité journalière) commandées l'année dernière à des constructeurs français

III - EXPLOITATION

Le Mexique comme de nombreux pays qui ont développé récemment leur industrie sucrière, se heurte à des problèmes d'exportation :

- 1 CUBA - L'Etablissement d'un régime socialiste à Cuba, et la décision des responsables de ce régime de diminuer l'importance de la culture de la canne, et de la production de sucre, afin d'obtenir une économie plus diversifiée donc plus élastique, a provoqué dans les dernières années une chute de la production sucrière importante, Cuba dont les possibilités pour 1965 avaient été chiffrées à 8 millions de tonnes environ, n'a produit que 3 1/2 millions en 1964, et a annoncé 6 millions pour 1965 avant la coupe, qu'il est plus sage de ramener à 5 millions de Tonnes de sucre effectifs après fabrication. Cette chute de la production, jointe à la suppression des importations en provenance de CUBA qui fut décidée par les ETATS UNIS, a donc créé de leur part une demande nouvelle excessivement importante, qui a provoqué une élévation aussi durable du prix mondial du sucre. De ce fait, dans les 5 dernières années de nombreux pays, aussi bien en Amérique, en Afrique, ou Moyen-Orient, qu'en Europe, qu'ils soient producteurs de betteraves ou de cannes ont cherché à développer leur production sucrière de façon à pouvoir profiter des conditions exceptionnelles d'exportation qui leur étaient offertes. Mais des pays comme l'U.R.S.S., qui pour sauver l'équilibre économique de CUBA ou tout au moins l'améliorer, n'avaient pas hésité à acheter la quasi totalité de la production disponible, commencent à écouler sur le marché tous les stocks qu'ils ont ainsi réalisés ; de ce fait, le prix mondial du sucre connaît depuis 18 mois une chute importante et pour le moins inquiétante.

La période euphorique étant passée, et la consommation interne des pays en voie de développement n'ayant pas suivi la hausse énorme de la production, il s'en suit une crise passagère, car il n'est plus possible d'exporter le sucre à des conditions aussi avantageuses, et certains de ces pays ont donc décidé d'attendre pour continuer à se moderniser et à s'équiper que la consommation intérieure augmente, afin d'écouler de façon satisfaisante les excédents

C'est sans doute le cas du Mexique dont les exportations se font avant tout vers les Etats Unis, mais également vers le marché mondial, les deux posent un problème.

Pour les Etats Unis, chaque année est défini par ces derniers un quota de base, de plus la loi sur le sucre des Etats Unis prévoit un impôt croissant sur les importations, qui bien qu'il ne soit pas appliqué dans les conditions actuelles, constitue un motif de préoccupation

En ce qui concerne le marché mondial, comme nous l'avons expliqué plus haut, les prix supérieurs à ceux du marché américain qui furent enregistrés dans les dernières années et qui étaient dû à un déficit de la production mondiale, se sont effondrés et ne permettent plus d'envisager une opération largement rentable dans l'avenir.

Pour remédier à cet état de chose, les autorités mexicaines sont intervenues auprès des Etats Unis, pour faire supprimer cet impôt et rendre rentable l'opération d'exportation vers les U.S.A., en particulier afin d'obtenir du congrès américain un quota constant et défini à l'avance, et non pas variable chaque année en fonction des désirs de ces derniers ; on a parlé d'un tonnage de 500.000 T par an sur 5 ans.

- - - - -

Si le Mexique arrivait à convaincre ses voisins du Nord, qu'il pourrait tout au moins partiellement, remplacer CUBA dans la fourniture du sucre, il n'y a pas de doute qu'il pourrait alors envisager avec plus de sérénité un développement constant et planifié de l'industrie sucrière, base solide de l'agriculture du pays.

Il est intéressant de penser que notre pays, berceau de l'industrie sucrière de betteraves au siècle dernier initiateur du développement de sucreries de cannes dans ses anciennes colonies, premier pays producteur de sucre d'Europe Occidentale, peut participer à cette modernisation et à ce développement d'une part en mettant sa longue expérience au service de l'industrie Mexicaine par l'intermédiaire de ses ingénieurs et de ses constructeurs de matériel de sucrerie, d'autre part en lui facilitant l'achat de ses équipements par l'octroi de prêts financiers à long terme, ou par l'achat, en compensation de certains produits excédentaires, et dont la FRANCE est déficitaire.

L'INDUSTRIE LOURDE AU MEXIQUE

Comme dans les autres pays, l'industrie sidérurgique est apparue au Mexique au début du siècle, mais elle n'a pratiquement pas évolué pendant les cinquante premières années. Puis après 1950, les nécessités du monde moderne conduisirent à développer l'exploitation des ressources naturelles du pays, et l'industrie sidérurgique se développa rapidement avec l'implantation de plusieurs usines importantes.

En dehors des besoins nationaux, le Mexique trouve un débouché à sa production d'acier et dérivés vers les Etats-Unis, et surtout vers les pays d'Amérique Latine, avec le concours desquels a été créé un organisme comparable au Marché commun européen : l'ALAC (Association Latinoamericana de Libre Comercio).

Présenter l'industrie sidérurgique Mexicaine, c'est d'abord la placer dans son contexte américain et la comparer aux autres pays membres de l'ALAC. On peut se rendre compte de son évolution et de sa place au sein de l'ALAC. Ainsi de 1960 à 1964, la production d'acier a évolué de la manière suivante dans ces différents pays.

