

UNION INTERNATIONALE  
DES PRODUCTEURS ET DISTRIBUTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

SIÈGE SOCIAL : 26, rue de la Baume, PARIS (8<sup>e</sup>)

CINQUIÈME CONGRÈS

ZURICH — Août-septembre 1934 — LAUSANNE

L'ALIMENTATION DES MOTEURS DIESEL AU MAZOUT

par M. Jean SOLOMON,

Ingénieur,

Chef des Usines d'Électricité et d'Eau  
de la ville de Piatra Neamt.

*Rapport présenté par l'Association générale des Producteurs et Distributeurs  
d'Énergie Électrique en Roumanie.*

I. Introduction

Malgré le titre un peu vaste, il n'est pas dans notre intention de traiter d'une manière générale et théorique le problème du fonctionnement au mazout des moteurs Diesel, mais plutôt de faire un exposé monographique des méthodes appliquées et des résultats obtenus dans cette direction à l'Usine Centrale d'Électricité de la ville de Piatra Neamt.

Nous croyons que cet exposé peut présenter de l'intérêt, d'abord parce que cette installation est une des premières usines électriques de distribution publique en Roumanie qui ait introduit l'alimentation au mazout de ses moteurs Diesel, et que, par conséquent, on se trouve là en présence d'une des plus anciennes expériences à ce sujet.

Deuxièmement, en raison des méthodes inédites appliquées ici, et enfin, ayant en vue les résultats obtenus, que nous pouvons considérer comme suffisamment satisfaisants pour pouvoir servir d'encouragement aux usines, qui, jusqu'à ce jour, ont encore hésité à introduire l'alimentation au mazout pour leurs moteurs.

La circonstance que l'installation décrite se réfère à une usine génératrice ayant une puissance relativement petite — 1 300 ch installés — ne saurait diminuer l'intérêt de cet exposé, d'autant plus que les moyens employés ici peuvent aussi bien être appliqués à des installations de toutes les grandeurs voulues. Plus encore, le fait même que dans une usine plus petite, on a pu employer ces installations auxiliaires en vue de l'alimentation des moteurs avec le mazout et obtenir un rendement économique, ne peut que démontrer encore mieux la généralité du système employé.



Par mazout, nous entendons ce résidu noir et visqueux, résultant de la distillation du pétrole naturel, qui est encore connu sous les dénominations de « pacura » (en roumain), « fuel-oil » (en anglais) et « Heizöl » (en allemand) et précisément seulement pour les qualités les plus lourdes et meilleur marché, qui d'habitude sont employées seulement pour la combustion directe dans les chaudières, spécialement pour les locomotives et les bateaux à vapeur.

En principe, l'alimentation au mazout des moteurs Diesel ne doit pas apparaître comme une nouveauté particulière et inattendue des dernières années, car, dès le début, c'est-à-dire depuis l'origine de ce genre de moteurs, dans l'intention de son inventeur, l'ingénieur Rudolf Diesel, il y avait de réaliser un moteur qui puisse fonctionner, non seulement avec du mazout, ou d'autres huiles lourdes, mais même avec de la poussière de charbon.

Et si dans la pratique on a dû abandonner immédiatement la poussière de charbon, qui reste encore aujourd'hui un désir de l'avenir, par contre, depuis les premiers temps des moteurs Diesel d'avant-guerre, ceux-ci fonctionnaient, non pas avec du mazout, mais avec un combustible moins commode, c'est-à-dire avec les goudrons résultant de la distillation de la houille, cela dans les pays riches en charbon, et qui par conséquent possèdent les dérivés de distillation de ce combustible.

De sorte que sur la base de cette expérience, on pouvait s'attendre à ce que le fonctionnement des moteurs Diesel au mazout, qui, en tout cas, n'est pas un produit inférieur au goudron, soit dès le commencement possible et à rendement économique.

Du reste, les résidus de distillation du pétrole naturel ont aussi déjà été utilisés pour les moteurs Diesel, spécialement dans la marine, mais on ne trouve que très peu de relations au sujet des systèmes employés et des résultats obtenus dans les exploitations respectives. Il paraît aussi, que pour les cas connus, on ne s'est pas servi pour l'alimentation des moteurs Diesel de mazouts lourds à brûler, mais plutôt d'un mélange de ceux-ci avec du gas-oil (l'huile à gaz) et plus souvent encore des résidus d'une distillation moins finie du pétrole naturel, qui gardait ainsi une plus grande proportion d'éléments légers, produisant des mazouts spéciaux plus légers et moins visqueux, mais plus chers.

Considérant que nos expériences, dont l'exposé suit, se réfèrent aux mazouts proprement dits, les plus lourds, résultant après la distillation complète des hydrocarbures plus légers jusqu'à et y compris le gas-oil, c'est-à-dire jusqu'à 300°-320° C, à la suite desquelles on ne peut plus continuer l'extraction de produits plus légers par simple distillation, à moins d'utiliser le procédé « cracking », on pourra d'autant mieux utiliser ce système pour le cas de l'alimentation des moteurs avec les mazouts spéciaux et plus légers. Évidemment, dans ce cas, les avantages économiques dus au prix du combustible seront plus réduits, au fur et à mesure que nous nous écarterons de l'emploi du mazout proprement dit, lourd et bon marché.

En Roumanie, pays riche en produits pétrolifères, et par conséquent, riche en gas-oil, le combustible classique pour les moteurs Diesel, le problème de l'emploi du mazout pour les moteurs Diesel est tout à fait récent, et le fait est dû au rapport de plus en plus défavorable entre le prix de vente de l'énergie électrique et le prix du gas-oil.

Ainsi, avant la guerre, en Roumanie, le prix de la motorine (gas-oil), était d'environ 0,06 f (tous les prix indiqués sont en francs-or) par kilogramme, tandis que le prix de vente du courant électrique était de 0,60 à 0,80 f par kilowattheure, soit un rapport de 8 à 10 pour 100. Aujourd'hui, le prix du gas-oil, pris à une distance moyenne de transport, est d'environ 0,41



à 0,12 f pour un prix moyen de maximum 0,30 f par kilowattheure, compté comme moyenne pour les tarifs de lumière et de force motrice, ce qui revient en rapport à plus de 33 pour 100.

Cette disproportion entre les prix du gas-oil et de l'énergie électrique n'est pas due à un processus naturel modifiant les conditions de production respectives, mais à des facteurs extérieurs, artificiels, à la suite desquels le gas-oil a été soumis à des taxes fiscales de plus en plus grandes, tandis que les tarifs du courant électrique ont été empêchés de suivre la courbe continuellement ascendante de l'index général de cherté de la vie. La disproportion est devenue particulièrement frappante dans la seconde moitié de l'année 1929, quand le prix du gas-oil s'était élevé pendant quelque temps jusqu'à 0,13 et 0,16 f par kilogramme au moins en ce qui concerne les provinces les plus éloignées des sources pétrolifères.