En milliers de tonnes

	1960	1961	1962	1963	1964
TOTAL	4.880	5.337	5.877	7.025	8.100
Brésil	2.283	2.443	2.555	2.841	3.050
<u>Mexique</u>	1.540	1.682	1.712	2.020	2.320
Argentine	277	442	644	895	1.300
Chili	451	391	528	521	550
Vénézuëla	47	71	142	358	425
Colombie	172	192	157	222	250
Autres (Cuba, Pérou)	110	116	139	168	205

Le Mexique occupe donc la seconde place, et, ainsi, sa production, comme celle du Brésil, dépasse largement celle des autres pays. Pourtant, il est intéressant de remarquer sur ce tableau, que si la production n'a cessé d'augmenter dans tous les pays, le pourcentage d'acier produit par le Brésil et le Mexique par rapport au total n'a cessé de diminuer. Ainsi, pour le Brésil, il est passé de 46,8 % en 1960 à 37,7 % en 1964, et pour le Mexique, de 31,6 % à 28,6 %. Mais ceci est dû au fait que dans certains petits états d'Amérique Centrale et du Sud, l'industrialisation n'en est qu'à ses débuts et, de ce fait, progresse plus rapidement.

Ainsi, pour l'Argentine, ce pourcentage est passé de 5,7 % en 1960 à 16,1 % en 1964, alors que la production augmentait de 400 %, tandis que, dans le même temps, le pourcentage produit par le Venezuela passait de 1 % à 5,2 %, avec une augmentation de production de 1000 %.

Ces chiffres permettent de se rendre compte de l'élan pris par l'industrie sidérurgique en Amérique, et de la place importante que tient le Mexique au sein de l'ALAC.

L'industrialisation d'un pays a, bien entendu, des causes politiques et des causes économiques. Cependant, une règle reste toujours valable : les usines se construisent à proximité des ressources naturelles (minerais et sources d'énergie) et des centres de consommation.

Au Mexique, l'industrialisation a rencontré de grosses difficultés du fait que les principales ressources se trouvent dans le Nord du pays (mines de fer et de charbon), et le centre principal de consommation, la capitale Mexico, se trouve au Sud, ainsi que le principal point d'écoulement de la production vers les pays étrangers : le port de Vera-Cruz. Cet éloignement des centres de production et de consommation peut expliquer le lent démarrage de l'industrie sidérurgique au Mexique, car le développement des voies de communications est chose récente.

Ainsi, l'industrie sidérurgique Mexicaine est localisée dans

3 zones :

- le Nord avec la région de Monterrey, Monclova (Coah) et l'état de Chihuahua ,
- Mexico et le Distrito Federal,
- le port de Vera-Cruz.

On trouve dans ces régions les usines principales.

	Production d'acier en 1964 (Tonnes)
Cuatro Empresas del Norte de Mexico	1.887.369
Altos Hornos de Mexico S.A.	1.015.033
Cia Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey S.A.	465.857
Hojalata y Lamina S.A.	364.232
Acero de Chihuahua S.A.	42.247
Autres	432.708

L'écoulement de la production vers les centres de consommation nécessite donc un réseau de voies ferrées très développé. Ce réseau existe sous la forme de lignes partant de chacun des centres de production du Nord, vers les villes frontalières des Etats-Unis avec lesquels se font de nombreux échanges, et avec la ville de Mexico et le port de Vera-Cruz. Plus récemment, des voies de communication ont été ouvertes entre Mexico et le Guatemala, permettant de développer les échanges avec les pays d'Amérique du Sud. Cependant, le fonctionnement de ce réseau ferré laisse beaucoup à désirer.

Exportations - Importations

Bien qu'étant le pays d'Amérique latine qui possède la plus grande longueur de côtes (9.205 Km), le Mexique n'a pas une marine marchande très importante, puisque son tonnage n'est que de 357.200 tonneaux. Pourtant, cette flotte est très active, et le volume des produits embarqués à destination de l'étranger se monte à 10.645.200 T. tandis que le volume de produits importés ne se monte qu'à 5.844.200 T. ce trafic se faisant par les ports de Tampico, Vera-Cruz et Coatzacoalcas. (Les chiffres que nous venons de citer ne se rappor-

tent pas seulement à l'industrie sidérurgique et, de ce fait ne peuvent donner qu'un aperçu du volume de produits sidérurgiques échangés avec l'étranger. Il est très difficile de connaître les chiffres se rapportant à la seule industrie sidérurgique, car les produits exportés sont en grande partie des produits manufacturés. Nous pourrions simplement dire que ce volume a augmenté de 100 % en 10 ans).

ALTOS HORNOS DE MEXICO

Nous avons vu que depuis une dizaine d'années, les principaux secteurs de l'industrie mexicaine connaissent un grand développement. Ce développement est particulièrement marqué dans le secteur de l'industrie lourde, puisqu'en 1964, le taux d'accroissement de la production d'acier a été de 14,8 %, soit à peu près 6 % de plus que le taux réalisé dans les autres pays. La production de fer de première fusion s'est élevée à 1.128.800 tonnes, et celle de lingots d'acier à 2.320.000 tonnes.

De 1958 à 1964, la production de fer a augmenté de 127 %, ce qui fait un taux annuel de 18 %, et la production de lingots d'acier de 108 % soit 15,4 % par an.

Si, en 1958, sur 1,6 millions de tonnes d'acier utilisés, 1,1 seulement étaient produits par les usines mexicaines, en 1964, pour une consommation de 2,4 millions de tonnes, 2,3 millions ont été produits au Mexique.

Nous allons montrer ce développement, grâce à l'exemple de la Société Anonyme ALTOS HORNOS DE MEXICO. Cette société, créée en 1941, grâce au concours d'industriels et financiers mexicains du Groupe international ARMCO et de la Société Financière Nacional Financiera, possède, dans le nord du pays des usines, des mines de fer et de charbon, et d'autres usines dans la région de Mexico.

Cette société a connu un énorme développement au cours des cinq dernières années, absorbant d'autres compagnies, pour former le groupe A H M S A.

En 1964, le groupe AHMSA a produit 56 % de la fonte et 44 % de l'acier Mexicains.

Nous allons examiner quels sont les moyens de production de AHMSA.