C'est justement à cette époque qu'on était en train d'installer la nouvelle centrale électrique de la ville de Piatra Neamt, pourvue bien entendu avec des moteurs Diesel, des réservoirs, des conduites et tous les accessoires prévus en vue de l'emploi du gas-oil, le seul combustible qui à ce moment-là — sauf de rares exceptions — était pris en considération.

Vu l'extraordinaire renchérissement du gas-oil, dont nous venons de parler, nous nous sommes posés, dès le début, le problème de l'alimentation des moteurs en cours d'installation avec du mazout. Mais comme à ce moment-là nous ne pouvions pas trouver des expériences faites ailleurs et des modèles à suivre pour les utiliser, jusqu'à la solution du problème technique respectif, ainsi que du délai nécessaire pour les approvisionnements et l'exécution des installations requises, l'usine a dû commencer par fonctionner normalement avec du gas-oil, tandis que le fonctionnement au mazout n'a pu commencer effectivement que l'été suivant, exactement en août 1930 : depuis, ce fonctionnement a eu lieu d'une manière ininterrompue et — nous pouvons l'ajouter à présent, — sans le moindre inconvénient.

Nous avons donc aujourd'hui derrière nous une expérience longue de presque quatre années dans le fonctionnement au mazout de cette centrale, période assez longue pour que tous les avantages et les désavantages du nouveau système aient pu se manifester et que l'on puisse en tirer des conséquences valables.

Le fait que, quoique nouvelle, à peine terminée en octobre 1929, la centrale de Piatra Neamt a été prévue, exécutée et mise en fonction normalement avec du gas-oil, pour être, à la suite de quelques mois seulement, transformée pour utiliser le mazout, présente pour cet exposé le cas intéressant d'une transformation des installations de combustion au gas-oil en combustion au mazout. De sorte que l'expérience obtenue et les installations prévues sont également applicables pour toute autre centrale *existante*, aussi ancienne qu'elle soit, et qui fonctionne aujourd'hui avec du gas-oil, la période initiale de fonctionnement au gas-oil ne présentant en principe, qu'elle soit ancienne ou qu'elle soit récente, aucune importance.

## II. Considérations théoriques.

Notre point de départ, que nous avons mentionné au commencement, fut l'expérience de la combustion dans les moteurs Diesel des goudrons résultant de la distillation des houilles. L'on sait que les moteurs qui emploient ces goudrons sont toujours prévus avec un système de double injection, de telle manière qu'à chaque cycle, avant l'injection du combustible proprement



dit (le goudron), on puisse injecter une ou plusieurs gouttes d'un autre combustible, qui s'allume plus facilement, généralement du gas-oil, et dont l'ignition sert pour allumer le combustible plus lourd, qui suit dans la deuxième phase de l'injection.

Mais ceci exige des pompes doubles pour le combustible, des injecteurs de construction spéciale et d'autres complications dans la construction, par exemple dans l'action du régulateur, et qui ne seraient pas du tout simples, si nous voulions les employer aussi pour les moteurs Diesel, dans lesquels nous voudrions utiliser du mazout et non du goudron.

Heureusement, les moteurs Diesel peuvent très bien utiliser le mazout sans ce double système de pompage et d'injection de combustible, grâce à la constitution chimique du mazout et des huiles dérivés du pétrole, qui est beaucoup plus avantageuse du point de vue de l'ignition que la constitution des goudrons résultant de la distillation des houilles.

Dans le fait, les unes et les autres sont composées essentiellement d'hydrocarbures, mais les hydrocarbures constituant le mazout sont, comme presque tous les autres produits résultant de la distillation du pétrole naturel, des hydrocarbures de la série aliphatique (paraffines et oléfines), ayant la molécule de structure ouverte ou catenaire, et par cela elle se brise plus facilement dans le processus d'oxygénation qui constitue la combustion.

Dans les goudrons, on se trouve dans une situation contraire, c'est-à-dire devant des hydrocarbures presque tous de la série dénommée « aromatique » (naphthènes), ayant la molécule de structure fermée (ou cyclique) qui, étant beaucoup plus résistante, se rompt beaucoup plus difficilement pour obtenir ce qu'on appelle la combustion.

Cette différence de liaison moléculaire entre les hydrocarbures composant les huiles de pétrole d'un côté, et les huiles de goudron d'un autre côté, trouve son expression pratique et d'importance primordiale pour les moteurs Diesel, dans la différence de hauteur de température caractéristique pour l'ignition respective. On appelle température d'ignition, la température à laquelle le combustible s'allume de soi-même, c'est-à-dire sans contact avec une flamme. Cette température est de toute première importance dans le problème qui nous préoccupe, car le principe même des moteurs Diesel est justement cet auto-allumage du combustible injecté dans l'air très échauffé de la compression.

Par conséquent, la condition fondamentale, *thermique*, pouvons-nous dire, à laquelle doit répondre un combustible pour pouvoir être utilisé d'une manière simple dans les moteurs Diesel, est celle d'avoir une température d'ignition au-dessous de celle qui peut être atteinte par les compressions normalement réalisables dans la chambre d'ignition. Toutes les autres conditions, telles que la fluidité, l'absence de corps étrangers, etc., que l'on peut encore exiger d'un bon combustible, ont une importance secondaire, qui concerne plutôt l'exploitation pratique, l'économie et l'usure de l'installation.

Eh bien, cette condition fondamentale est remplie par le mazout non seulement assez bien, mais tout aussi bien que par le gas-oil, puisque des mesures directes ont montré et les expériences ont confirmé que tous les hydrocarbures dérivés du pétrole naturel, des plus légers jusqu'aux plus lourds, possèdent presque tous la même température d'ignition, et sont par conséquent, à ce point de vue, équivalents et également bons pour l'alimentation des moteurs Diesel.

Le mazout, résidu de la première distillation du pétrole naturel, est composé de toute la gamme des hydrocarbures lourds, qui distillent aux températures supérieures à 300° à 320° C, c'est-à-dire depuis le gas-oil et



au-dessus, non compris le gas-oil. Ces hydrocarbures ont tous pratiquement la même température d'auto-ignition, c'est-à-dire dans l'air et aux pressions de 24 à 30 atmosphères habituelles dans la compression des moteurs Diesel, de 200° à 210° C. Les parties constituantes ayant cette température d'auto-ignition, leur mélange, qui constitue le mazout, s'allumera à la même température caractéristique.

D'où l'on peut conclure qu'à ce point de vue fondamental pour les moteurs Diesel, il n'y a pas de différence entre le gas-oil et le mazout, et que pour la combustion de ce dernier, il n'est pas nécessaire d'artifices particuliers, qui provoquent ou qui facilitent l'allumage.