Mine de fer La Perle (Etat de Chihuahua) : Cette mine possède des réserves estimées à 50 millions de tonnes de minerai de fer, minerai composé d'hématite à laquelle s'ajoute un peu de magnétite. Le minerai est extrait à ciel ouvert, puis concentré sur place et transporté à Monclova (Etat de Coah), grâce à un chemin de fer de 184 Km construit spécialement à cet effet.

Mines de charbon de Barroteran (Coah) et Palau (Coah) : A Barroteran, à 40 Km au sud de Sabinas (Etat de Coah), sont exploitées cinq mines, produisant 30.000 tonnes par an, production qui sera bientôt portée à 50.000 tonnes par mois. A Palau se trouve la mine de charbon dont l'exploitation est la plus moderne de tout le Mexique.

Il est à remarquer que toutes les mines sont exploitées à ciel ouvert, une exploitation souterraine n'étant pas rentable dans ce pays.

Les usines du groupe AHMSA sont localisées à Monclova (Coah), Piedras Negras (Coah), Sabinas (Coah), Mexico, Lecheria et Santa Clara (D.F.), et Monterrey.

Nous allons les passer en revue.

I - Usine de coke et produits dérivés à Monclova (Coah)

Sa capacité de production annuelle est la suivante :

Coke métallurgique	:	700.000 Tonnes	
Fines de coke	:	70.000 "	
Sulfate d'Ammonium	:	6.500 "	
Gaz de coke	:	275 Milliards de Tonnes	(production excédentaire)
Naphtalène	:	1.700 Tonnes	
Toluène	:	900 "	
Benzène	:	3.800 "	

Cette usine comporte 114 fours à coke de capacité nominale en charbon sec de 2.200 tonnes par jour.

Le gaz produit est utilisé comme combustible ou comme matière première pour la fabrication d'engrais.

2 - Hauts-Fourneaux pour la production de fonte, qui est transformée en lingots ou transportée liquide vers les fours Siemens pour la production d'acier.

A Monclova se trouvent 2 hauts-fourneaux de capacités respectives journalières : 700 et 1.100 tonnes.

A Piedras Negras, se trouve un haut-fourneau de capacité de 200 tonnes.

3 - Fonderies

D'une capacité mensuelle de 2.400 tonnes de fer gris et 2 tonnes de pièces de bronze et aluminium, ces usines fabriquent des lingotières et des lingots.

L'une se trouve à Monclova et possède un cubilot de capacité 6 tonnes/heure et une autre se trouve à Piedras Negras : elle a un cubilot de capacité 8 tonnes/heure.

4 - Aciéries

	<u>Capacité annuelle</u>
Monclova	900.000 tonnes
Piedras Negras	170.000 tonnes

Le groupe AHMSA dispose de 11 fours Siemens-Martin utilisant comme combustible un mélange de 25 % d'huile lourde et 75 % de gaz naturel, dont 5 sont équipés pour la décarburation.

Ces aciéries produisent de l'acier à faible teneur en carbone pour la fabrication de fer-blanc et pour le laminage, de l'acier à moyenne et haute teneur en carbone pour la fabrication de plaques et de rubans destinés à la production des tubes à haute résistance.

5 - Laminage à chaud

- Fabrication de plaques et de bandes, ou de rubans destinés au laminage à froid, ou à la fabrication de tubes.
- Fabrication de poutrelles à Monclova, à partir de lingots élaborés à Monclova ou Piedras Negras.

Les poutrelles ont des sections de 2 à 5 pouces carrés et sont obtenues par passage dans un four de réchauffage continu et un ou deux laminages suivant la section.

- Fabrication de fils et profilés à Mexico, Lechería et Santa-Clara (D.F.)

obtenus en laminant à chaud les poutrelles fabriquées par l'usine de Monclova.

6 - Laminage à froid

L'usine se trouve à Monclova : les rubans obtenus par laminage à chaud sont décapés, réduits, laminés à froid. Ils subissent ensuite 2 lavages destinés à éliminer les huiles solubles : lavage par immersion et lavage électrolytique, et un traitement thermique de recuit destiné à normaliser la structure de l'acier. On obtient ainsi des feuilles de fer-blanc : fabrication de boîtes de conserve ou emballages divers.

7 - Usine de galvanisation à Sabinas (Coah)

Elle permet de galvaniser les feuilles d'acier laminé à froid à Monclova. Sa capacité annuelle de production est de 6.000 tonnes.

8 - Fabriques de tubes

Une usine à Monclova : permet d'obtenir des tubes d'acier en centrifugeant de l'acier liquide dans un moule. Les tubes subissent ensuite un recuit destiné à libérer les efforts internes et à diminuer la dureté du métal;

Une usine à Mexico : permet de fabriquer des tubes soudés, à partir de bandes laminées à chaud à Monclova.

Les principales productions de cette usine sont :

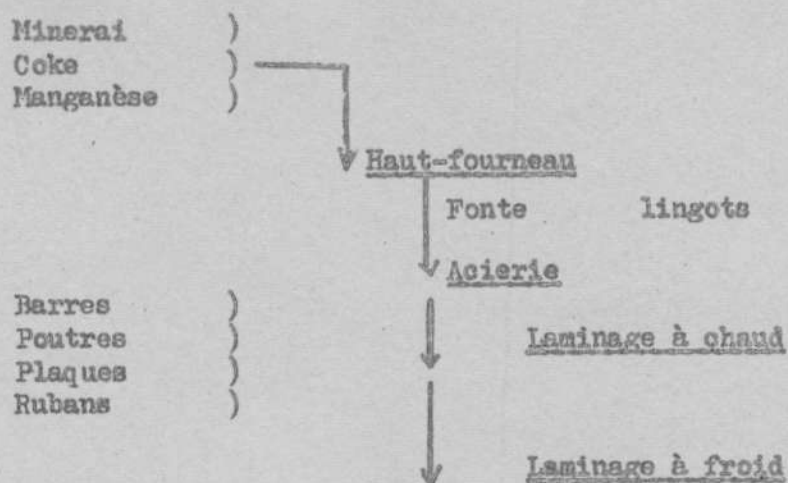
- des tubes galvanisés pour le transport de l'eau,
- des tubes pour l'industrie pétrolière,
- des tubes pour chaudières.

Sa production annuelle est de 24.000 tonnes par an.

A la fabrication des tubes s'ajoute celle de grillages, écrous, ressorts et diverses petites pièces.

Un tableau résume le processus :

(Voir page suivante)



Nous pourrions encore citer la TAMSA, usine produisant des tubes destinés à l'industrie pétrolière. Implantée à Vera-Cruz, cette usine a été construite de 1958 à 1960, sous la direction d'ingénieurs et techniciens italiens et utilise du matériel italien. Cette usine ultra-moderne n'utilise plus maintenant que du personnel mexicain choisi parmi la main d'œuvre régionale et formé spécialement à cet effet.

Nous avons eu aussi l'occasion de visiter la FUNDIDORA DE FIERRO Y ACERO de Monterrey, qui possède 3 hauts-fourneaux, la classant au 3ème rang des sociétés sidérurgiques mexicaines, et dont le fonctionnement est analogue à celui de Altos-Hornos.

RELATIONS AVEC LE GOUVERNEMENT - FINANCEMENT

Le développement de l'industrie est favorisé et contrôlé par le gouvernement.

Certains organismes financiers sont chargés d'aider les industries : le Secrétariat de l'Industrie et du Commerce, le Secrétariat de Crédit Public, le Secrétariat des Relations Extérieures, le Secrétariat du Patrimoine National, la Banque du Commerce Extérieur, la Banque du Mexique. Parallèlement, il existe aussi des organismes privés, mais cependant contrôlés par le gouvernement ou suivant un plan gouvernemental : ce sont La Nacional Financiera, Le Secrétariat de la

Marine, les Chemins de fer Mexicains... Enfin, intervient aussi l'initiative privée.

En conclusion, nous pouvons dire que l'industrie sidérurgique mexicaine connaîtra dans les années prochaines un développement encore accentué, du fait de l'industrialisation croissante du pays, industrialisation voulue et favorisée par le Gouvernement sous la forme des aides financières, de la formation de main d'œuvre et de techniciens, du développement des moyens de communication, et aussi grâce à ses relations commerciales avec les pays d'Amérique latine, parmi lesquels elle occupe une place de choix.

Eric MALLET

Michel PICQ

Sources :

Visites de :

Cia Fundidora de Hierro y Acero
de Monterrey S.A.
Tamsa à Vera Cruz

Entretien avec deux Ingénieurs de
Altos Hornos de Mexico

LES PETROLES MEXICAINS

Historique -

Les gisements de pétrole mexicains sont exploités depuis 1880. La première raffinerie a été construite à Minatitlan en 1905. Cette exploitation était confiée à des compagnies anglaises ou américaines. La production de pétrole essentiellement destinée à l'exportation a atteint un maximum en 1920 et n'a cessé de décroître jusqu'en 1938 date à laquelle les pétroles mexicains furent nationalisés. L'exploitation en fut confiée à la société Pemex.

Cette société comprend un Directeur nommé par le Gouvernement

6 sous directions :

- production primaire
- sous direction industrielle
- sous direction commerciale
- sous direction administrative
- sous direction du Personnel
- sous direction des Finances

Cette société a le monopole de l'exploitation, du raffinage du pétrole et des usines pétrochimiques au Mexique.

Différentes productions -

La production actuelle est de 58.300.000 litres/jour se décomposant de la façon suivante :

- essence 16.700.000 litres/jour
- kérosène 5.560.000 litres/jour
- gas oil 9.550.000 litres/jour
- gaz 4.300.000 litres/jour
- fuel résidus complément

Les puits les plus importants sont situés à Poza Rica et au Sud de Minatitlan .

La Pemex exploite de plus des mines de soufre, de sel et du gaz naturel.

Les principales raffineries dont la capacité totale est de 66.000.000 litres/jour sont :

• Minatitlan	19.000.000	litres/jour	
• Tampico	19.000.000	»	»
• Mexico	12.000.000	»	»
• Salamanca	12.000.000	»	»
• Poza Rica	2.400.000	»	»
• Reynosa	1.600.000	»	»

Les usines pétrochimiques -

La Pemex a développé la pétrochimie depuis 1947 avec le soufre et les carbures aromatiques. Elle a pris une grande extension depuis 1959 avec l'aide des crédits français, anglais et américains.

Ces usines sont spécialisées dans les productions suivantes :

- fabrication de carbures aromatiques Minatitlan
- séparation du benzène et des carbures saturés
- production de benzène à partir de toluène Minatitlan
- production d'ammoniac 4 usines

200 t./jour	
200 t./jour	Salamanca
400 t./jour	en construction
1.000 t./jour	en construction à Minatitlan
- production de soufre à partir des gaz de raffineries
- production de dichloréthane 38.000 t/an
- production de chlorure d'éthyl 13.000 t/an
- monomère de chlorure de vinyl 17.000 t/an
- production de butadiène

polybutène	}	en construction
séparation des xilènes (para méta)		
isomérisation des xilènes		
oxychloration ----> dichloréthane		
chlorure de vinyl et d'éthyl		

- usines d'éthylène
- de polyéthylène
- alcool
- aldéhyde acétique
- caoutchouc synthétique
- butadiène
- Modero
- styène
- Tampico
- en construction

On voit que Minatitlan a un rôle primordial dans le pétrole mexicain, ceci est dû à sa situation : proche des gisements de pétrole et proche de l'océan Pacifique et de l'océan Atlantique, desservie par de nombreuses voies de communication.