Si on ajoute aux constatations ci-dessus le fait que le mazout possède approximativement le même pouvoir calorifique, environ 10 000 calories par kilogramme, que le gas-oil, et que, par conséquent, il est capable des mêmes effets mécaniques, et que, ayant approximativement la même composition élémentaire de C et H, il nécessite la même quantité d'air comburant, nous arriverons à la conclusion qu'au point de vue thermique, il n'y a pas de différence sensible entre le mazout et le gas-oil, qui exige des modifications constructives, ou qui fasse varier l'effet mécanique d'un moteur de dimensions données.

### III. Caractéristiques désavantageuses du mazout.

Quelles sont donc les caractéristiques chimiques et physiques du mazout qui le différencient désavantageusement, comparé au gas-oil et qui le rendent inapte, sans une préparation préalable, à servir à l'alimentation des moteurs Diesel?

Ces caractéristiques sont les suivantes :

1. — Sa grande viscosité.
2. — Sa haute température de congélation.
3. — Sa grande proportion de paraffine.
4. — Sa grande proportion d'eau.
5. — Son contenu en asphaltes.
6. — Son acidité.
7. — Son grand contenu en impuretés mécaniques et minérales.

Au point de vue du fonctionnement au mazout des moteurs Diesel, il y aurait lieu de faire un exposé sur la constitution physico-chimique du mazout et par conséquent une analyse de l'influence que chacune de ces caractéristiques a respectivement sur le fonctionnement de ces moteurs. Après cela, considérant les possibilités d'affinage des mazouts du marché au lieu d'emploi, on pourrait établir un cahier de charges qui puisse servir à la base des approvisionnements.

Mais pour cela ce rapport demanderait un exposé beaucoup trop long pour le cadre dont nous disposons, de sorte que nous ne pouvons nous permettre qu'une brève considération à ce sujet.

Les trois premières caractéristiques mentionnées, c'est-à-dire *la viscosité, la température de congélation et le contenu en paraffine*, se réfèrent toutes à la fluidité du combustible, tandis que les autres caractéristiques se réfèrent au contenu en corps étrangers plus ou moins nuisibles.

Un certain degré de fluidité est indispensable pour deux raisons; d'abord pour assurer la circulation du combustible par les pompes et la tuyauterie et ensuite pour pouvoir obtenir une bonne pulvérisation du combustible à l'injec-



tion, condition que l'on sait être essentielle pour assurer une bonne combustion dans les cylindres du moteur.

En ce qui concerne la teneur en corps étrangers, on peut mentionner les points suivants :

*L'eau* est d'abord nuisible par la diminution de la valeur calorifique du combustible. Puis, quand elle est en quantité plus grande, elle provoque des ratés. Dans la combustion au mazout, ces ratés peuvent survenir même pour de petites quantités d'eau, car le combustible devant être chauffé au préalable, ce chauffage peut provoquer des poches de vapeurs d'eau, qui gêneront la bonne circulation dans les pompes et la tuyauterie du combustible. Enfin, l'eau est nuisible aussi parce qu'en présence du soufre, elle peut provoquer des corrosions dans les tuyaux et les vases d'échappement, grâce à l'acide sulfurique auquel elle donne naissance.

*Les asphaltes*, faisant partie constituante des pétroles naturels, donc aussi du mazout, qui résulte de la distillation de ces pétroles, ne pourraient pas être classés à vrai dire comme corps étrangers. Ce sont des hydrocarbures partiellement oxydés et comme tels, possédant encore une valeur calorifique importante, et s'ils ne s'allument pas d'eux-mêmes, ils s'allument quand même dans le processus de combustion des autres hydrocarbures non oxydés qui constituent le contenu le plus important du mazout. De sorte que, d'une manière générale, la présence des asphaltes, tout au moins de ceux dénommés solubles, qui fondent à 100° C. et sont dissous dans le corps du mazout, ne peut pas être considérée comme étant particulièrement nuisible, comme on le croit d'habitude.

Seuls les asphaltes dénommés *durs* pourraient produire des dépôts de coke dans la chambre de combustion, mais comme, dans les mazouts roumains, ces asphaltes durs et insolubles se trouvent en toutes petites proportions (les mazouts employés par nous ont eu jusqu'à 3-4 pour 100 en asphaltes durs), nous n'avons pu constater de dépôts de coke anormaux et prohibitifs dans aucun des mazouts employés dans la centrale de Piatra Neamt.

*L'acidité* serait naturellement capable de produire des érosions dans les cylindres et les tuyaux d'échappement et peut être même dans les réservoirs, les tuyaux et les pompes de combustible. Mais à cause de l'acidité très réduite des pétroles roumains, nous n'avons pu constater de telles érosions à aucune des machines de l'usine.

*Les impuretés mécaniques et minérales* qui se trouvent dans le mazout sont en principe des sables et matières terreuses, se trouvant dans le pétrole naturel tel qu'il a été extrait des sondes, quand celui-ci a été passé à la distillation sans avoir subi au préalable une décantation suffisante.

On trouve aussi des oxydes métalliques, particules détachées des réservoirs, tuyaux et citernes, par lesquels ont passé le pétrole naturel ou le mazout. A ceux-ci s'ajoutent encore divers genres de corps étrangers et saletés, dont la présence ne peut pas nous surprendre, étant donné la déconsidération et le mauvais traitement auquel est exposé ce résidu de peu de valeur, aussi bien dans les raffineries qu'au cours de son transport.

Comme la plupart de ces impuretés sont de nature minérale, incombustible, on les retrouve après la combustion à l'état de cendres.

Dans la mesure où ces cendres sont restées, sans avoir été expulsées en même temps que les gaz d'échappement, elles se coagulent avec l'huile de graissage et d'autres particules insuffisamment brûlées du combustible, et donnent naissance ainsi à une pâte à meuler, qui est la cause de l'usure des cylindres et des pistons.



#### IV. Préparation du combustible.

De ce qui précède il résulte que pour rendre le mazout apte aussi du point de vue physique (mécanique) à alimenter les moteurs Diesel, il est nécessaire de le soumettre à deux opérations préliminaires d'affinage, l'une ayant comme but l'augmentation de sa fluidité, et l'autre l'élimination, dans la mesure du possible, des substances pernicieuses qui s'y trouvent mêlées.

Le manque de fluidité suffisante du mazout peut provenir d'une trop grande viscosité, d'une trop grande proportion de paraffine ou de ces deux causes à la fois. Nous n'ajoutons pas le motif d'un point de congélation trop élevé, celui-ci étant dû ou tout au moins étant inséparablement lié à la viscosité et au contenu en paraffine.

Quelle que soit la cause d'une fluidité insuffisante, on peut augmenter cette fluidité jusqu'au point désiré, uniquement par un chauffage suffisant du mazout.

En ce qui concerne l'élimination de l'eau, elle se fait par décantation et évaporation, tandis que les impuretés minérales et mécaniques sont enlevées par la sédimentation et le filtrage. L'évaporation de l'eau présume évidemment le chauffage de la matière.