Financement -

Les constructions de nouvelles usines sont rendues possibles grâce aux investissements de la société et aux crédits étrangers; les derniers crédits se répartissent de la façon suivante :

- Marché commun 40 millions de dollars
- Banques Françaises 50 millions de dollars
- Accord franco-mexicain 110 millions de dollars
- Angleterre 9 millions de livres Sterling
- Allemagne 50 millions de mark

Ces crédits sont utilisés de la manière suivante :

- 60 % matériel
- 15 % engineering
- 25 % construction

Transport du pétrole -

En plus des transports par route et par rail il existe un certain nombre de pipe lines :

- Pétrole : Tampico - Salamanca - Mexico
gisements du Sud à Minatitlan
- Gaz : Minatitlan - Salamanca 680 kms 500 millions de
pieds cubes/jour
Reynosa - Monterrey - Chihuahua 200 millions de
pieds cubes/jour
- Produits : propane liquéfié Poza Rica - Mexico - Morélia -
1.600.000 litres/jour

Salamanca, Guadalajara -
2.360.000 litres/jour

Minatitlan - Mexico
3.100.000 litres/jour
8.000.000 ultérieurement

Gaz liquéfié Tampico - Monterrey - Chihuahua
600 kms
essence kérosène

Perspectives -

Les réserves actuelles sont évaluées à 530.000 millions de litres ce qui donne un rapport très favorable entre la production et les réserves.

Cependant, la Pemex cherche de nouveaux gisements dans le Golfe du Mexique, elle a acquis récemment un bateau à cet effet et la production du gisement est de 310.000 litres/jour. Les résultats de recherche sont satisfaisants.

La production actuelle en pétrole suffit aux besoins du pays, les seules importations nécessaires sont celles de gaz liquéfié 1.000.000 litres/jour.

Nous comprenons ainsi par ces quelques chiffres, l'importance de la Société Pemex dans l'économie mexicaine. Tant par la masse de ses investissements (9.000 millions de pesos) que par son personnel (40.000 personnes) c'est la deuxième société mexicaine après la Commission Fédérale de l'Electricité. Elle contribue ainsi efficacement à l'expression de l'économie mexicaine.

Michel PERRIN.

LE SOUS-SOL DE LA VILLE DE MEXICO

Mexico, ville de plus de quatre millions d'habitants, très étendue, subit un tassement qui est extraordinaire, tant par son étendue que par son importance.

HISTORIQUE --

La ville de Mexico, que les Aztèques appelaient d'abord Tenochtitlan fut fondée en 1325 sur la petite île de Texcoco et se trouve dans un large bassin d'environ 7.700 km², de forme sensiblement elliptique, à l'altitude de 2.400 m.

Le processus général de descente de toute la région date de très longtemps. Il commença aux époques hispaniques et même préhispaniques, après l'installation de digues et de canaux de drainage pour se mettre à l'abri de l'eau. Pour se protéger des eaux, les Aztèques ont commencé à bâtir en 1449, sous le règne de Motezuma I, une digue de 15 kilomètres de long.

Après avoir conquis la ville, les Espagnols continuèrent les travaux de protection, surtout en creusant des canaux. Il y eut cependant de fortes inondations en 1555, 1580, 1607, 1629 et plus tard.

L'enfoncement de Mexico s'accéléra vers 1789 quand on draina le plateau. Il prit un développement alarmant quand, vers les années 1910, on pompa dans le sous-sol par 3.500 puits subartésiens pour subvenir aux besoins en eau de la ville.

Les puits avaient en général une profondeur de 15 à 150 m., allant quelquefois jusqu'à 250 mètres.

En 1944, la cadence de pompage atteignait 7 m³/s., Mexico descendait alors de 50 cm par an, soit plus de 1 mm/jour.

Entre 1900 et 1957, certaines constructions ont descendu de plus de 8 mètres.

Bien que peu élevée et de conception assez légère, la cité hispanique a subi un tassement notable au cours des siècles, car le sol y est extraordinairement compressible.

La ville moderne s'est développée autour de l'ancienne ville espagnole. La figure 1 illustre ce qui s'est passé.

On note qu'aucun édifice n'échappe au tassement d'ensemble, quel que soit son mode de fondation.

DESCRIPTION DU SOUS-SOL -

Le sous-sol de Mexico est une superposition de couches horizontales de gravier, de sable, de silts et surtout d'argile.

L'argile est formée de cendres volcaniques déposées par le vent. C'est une montmoullonite. Ses caractéristiques sont mauvaises :

- son poids spécifique humide est très faible,
- sa teneur en eau est extrêmement forte, entre 200 % et 500 %. Certaines couches ont un indice de vides $e = 15$,
- son coefficient de perméabilité est très faible, d'où une consolidation très lente.
- on y trouve souvent des inclusions de sable sous forme de petites couches ou de lentilles.

Lorsqu'elle sèche, l'argile se réduit au 1/3 de son volume initial. On comprend sa forte compressibilité.

Ces cendres volcaniques se sont décomposées et ont donné de la bentonite thixotropique contenant environ :

- 20 % de minerale montmoulléonite,
- 50 % de cendres, diatomées et petits crustacés marins,
- 30 % de colloïdes organiques et autres substances semblables.

C'est une argile très fine, 40 % de sa masse est plus fine que 2 microns.

COUPE DU SOUS-SOL. -

Des sondages jusqu'à 800 mètres n'ont pu atteindre le bed rock.

- La couche profonde, à partir de 80 m. est de l'argile volcanique compressible.

- Au-dessus, une couche de sable de 5 mètres.

- Une autre couche d'argile de 20 mètres.

- Une couche de sable de 10 mètres.

- Une couche d'argile d'environ 5 mètres.