La décantation de l'eau sous la forme d'émulsion, comme elle se trouve généralement englobée dans le mazout, de même que la sédimentation des petites particules solides dont se composent les impuretés, ont lieu, on le sait, d'autant plus facilement que le liquide qui les contient a une tension superficielle plus réduite, ce que l'on peut également obtenir par le chauffage.

D'où l'on voit que l'opération d'élimination des substances étrangères demande avant tout du chauffage, qui apparaît ainsi être l'opération dominante pour la préparation du mazout en vue de l'alimentation des moteurs Diesel.

Pour réaliser économiquement cette opération, notre première pensée a été naturellement d'utiliser les déchets de chaleur provenant du fonctionnement même des moteurs Diesel, c'est-à-dire des gaz d'échappement et de l'eau chaude provenant du refroidissement des moteurs.

Comme nous avons dit que nous nous occuperons surtout des installations exécutées à l'Usine centrale de Piatra Neamt, nous n'approfondirons pas plus loin ces possibilités et leur mode de réalisation et nous passerons à la troisième méthode de chauffage adoptée à cette centrale, c'est-à-dire au chauffage par l'électricité.

Si nous ne parlons pas du tout du chauffage au moyen des gaz d'échappement, nous mentionnerons que si nous n'avons pas employé le moyen de chauffage par l'eau chaude, méthode généralement employée partout, c'est parce que l'eau sortant des moteurs à des températures variant de 45° C à 60° C au maximum, on ne peut pas obtenir avec ce moyen le chauffage du mazout jusqu'à 55°, 70° et même 95° C, comme cela semble nécessaire pour une bonne utilisation de ce combustible.

En second lieu, le chauffage à l'eau pour cette centrale, à peine terminée pour la combustion du gas-oil, aurait donné lieu à des complications coûteuses, inesthétiques et prédisposant à la saleté, à cause des innombrables serpentins d'eau nécessaires pour le chauffage, et de la nouvelle tuyauterie à parois doubles et circulation d'eau chaude, qui devenait nécessaire pour le nouveau combustible.

De plus, la quantité et la température de l'eau chaude et aussi des gaz



d'échappement, et par conséquent la capacité de chauffage du mazout, sont en fonction de la courbe de charge de l'usine et en plus du jeu inévitable de mutation de la charge d'une machine à l'autre, ou sur celle de réserve, d'où il résulte que la possibilité du fonctionnement avec du mazout n'existerait que pour certaines heures et certaines charges, donc pas continuellement.

Nous ne voulons pas généraliser et croyons qu'il existe des installations de moteurs Diesel qui fonctionnent dans de bonnes conditions avec du mazout chauffé seulement par l'eau de refroidissement des moteurs ou les gaz d'échappement et il serait désirable que les ingénieurs qui ont exécuté et conduit de telles installations communiquent à leur tour le mode d'exécution des installations respectives et les résultats obtenus par leur exploitation.

Il est certain que le chauffage à l'électricité est, en général, coûteux. Mais comme dans l'espèce il ne faut pas acheter cette énergie ailleurs, et comme pour les installations existantes ayant leurs charges fixes données, et qui ne sont pas augmentées par le surplus de l'énergie électrique produite en vue du chauffage au mazout, il nous est permis de compter seulement les dépenses directes de production, et parmi celles-ci seulement les dépenses de combustible, et comme justement par ce chauffage on arrive à l'emploi d'un combustible extrêmement économique, ce qui rend meilleur marché le prix de production de l'énergie électrique employée pour son propre chauffage, il résulterait que le prix de l'énergie électrique absorbée dans ce but a une valeur tout à fait insignifiante qui n'amoindrit pas sensiblement la rentabilité de la transformation proprement dite et de l'installation entière en général.

Nous montrerons bientôt comment doit être fait en pratique ce chauffage du mazout à l'électricité. Mais avant de procéder à cela, il est nécessaire de passer à l'autre chapitre de la préparation du mazout, c'est-à-dire à son épuration de matières étrangères, car à partir de ce moment, le problème du chauffage préalable est intimement lié au problème de l'épuration et on doit les traiter ensemble.

Nous avons déjà vu quelles sont les matières étrangères indésirables qui se trouvent dans le mazout : l'eau, les asphaltes, les acides et les impuretés minérales et mécaniques. Nous simplifierons le problème si nous envisageons d'abord ce qu'on ne peut en aucun cas éliminer, pour nous occuper ensuite exclusivement des substances éliminables.

On ne peut pas éliminer les asphaltes, car ils font partie de la constitution intime du mazout. Ils ne sont pas distillables, autrement dit leur température éventuelle de distillation serait plus haute que celle de tous les autres éléments composant le mazout, par conséquent les asphaltes resteraient en dernier lieu.

D'autre part, les asphaltes se trouvant dans le mazout sous la forme d'une solution colloïdale, on ne peut les séparer, ni par filtrage, ni par la force centrifuge. De sorte qu'il ne nous reste à ce sujet qu'à les accepter tels qu'ils sont, ce qui — comme on l'a vu dans le chapitre précédent — ne présente pas de désavantages prohibitifs, même pour des proportions assez importantes contenues dans le mazout.

En ce qui concerne l'acidité, nous avons vu qu'elle est dangereuse par les corrosions qu'elle provoque ; elle pourrait être éliminée par des procédés de neutralisation, mais ceux-ci sont possibles seulement dans les raffineries. Pourtant, même dans les raffineries, on ne neutralise pas le mazout, car celui-ci n'est pas considéré comme un produit fini, mais simplement comme un résidu de fabrication et, comme tel, on ne le soumet plus à un procédé d'amélioration qui coûterait tant soit peu.

Comme substances étrangères éliminables, il reste donc l'eau et les impuretés solides, minérales et mécaniques. Aussi bien l'eau que ces impuretés so-



lides peuvent être séparées en premier lieu par la décantation ou sédimentation, c'est-à-dire par une séparation due à la chute vers le fond du réservoir, des particules d'eau et des solides, causée par la différence de densité. Evidemment cette chute est de beaucoup facilitée quand le mazout est plus fluide, car alors il oppose moins de résistance au déplacement vers le bas des particules étrangères en suspension. On diminue très facilement par le chauffage la viscosité du mazout, et en même temps on obtient par ce chauffage la décantation de l'eau quand elle est émulsionnée dans le mazout, grâce à la diminution de la tension superficielle de la masse.

Au cas où le temps de séjour du mazout dans les réservoirs d'approvisionnement est assez long et le chauffage suffisant, on peut réaliser, grâce à cette décantation et sédimentation, l'élimination de la majeure partie de l'eau et des impuretés, mais pour le reste, spécialement pour les impuretés plus fines et plus intimement mêlées au mazout, on doit procéder à l'élimination par les méthodes plus efficaces que nous allons décrire.