- Une couche de sable de 5 mètres, à une profondeur d'environ 35 mètres.

- Une épaisse couche d'argile, d'environ 30 mètres essentiellement sous forme de bentonite.

- Une autre couche d'argile de meilleure composition.

- La couche de surface a une épaisseur qui va de quelques décimètres à quelques mètres. Son poids spécifique varie de 1,4 g/cm³ à 2,4 g/cm³. La couche inférieure est une argile marneuse, blanc-grise, qui brunit à l'air.

Ce sont les couches d'argile qui donnent le tassement sous la triple action du pompage, du chargement de la surface et de l'évaporation.

On doit aux deux couches superficielles un tassement de 93 centimètres entre 1949 et 1953.

INCONVENIENTS

Le tassement de la ville pose de difficiles problèmes. Il est difficile de l'étudier car toute la ville descend.

Le système de distribution est gravement perturbé, par torsion et rupture des canalisations. Les rues se mettent à onduler (Ex. Avenues Juarez et Tenochtitlan), les structures craquent. Les fondations des grandes constructions s'ébranlent : églises, cathédrale de la Piazza de la constitution, musées, théâtres, télé-palais des Beaux-arts qui a descendu d'un étage. Même les plus récents buildings n'échappent pas à ce phénomène, l'Ambassade des Etats-Unis, le département de l'Hydraulique tassent irrémédiablement.

Pour résister à ces conditions défavorables, on a cherché à faire des fondations flottantes sous forme de caisiers de béton creux placés dans la couche d'argile superficielle.

On cherche à avoir une exacte compensation entre le poids de sol retiré et le poids du bâtiment.

Le principe a été appliqué avec succès au building de la Loterie nationale mexicaine et à d'autres constructions. Quand la construction est plus légère que le sol retiré, elle se trouve soulevée.

On contrôle maintenant le mouvement des fondations flottantes en introduisant de l'eau ou du sable dans les caisiers qui ont tendance à s'enfoncer moins que les autres.

La tour Latino-américaine a des fondations partiellement flottantes, en dessous des caisiers, il y a 365 pieux travaillant en pointe, et s'appuyant sur une légère couche de sable.

La méthode des fondations sur pieux qui semblerait s'imposer ici présente des risques pour les tremblements de terre. Elle est cependant employée pour les charges relativement légères.

BARRAGE DE MALPASO

(Commission Fédérale d'Electricité)

Partant de Villa Hermosa en direction de Vera Cruz nous avons fait un détour de 60 kms environ afin de découvrir en pleine forêt le barrage de Malpaso (état de Chiapas).

Ce barrage est une très grande réalisation mexicaine, impressionnante par la site et l'importance des travaux de terrassement réalisés.

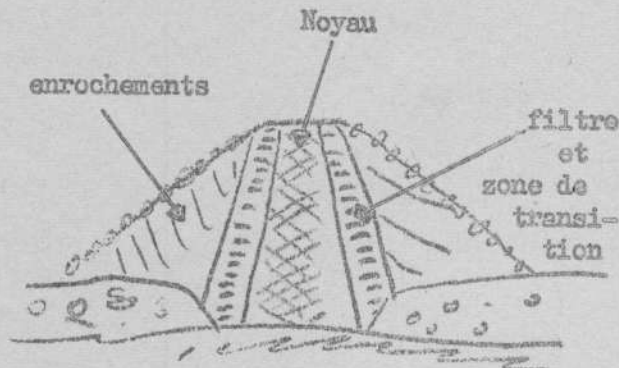
Le barrage n'étant pas entièrement terminé actuellement la visite sur place fut assez brève. Nous avons dû nous contenter d'une promenade " touristique " sur le couronnement de la digue principale en compagnie d'un ingénieur de la construction qui répondait à nos questions.

Nous avons pu en rentrant à Mexico obtenir d'autres détails plus techniques sur différents points qui nous intéressaient plus précisément.

Quelques caractéristiques -

- Trois digues furent nécessaires pour boucher la vallée (voir plan)
- Il s'agit de barrage en terre à noyau imperméable vertical

coupe :



Pourquoi avoir choisi un barrage en terre ?

- Ce type offre une meilleure résistance aux tremblements de terre qui sont assez fréquents dans cette région
- Tous les matériaux pouvaient être pris sur place
- La construction ne nécessite pas une main d'œuvre très qualifiée.

Pour la digue principale nous avons :

- terrassements - 900.000 m³ pour le noyau
5.000.000 m³ au total
3.000.000 m³ de rocher creusé (usine souterraine, tunnels, évacuateurs de crue)
- évacuateurs de crues - Ils peuvent évacuer 3.000 m³/s.

Détail de construction -

Tous les matériaux de la digue furent pris sur place, en particulier l'argile du noyau. Or à l'état naturel cet argile présentait une teneur en eau satisfaisante par rapport à l'optimum Proctor. Il suffisait donc de compacter directement sans ajouter d'eau. Mais le climat très humide entraîne des rosées importantes et des pluies assez fréquentes ce qui augmentait la teneur en eau au delà de l'optimum. Il fallait alors attendre le soleil pour sécher le matériau. Cette solution était longue. Il fut alors imaginé d'utiliser de grandes feuilles de polyéthylène pour recouvrir le chantier dès qu'il y avait menace de mauvais temps et toutes les nuits.

Utilisation de la retenue -

- 1) - Régulariser le cours du rio Gualva et donc favoriser les cultures en aval
- 2) - Produire de l'électricité : une usine souterraine a été creusée avec 5 tunnels de prise d'eau.

Puissance prévue	900	MW	
Chute utile	111	m	MAXIMUM
	77	m	MINIMUM

Les travaux ont employé 5.000 hommes. On déplore 250 morts.

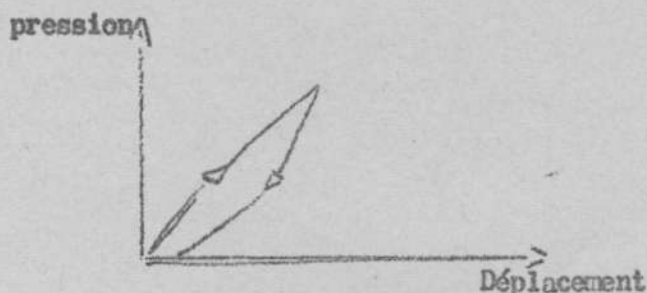
TUNNELS ET USINE SOUTERRAINE —

Les problèmes de mécanique des roches sont à l'ordre du jour dans tous les pays. Il était donc intéressant de savoir quelles méthodes étaient employées au Mexique. Nous avons trouvé une analogie avec les procédés employés en Europe :

- * Etude aux vérins
- * Libération des contraintes tangentielles par carottage.
- * Des mesures microsismiques étaient prévues mais n'avaient pas encore été réalisées.

1 . Vérins :

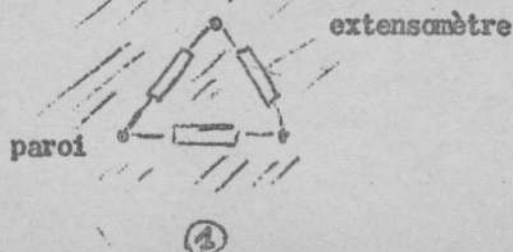
Dans une petite niche creusée dans une galerie on place un vérin qui applique sur la roche des pressions très importantes. Les montées et descentes en pression se font par palier. A chaque palier on note le déplacement de la roche repéré par des comparateurs. On peut alors tracer la courbe (pression - déplacement).



Plusieurs cycles permettent de déterminer un module moyen d'élasticité de la roche.

2 . Libération des contraintes :

On place sur la paroi d'une galerie un système de 3 extensomètres (strain-gages) et on libère la roche par carottage. Elle se détend. On peut alors déduire les contraintes dans l'état initial par des calculs d'élasticité.



La rosette d'extensomètres (mesures dans 3 directions) permet de connaître les directions des contraintes principales.

ETUDE DE LA DIGUE N° 2

Essais " in situ " sur des schistes argileux fissurés -

(réalisés par la C.F.E.)

But - Il s'agissait de déterminer la résistance du cisaillement des matériaux sur lesquels est fondée la digue. Des tests sur place ont été réalisés car on doutait des résultats obtenus aux laboratoires du fait de la rupture de talus étudiés à partir de ces résultats.

Appareil - La C.F.E. construisit un appareil de cisaillement direct (CT 10 10) - voir plan ci-joint -

- * Il se compose d'un disque d'acier sur lequel on a soudé et emboîté des lames formant 72 boîtes. L'aire totale de cisaillement est d'environ 0,5 m².
- * Le couple de torsion est transmis par deux cables d'acier commandés par deux vérins horizontaux.
- * La charge verticale est appliquée par un vérin de 200 T grâce à une table de poussée telle qu'elle diminue les frottements pendant la rotation. La réaction est absorbée par une plateforme chargée de sac de sable.
- * Mesure des charges et des déplacements
 - la charge normale et le couple de torsion sont déterminés par la pression dans les vérins
 - la rotation du disque est mesurée par un comparateur sensible au 1/100 mm sur une course de 8 cm
 - le tassement est repéré sur 3 échelles verticales fixées sur le disque et observées avec un niveau Zeiss (N1 2)

Conclusion - L'appareil CT 10 10 donne une résistance au cisaillement environ moitié (ou moins) de celle trouvée en laboratoire. Cette dispersion correspond à la méthode expérimentale et non à une dispersion normale des résultats.

On a donc été conduit à donner à la digue des pentes très faibles allant jusqu'à 10/1

CONCLUSION -

On voit donc que le Mexique étudie attentivement ses problèmes et choisit souvent une voie originale pour les résoudre (construction de l'appareil CT 10 10 et d'autres).

Par là il se place à la pointe de la recherche en mécanique des sols et les résultats obtenus sont toujours intéressants .

LE BARRAGE " EL INFIERNILLO "

Le Barrage d'Infiernillo, sur le Rio Balsas, à 60 Km de son embouchure, à la limite des Etats de Michoacan et du Guerrero, est le plus grand barrage du pays et un des plus grands du monde.

Avec les grands dénivelés de son cours et le volume moyen annuel déversé à son embouchure : 15.000.000.000 m³, le Rio Balsas a un potentiel hydroélectrique d'environ 3.000.000 Kw. Le barrage "El Infiernillo" fait partie d'un ensemble d'installations hydroélectriques en cours de réalisation sur le Rio Balsas ou ses principaux affluents.

DONNEES GENERALES DE L'AMENAGEMENT

- Retenue

Capacité au niveau des hautes eaux de crues extraordinaire	12.000.000.000 m ³
Surface de la retenue	40.000 ha
Longueur " " " sur le Rio Balsas	120 km
Capacité au niveau maximum de fonctionnement	9.340.000.000 m ³
" " " minimum " "	2.250.000.000 m ³

- Digue

Type :	enrochements et noyau d'argile.
Hauteur :	148,20 m.
Longueur au couronnement :	350 m.
Largeur à la base :	600 m.
Largeur au couronnement :	10 m.
Volume :	5.700.000 m ³

- Ouvrages de déviation

Capacité totale : 10.000 m³/s

- Evacuateurs de crues

Crue maxima pouvant être évacuée : 30.777 m³/s

- Usine Electrique

Puissance installée (1ère Etape)	624.000 KW
Production annuelle (1ère Etape)	2.752.000.000 KWh
Puissance installée (finale)	936.000 KW
Production annuelle (finale)	3.000.000.000 KWh
Nombre de groupes (1ère Etape)	4
Nombre de groupes (final)	6

- Lignes H.T.