La durée de l'emmagasinage du combustible dépend de la capacité des réservoirs en rapport avec la consommation, et les limites respectives sont fixées par l'emplacement disponible, le coût des réservoirs et le prix du capital qui y doit être immobilisé dans le combustible approvisionné à la fois pour une durée plus longue.

Le chauffage du réservoir d'approvisionnement reste encore nécessaire pour assurer durant la saison froide de l'hiver, et pour des mazouts très visqueux ou riches en paraffine, la possibilité de pomper le mazout du réservoir et son envoi dans les installations intérieures de l'usine.

On pourra se contenter d'une décantation et sédimentation préalables dans le réservoir d'approvisionnement d'autant moins complète que l'on pourra compter sur une épuration mieux finie par les procédés à suivre.

A l'usine électrique de Piatra Neamt seul ce premier chauffage du mazout dans le réservoir d'approvisionnement est assuré à l'aide de l'eau chaude provenant du refroidissement des moteurs, que l'on ramasse dans un bassin d'eau commun pour tous les moteurs, et d'où elle est ensuite pompée dans la tour de refroidissement.

Le réservoir d'approvisionnement, ou plus exactement le serpent d'échauffement de ce réservoir, est intercalé dans le circuit de refoulement de la pompe à eau chaude, qui est ainsi obligée de passer par ce serpent et de céder la chaleur qu'elle contient au combustible se trouvant dans le réservoir.

Bien entendu, ceci présuppose l'existence d'une tour de refroidissement; mais même là où le refroidissement des moteurs se fait seulement avec de l'eau fraîche, il serait plus économique et d'un rendement plus fort, si l'on assurait au moyen d'une pompe le passage forcé et rapide de l'eau chaude par le serpent d'échauffement du réservoir à combustible.

Nous ajouterons que ce serpent, qui dans notre cas a été exécuté en tuyau de fer de 25 mm de diamètre intérieur, disposé en quatre circuits parallèles, n'a pas été intercalé directement dans la conduite de refoulement de l'eau chaude vers la tour de refroidissement, conduite ayant 100 mm de diamètre, mais on l'a posé en dérivation avant et après la sortie d'une vanne de régularisation, se trouvant comme un by-pass dans cette conduite; par ce moyen, on peut faire passer par le serpent seulement la quantité d'eau que l'on désire, ou pour mieux dire, autant qu'il peut en être fourni par la pompe d'eau chaude, ayant en vue la résistance hydraulique de ce serpent.

Le réservoir d'approvisionnement du mazout qui, au moment où il servait pour contenir du gas-oil, était installé à l'air libre, a été, au moment où l'on



a transformé les installations de l'usine pour la combustion au mazout, entouré d'une légère maçonnerie, pour le défendre contre le froid de l'hiver et pour qu'il puisse mieux garder la chaleur apportée par l'eau chaude des moteurs.

Par cette installation précédemment décrite, on a obtenu dans cette usine un chauffage préalable du mazout, variable bien entendu d'après la saison et le degré de charge de l'usine, tel que, par exemple pendant un jour d'hiver, quand la température extérieure était de  $-8^{\circ}\text{C}$ , on a mesuré une température de  $+19^{\circ}\text{C}$  de la masse du mazout, et récemment à une température extérieure de  $+16^{\circ}\text{C}$ , on a mesuré une température de  $32^{\circ}\text{C}$  du combustible. Il faut mentionner la circonstance favorable que pendant l'hiver, quand on a besoin d'un chauffage préalable plus fort du mazout, on dispose aussi d'une plus grande quantité d'eau chaude, grâce au fonctionnement de plus longue durée des moteurs et de la charge plus grande de l'usine.

Grâce au système décrit, on a pu faire sans aucune difficulté le pompage du mazout du réservoir dans les installations intérieures de l'usine, quelle qu'ait été la qualité du mazout, qui dans certains cas avait une viscosité de plus de  $15^{\circ}$  à  $17^{\circ}$  Engler à une température de  $50^{\circ}\text{C}$  et une proportion de paraffine allant jusqu'à 25 pour 100, ainsi qu'un point de congélation allant jusqu'à  $30^{\circ}\text{C}$  et même plus.

Tout ce système a fonctionné pendant quatre années sans la moindre interruption, sans présenter des défauts ou des besoins de réparations, et sans exiger aucune nouvelle dépense.

En dehors de la facilité du pompage, il ne semble pas que le chauffage du mazout dans le réservoir d'approvisionnement ait eu des effets particulièrement remarquables sur la purification du combustible. Nous déduisons cela d'abord du fait que la quantité de sédiments trouvée au fond du réservoir à l'occasion de chaque révision annuelle a été tout à fait négligeable, et en second lieu du fait de la trop grande quantité d'impuretés obtenue dans la deuxième phase de la purification, faite dans l'usine.

Sans doute la faute en est-elle en grande partie imputable au trop court délai de séjour du mazout dans le réservoir d'approvisionnement, dont la capacité est égale environ à un volume trente fois celui de la consommation moyenne journalière, ainsi qu'à la mise en mouvement des sédiments provoquée par les approvisionnements successifs, ce que l'on est en train de corriger par l'installation d'un second réservoir d'approvisionnement, de façon à pouvoir réserver l'un d'entre eux à la réception des approvisionnements, le second devant tenir le combustible au repos prolongé. Il est aussi probable que le préchauffage réalisé dans ce réservoir n'est pas suffisant mais, comme on a utilisé dans ce but seulement l'eau chaude provenant des moteurs, on ne pourrait pas augmenter ce chauffage, sauf dans le cas où l'on aurait recours au surchauffage de cette eau par l'utilisation des gaz d'échappement, ce qui pour une installation existante ne serait ni simple ni peu coûteux.

D'après notre opinion, quels que soient les moyens employés, on ne saurait pas par la simple sédimentation dans les réservoirs, aussi poussée soit-elle, obtenir cette épuration, indispensable pour le bon fonctionnement des moteurs Diesel, des petites particules d'impuretés solides se trouvant dans le mazout, car même pour un très fort chauffage du liquide, il existe une limite de dimensions minima pour ces impuretés, au delà de laquelle celles-ci ne peuvent plus tomber au fond, et restent toujours en suspension.

La même remarque s'applique au filtrage, le système généralement employé à ce moment là pour l'épuration du mazout, et qui nous avait été recommandé aussi par le fournisseur des moteurs. Or, il ne nous semblait pas qu'on puisse



arriver par cette voie à ce haut degré d'épuration du mazout, devant le débarrasser des impuretés minérales, condition essentielle pour sauvegarder les cylindres contre l'usure rapide constatée dans le fonctionnement au mazout des moteurs Diesel et qui en général est considérée comme inévitable.

On sait que l'efficacité de tous les filtres est basée moins sur les corps filtrants eux-mêmes, que sur une très fine mais très dense pellicule de nature presque colloïdale, constituée des impuretés mêmes contenues dans le liquide à filtrer, et qui se forme à la surface des corps filtrants, lesquels servent seulement de carcasse pour cette pellicule.

Avant la formation de cette croûte filtrante, le filtre proprement dit est très peu efficace, le plus fin d'entre eux présentant encore une trop grande perméabilité comparée aux dimensions microscopiques de la plus grande partie des impuretés qui doivent être retenues. C'est seulement après un certain temps de fonctionnement que les filtres sont en mesure de retenir aussi les impuretés plus fines, lesquelles restant à la surface du filtre, contribuent à leur tour au grossissement de la croûte filtrante, laquelle devient ainsi meilleure comme filtre, mais en même temps de moins en moins perméable, opposant ainsi une résistance de plus en plus grande au passage du liquide à filtrer. Ceci impose de fréquents nettoyages du filtre, et chaque nettoyage comporte la destruction de la pellicule filtrante, c'est-à-dire une diminution de la qualité du filtre. Dans les plus mauvais cas, si la pression du liquide devient trop grande, elle peut briser cette pellicule, et alors la masse du liquide passera presque non filtrée à travers le corps filtrant.

Pour les considérations qui précèdent, et en cherchant à obtenir une épuration particulièrement efficace du combustible, nous nous sommes arrêtés à une méthode d'épuration — connue par elle-même, — utilisée à ce moment-là généralement pour la régénération des huiles de graissage, mais pas encore utilisée pour l'épuration du mazout, à savoir l'épuration par *centrifugation*.

Au fond, cette méthode est aussi une opération de sédimentation, c'est-à-dire de séparation des particules basée sur la différence de densité. Par la sédimentation proprement dite, on entend d'habitude celle qui a lieu en direction verticale sous l'action de la gravité. Dans la méthode centrifuge, le déplacement des particules plus lourdes a lieu d'une manière radiale indifféremment, soit dans un plan horizontal, soit dans un plan vertical, d'après le plan dans lequel tourne la centrifugeuse, habituellement dans un plan horizontal, et la force qui agit dans ce cas c'est la force centrifuge. Mais tandis que dans la sédimentation naturelle, la force qui agit sur chacune des particules qui doivent être enlevées de la masse du liquide, est égale à  $mg$ , dans la centrifugeuse, cette force est proportionnelle à  $m \frac{v^2}{r}$  c'est-à-dire  $\frac{v^2}{gr}$  fois plus grande.

Par conséquent, tandis que dans la sédimentation naturelle, nous travaillons avec l'accélération  $g = 9,81 \text{ m.s.s}$  qui est une constante universelle, qui nous est donnée une fois pour toutes, dans l'accélération centrifuge, nous avons une force aussi grande que nous le désirons, jusqu'à la limite de vitesse admissible au point de vue de la construction des appareils.

Pour l'usine de Piatra Neamt, on a employé une centrifugeuse ayant un diamètre de 96 mm et tournant à une vitesse de 17000 tours par minute (85 m.s de vitesse périphérique) ce qui donne par le calcul une force de séparation 15500 fois plus grande que dans le cas de la sédimentation par simple gravité. Ce chiffre indique mieux que toute autre description l'extraordinaire efficacité de ce moyen d'épuration du mazout.

Comme pour le cas de la sédimentation par gravité, il est aussi nécessaire pour la méthode centrifuge que le liquide soit très fluide, afin d'opposer une résistance de viscosité aussi réduite que possible au déplacement des particules



devant être éliminées. On arrive à cela toujours par un chauffage correspondant du liquide en question. Pour le mazout, le chauffage le plus recommandable est de 70° C, température à laquelle même le plus visqueux des mazouts, s'affine jusqu'à une viscosité de 4 à 6°. E., c'est-à-dire tout près de la viscosité du gas-oil. Un chauffage plus élevé peut produire des difficultés par le fait qu'il développe des vapeurs de pétrole et des vapeurs d'eau qui gênent la circulation par les tuyaux et les pompes, et présentent le danger d'inflammabilité.

Grâce à la grande efficacité d'épuration des centrifugeuses, on peut épurer en 2 à 3 heures de fonctionnement de celles-ci, toute la quantité de mazout nécessaire pour l'exploitation journalière, ce qui présuppose un débit correspondant de la circulation du liquide, et demande à son tour une haute intensité du chauffage. Ceci exige l'élévation de la température des éléments de chauffage, au minimum à 90° ou 100° C, ce qui ne saurait plus être obtenu par l'eau chaude arrivant des moteurs, à moins de chauffer celle-ci d'une manière spéciale et compliquée par les gaz d'échappement.

Pour ce motif, le préchauffage du mazout avant la centrifugation doit être fait presque obligatoirement par des moyens électriques, même dans les cas où le chauffage du mazout est pour le reste effectué avec l'eau chaude des moteurs.

Conformément à ce qui précède, à l'usine de Piatra Neamt l'épuration du mazout se fait au moyen d'une centrifugeuse du type Sharples, du plus petit modèle, ayant un débit de 750 litres à l'heure, ce qui demande un fonctionnement moyen de 2 heures par jour pour assurer la consommation normale. Cette centrifugeuse est actionnée par courroie, par un moteur triphasé de 1 ch.

L'installation comprend encore deux petites pompes rotatives mais volumétriques, système Mouvex, spécialement adaptées aux liquides visqueux et impurs, et qui sont actionnées par un électro-moteur commun de 0,5 ch. Une de ces pompes aspire le mazout du réservoir d'approvisionnement, et le pousse, à travers le réchauffeur électrique, à la centrifugeuse et la seconde pompe reçoit le mazout purifié par la centrifugeuse et le refoule dans le réservoir dit *d'alimentation*, placé dans la salle des machines, ayant une capacité de 2 000 litres et où s'alimentent les réservoirs à filtre des moteurs.

Nous mentionnerons que l'installation de pompage a causé au début des difficultés. Tout d'abord il fallait que les deux pompes aient un débit parfaitement identique, autrement la centrifugeuse intercalée entre elles restait à vide ou déversait par le trop plein. On a pu remédier à cela par un circuit à retour (by-pass) installé sur une des pompes.

Au commencement, le réchauffeur électrique avait été posé en tête de la conduite qui venait du réservoir de stock, et par conséquent avant la pompe d'aspiration. Pour ce motif, dès que la température du mazout s'élevait à 70° C, et surtout si accidentellement elle s'élevait encore plus, le fonctionnement de la pompe devenait défectueux à cause des vapeurs produites. Notons en passant que cette pompe se trouvant sous le niveau du mazout dans le réservoir, elle remplissait les conditions généralement recommandées pour le pompage des liquides chauds, et pourtant l'expérience a montré que cela n'était pas suffisant.