Tension 400.000 V

DESCRIPTION GENERALE DES OUVRAGES

- Géologie

La roche sur laquelle repose la majeure partie des ouvrages de "El Infernillo" est de très bonne qualité. Elle est constituée d'un aggloméré tertiaire métamorphisé, fracturé dans quelques zones.

- Traitement de la roche

Les études montrèrent qu'il n'y avait pas de traitement spécial à effectuer dans l'ensemble, hormis le décapage des arêtes des ouvrages.

Par contre, sur la rive gauche, près des prises d'eau, existaient des fissures importantes.

La stabilité de cette zone fut assurée par des ancrages de la roche, à l'aide de barres d'acier de I 1/2", de limite élastique 6.000 kg/cm² et travaillant à 60% de cette limite, ainsi que de faisceaux de fils d'acier H.R. de 7 mm.

- Injectiões

L'aggloméré dont on a parlé plus haut est peu perméable. Mais pour augmenter la sécurité et restituer les conditions mécani-

ques de la roche altérée par les excavations, on a procédé à des injections dans quelques zones.

C'est ainsi que furent faites des injections pour assurer l'imperméabilité de l'assise du noyau étanche et des filtres de la digue.

Un voile d'étanchéité a été fait également. Pour l'écran principal, 6.600 m. ont été injectés (avec une consommation spécifique de 0,24 sac de ciment par mètre).

Pour le tapis d'injection sous le noyau étanche et le filtre, tant dans le lit du rio que sur les rives, 11.475 m. ont été injectés (à raison de 0,13 sac de ciment par mètre).

Des injections ont été faites également dans les zones de galeries, pour consolider la roche décomprimée et assurer le contact entre la roche et le béton.

- Drainage

Les écrans d'étanchéité sont accompagnés d'écrans de drainage, afin de supprimer les pressions d'eau interstitielle pouvant mettre en défaut la stabilité des ouvrages, en particulier les appuis de la digue.

- Ouvrages de déviation

Ils comprennent :

- Deux batardeaux, amont et aval, de 60 et 34 m. de haut respectivement, inclus par la suite dans la digue.
- des écrans étanches de pieux sécants type Icos, descendant à une profondeur de 20 m. dans les deux batardeaux.
- Trois galeries de déviation sur la rive gauche, de 13 m. de diamètre et deux de 9,20 m. et 8 m. de diamètre sur la rive droite.

L'ensemble pouvait évacuer 10.000 m³/s.

Les batardeaux sont en enrochement, avec tapis et noyau étanche.

Le volume total d'enrochements pour leur construction s'est élevé à 811.500 m³.

- La digue

La digue de "El Infiernillo" figure parmi les plus hautes de ce type dans le monde.

Elle est en enrochements, avec un écran étanche d'argile au centre. Des 2 côtés du noyau étanche, on trouve des filtres de sable de granulométrie contrôlée. Enfin, entre les enrochements et les filtres, on trouve des zones de transition.

Le volume total de la digue est de 5.700.000 m³, dont 4.700.000 m³ d'enrochements.

La hauteur maxima est de 148 m. Les parements ont une pente de 1,75/1 dans la partie haute et 2,5/1 dans la partie basse.

Les talus du noyau étanche ont une pente égale à 0,088/1 des 2 côtés.

Origine des matériaux

- Enrochements : alluvions, produits des excavations de la sous-station et de la salle des machines, constitués de diorite et de conglomérat siliceux.
- Zones de transition : proviennent des matériaux d'excavation des tunnels, concassés de telle sorte que la dimension maxima n'excede pas 7,6 cm.
- Zones des filtres : en sable provenant des rives du fleuve à Pizandaran, à 18 km de la digue (dimension maximum des grains : 6 mm).
- Noyau étanche : la majeure partie provient d'un sol argileux, inorganique et plastique, à Los Capires.

- Instruments de mesure

Un effort énorme a été réalisé en vue d'obtenir un grand nombre de données sur le comportement de la digue, tant au cours de sa construction que par la suite, après la mise en eau. La Commission fédérale de l'Electricité nous a d'ailleurs remis un ouvrage avec toutes ces données.

L'ensemble des appareils est conçu de telle façon qu'il donne les déformations unitaires, les mouvements globaux et les efforts, ainsi que les pressions intersticielles dans le noyau étanche et la roche d'assise de la digue.

Tous les extensomètres horizontaux ont été placés à proximité d'un inclinomètre ou d'un extensomètre vertical, afin d'obtenir une corrélation entre les déformations horizontales et verticales.

Les mesures en cours de construction furent assez difficiles, et il fallait éviter les interférences avec les opérations de compactage.

On a laissé un délai de 6 mois entre la fin de la construction de la digue et le début de la mise en eau, afin de mesurer séparément les effets dus au poids propre de la digue ou à des secousses sismiques éventuelles.

Laboratoires

La Comisión Federal de Electricidad a installé des laboratoires pour le choix des ballastières, le contrôle des bétons et des enrochements.

Il est intéressant de remarquer qu'à l'occasion de la construction du Barrage de "El Infiernillo" la Comisión Federal de Electricidad a construit un appareil d'essai triaxial unique au monde, puisque les éprouvettes font 2,50 m. de haut par 1,13 m. de diamètre, sous une pression pouvant aller jusqu'à 25 kg/cm²

La construction du laboratoire des enrochements, de l'appareil triaxial T II3 - 25, les mesures effectuées sur la digue, ont été dirigés par le Professeur R. MARSAL, qui a bien voulu nous recevoir à Mexico, nous donner toutes explications et documents utiles. Qu'il en soit remercié, ainsi que M. MORENO, qui nous a conduit dans le Laboratoire de la C.F.E. à Mexico.