Le circuit de retour par by-pass s'est démontré utile aussi d'un autre point de vue, à savoir, au démarrage de la centrifugeuse, pour pouvoir chauffer d'abord le mazout en circuit fermé jusqu'à la température requise, ce qui dure 2 à 3 minutes, et seulement après cela renvoyer le liquide dans la centrifugeuse. Autrement la centrifugeuse se remplirait dès le début d'une masse de mazout visqueux, pas suffisamment réchauffé, ce qui serait nuisible au bon fonctionnement de la centrifugeuse, jusqu'à ce qu'elle en soit peu à peu débarrassée par le mazout de plus en plus chaud qui suit.



Après que la pompe a été installée avant le réchauffeur électrique, et qu'elle a dû aspirer le mazout à la température moyenne de seulement 20° à 33° C, maintenue dans le réservoir d'approvisionnement, pour que le liquide puisse circuler dans la conduite respective, le fonctionnement est devenu parfait, car les poches éventuelles de vapeurs qui se présenteraient dans le circuit de refoulement, présentent une importance beaucoup plus réduite.

Le réchauffeur électrique est composé de 4 tuyaux courts, en cascade, et contenant chacun un élément de chauffage par résistance électrique du système Calrod, absorbant chacun 6 kW. La puissance totale de la batterie de chauffage est par conséquent de 24 kW, mais normalement on se sert seulement de 2 à 3 éléments, c'est-à-dire seulement de 12 à 18 kW.

Grâce à cette installation, les résultats atteints sont parfaits : par les analyses effectuées, on a pu constater directement que le mazout sorti de la centrifugeuse possède une infime proportion de cendres, soit seulement 0,02 pour 100. (D'habitude on admet pour les huiles lourdes une proportion qui va jusqu'à 0,05 pour 100.) Ensuite indirectement, on a constaté le parfait état de pureté du mazout par ce qui reste dans les filtres des moteurs.

Comme il est d'usage, chaque moteur possède son petit réservoir-filtre. Deux des moteurs ont les filtres intérieurs de ces réservoirs composés d'un tamis métallique très fin, le même qui était fourni en vue de l'utilisation du gas-oil, et ce tamis est recouvert encore par une toile fine. Pour le troisième moteur, qui a été installé ultérieurement, le filtre est composé par 2 tamis métalliques, ayant, intercalé entre eux, un feutre épais, toujours en vue d'un fonctionnement au gas-oil. — Ces filtres sont restés à leur place pendant le fonctionnement au mazout, ce qui n'aurait pas été possible si l'épuration préalable due à la centrifugation n'avait pas été très complète, car les dépôts d'impuretés qui se seraient formés au-dessus de ces filtres denses, en réalité destinés au gas-oil, auraient empêché très rapidement la circulation du mazout. Ceci n'est point arrivé, mais par contre, à chaque examen semestriel de ces filtres, on les trouve presque propres, et nécessitant un simple lavage avec du pétrole lampant ou du gas-oil, à tel point, qu'après 5 années de fonctionnement des moteurs, dont une année au gas-oil, et 4 années au mazout, il n'a pas été nécessaire de remplacer les tamis filtrants, qui se détériorent seulement là où on a besoin de les nettoyer fréquemment et énergiquement des dépôts formés.

On peut juger également de l'efficacité de la méthode d'épuration par centrifugation, en constatant de visu la masse de terre, sable et autres corps, pesant 2 à 3 kg et plus encore, que l'on sort tous 1, 2 ou 3 jours — d'après la qualité du mazout fourni — du tambour de la centrifugeuse. On peut s'imaginer tout le mal que la masse recueillie ainsi aurait pu causer par son passage à travers les moteurs. Les plus parfaites installations de sédimentation et de filtrage d'après des méthodes classiques, n'auraient pu retenir une telle quantité d'impuretés minérales qui, pour une usine de la dimension de la centrale de Piatra Neamt, auraient produit un dépôt sec annuel d'impuretés de plusieurs centaines de kilogrammes, ce que l'on ne trouve pas dans les filtres les plus bourrés de sédiments. D'où l'on peut conclure que la différence, qui n'aurait pas été retenue par les procédés usuels de filtration, serait passée dans les moteurs.

De ce qui précède, il résulte que l'épuration du mazout qui a lieu dans la centrifugeuse est poussée à un degré qui dépasse les besoins pratiques. Pourtant, l'épuration se continue également par le réservoir d'alimentation, dans lequel le mazout centrifugé est renvoyé et où, grâce à la chaleur intense qui s'y maintient, se déposent les impuretés qui seraient éventuellement encore restées dans le liquide. Enfin, ce liquide chaud traversant aussi les réservoirs filtres de



chaque moteur y est filtré pour la dernière fois. Ces dernières épurations sont, dans ce cas, plutôt théoriques, et comme une sorte de réserve, pour le cas éventuel — il n'est pas encore arrivé jusqu'à ce jour — où la centrifuge s'étant arrêtée dans son fonctionnement, les pompes continueraient à pomper le mazout brut, ce qui est démontré, comme nous venons de le dire, par le manque presque total de dépôts dans le réservoir d'alimentation et dans les réservoirs-filtres.

Comme nous l'avons déjà dit, le mazout entre dans le réservoir d'alimentation qui se trouve dans la salle de machines à une température d'environ 70° C, tel qu'il est sorti de la centrifugeuse. Sur tout le chemin qui lui reste à faire et pour être toujours assez fluide afin de traverser facilement les tuyaux, les filtres denses des réservoirs-filtres et pour arriver ensuite aux soupapes d'injection, et aux pulvérisateurs respectifs avec la très petite viscosité nécessaire pour une pulvérisation et combustion avantageuse, le liquide doit être maintenu à une température d'environ 50° C. Ceci se fait, dans l'installation décrite, seulement par des moyens électriques, à savoir dans le réservoir d'alimentation et dans les réservoirs-filtres, par des éléments de chauffage électrique de construction habituelle et connue, et tout le long des tuyaux par un procédé nouveau dont nous donnerons la description ci-après.

Les éléments de chauffage utilisés dans le réservoir d'alimentation et les réservoirs-filtres ont l'aspect de cartouches cylindriques avec des résistances métalliques à l'intérieur. Leur diamètre est de 25 à 30 mm, la longueur de 200 à 400 mm, selon leur puissance. Dans le réservoir d'alimentation on se sert de trois éléments de 1,2 kW, dans chacun des réservoirs-filtres des deux moteurs plus grands (320 ch), deux éléments de 800 watts, tandis que, pour le réservoir-filtre du petit moteur de 260 ch de deux éléments de 600 watts. Ces cartouches-chaufferettes ne sont pas noyées directement dans le liquide, mais placées à l'intérieur de tubes en laiton ayant un diamètre de 1 à 2 mm plus grand.

Tous les éléments de chauffage sont reliés par des fusibles et des petits commutateurs basculants aux conduites de lumière de la centrale. Normalement dans le réservoir d'alimentation reste en permanence intercalé un seul élément de chauffage, suffisant pour la compensation des pertes de chaleur, et pour maintenir le combustible chaud durant une journée, c'est-à-dire d'une période de centrifugation et remplissage à la suivante. Pour le cas exceptionnel d'une fourniture de mazout ayant un plus grand contenu d'eau que d'habitude, et puisque notre centrifugeuse n'est pas adaptée pour l'élimination simultanée des impuretés et d'un grand pourcentage d'eau, on intercale alors dans le circuit, les trois éléments chauffants du réservoir d'alimentation, de manière que le mazout qui sort de la centrifugeuse à une température de 70° C est surchauffé jusqu'à une température de 95° C et même plus de manière que l'eau, se trouvant encore dans le mazout, puisse être éliminée par évaporation.

Les éléments chauffants des réservoirs-filtres sont intercalés seulement pendant le fonctionnement des moteurs respectifs, à savoir : 20 à 30 minutes avant le démarrage du moteur respectif, on ferme les deux cartouches, afin que tout le liquide se trouvant dans le réservoir respectif et qui pouvait s'être refroidi totalement ou même s'être congelé pendant le repos du moteur, puisse être réchauffé aussi rapidement que possible à la température de service d'environ 50° C. Après avoir atteint ce résultat, et pendant tout le fonctionnement du moteur respectif, jusqu'à l'arrêt du moteur, on ne laisse plus dans le circuit qu'une seule cartouche chauffante.

Il nous restait à considérer un seul problème difficile, celui du chauffage



de la tuyauterie du combustible, qui conduit le mazout depuis le réservoir d'approvisionnement jusqu'aux réservoirs-filtres des trois moteurs, et de là jusqu'aux pompes à combustible de ceux-ci.

Spécialement en ce qui concerne les conduites d'alimentation du moteur même, et ayant en considération que pour les besoins d'une bonne pulvérisation et combustion le combustible doit arriver aux injecteurs avec une très petite viscosité qui ne dépasse pas 6° à 7° C, il est essentiel pour les mazouts lourds et bon marché utilisés pour cette centrale de les maintenir à une température de 50° à 60° C, et même plus, jusqu'à la pompe de combustible du moteur. On doit avoir en vue également que le liquide se trouvant dans le tuyau de raccordement entre le réservoir-filtre et le moteur ne gèle pas pendant les périodes de repos de celui-ci.

D'une manière habituelle et commune ce problème est résolu, comme nous l'avons montré, au moyen d'une tuyauterie à parois doubles et isolées, à travers lesquelles circule l'eau chaude des moteurs. Nous croyons inutile d'insister sur la complication de l'installation, le coût exagéré, le manque d'esthétique et la saleté occasionnée par une telle tuyauterie à chemise d'eau. De plus, la température réalisée par ce moyen n'est généralement suffisante que pour assurer la circulation dans les tuyaux, mais pas assez pour obtenir la diminution de la viscosité jusqu'au degré requis par l'injection, ce qui demanderait une température beaucoup plus élevée que celle qu'on peut obtenir de l'eau chaude des moteurs, à moins d'avoir recours à un surchauffage supplémentaire et compliqué au moyen des gaz d'échappement.

Du reste, dans ces installations, aussi chaude que soit l'eau, il reste toujours certaines portions de la conduite difficiles à chauffer, surtout aux points de raccordement, c'est-à-dire là où l'on doit interrompre la chemise d'eau, ce qui suffit pour que pendant la saison froide où, là où la conduite se trouve exposée à un courant d'air froid, et surtout si l'on utilise un mazout paraffineux, il se produise des points de bouchage de la conduite suffisants pour faire périchliter la bonne marche de toute l'installation. Effectivement, nous avons eu l'occasion de voir de telles installations à chemise d'eau, très bien exécutées du reste, et où, dans certains points de la conduite, surtout après une pause de service, il était nécessaire de venir chauffer ces points à l'aide d'une lampe à souder.

Nous avons résolu le problème du chauffage de la tuyauterie également par voie électrique. Dans ce but, nous avons fait exécuter d'après nos indications des résistances électriques tissées avec de l'amiante dans la forme en rubans ayant 10 mm de largeur et 9 m de longueur chacune et absorbant chacune 660 W sous une tension de 220 V.

Nous avons placé ces rubans tout le long de la tuyauterie de mazout, c'est-à-dire entre tous les réservoirs, et jusqu'aux pompes de combustible des moteurs, obtenant ainsi un chauffage à 74 W, respectivement 64 calories par heure et par mètre linéaire de tuyau. Dans certaines portions des conduites près des moteurs, au lieu de tendre ces résistances-rubans le long des tuyaux, nous les avons placées en spirale pour obtenir ainsi un chauffage linéaire plus intense.

La température de fonctionnement de la résistance est d'environ 110° à 120° C, de sorte qu'en aucun point il ne saurait y avoir un surchauffage dangereux ou nuisible.

Ces rubans tissés en amiante et fils de nickeline n'ont pas été naturellement appliqués directement sur les tuyaux, mais avec l'interposition d'une isolation électrique constituée par une bande de micanite, ayant 0,5 mm d'épaisseur, et une largeur de quelques millimètres plus grande que celle du



ruban de résistance. Du côté extérieur de ce ruban, on a placé également une autre feuille de micanite, et ensuite le tout a été enveloppé par un carton d'amiante de 1 mm d'épaisseur, qui sert comme protection mécanique et en même temps aussi comme calorifuge. Le tout a été lié et consolidé par une spirale en fil de fer de 1 mm de diamètre.

Chaque ruban est alimenté séparément par une prise de courant, au moyen d'un interrupteur habituel d'installation intérieure. Les choses ont été faites ainsi, pour qu'à chaque bride de tuyau on trouve une tête de ruban, de manière à ce qu'on puisse démonter les tuyaux sans aucune difficulté. Bien entendu, nous avons eu soin de prévoir une prise de terre pour l'installation de la tuyauterie, pour le cas d'un contact entre le ruban de résistance et les tuyaux en fer.

Les résultats obtenus par ce nouveau système sont les suivants :

La tuyauterie du combustible est restée non changée à sa place, telle qu'elle avait été prévue quand on ne savait pas encore qu'on utiliserait du mazout. Tout le dispositif de chauffage par rubans-résistances et leur enveloppe d'isolation et de protection n'augmente le diamètre des tuyaux que de 3 mm environ, et comme le tout a été peint en noir, les tuyaux prévus avec des rubans ne se distinguent guère des autres tuyaux simples en fer.

Le chauffage des conduites de mazout peut avoir lieu n'importe quand, et à n'importe quel point de l'installation, quel que soit le moteur qui se trouve en fonction, pourvu qu'il y ait du courant aux barres de la centrale, ce qui est toujours le cas.

Ce chauffage est très rapide et énergique, de sorte qu'une tuyauterie bouchée par la congélation peut s'ouvrir en 2 à 3 minutes.

Le chauffage marche parallèlement avec le combustible jusqu'à l'entrée des pompes à combustible des moteurs, dans lesquelles le mazout entre à une température de 60° C. Quoiqu'on aurait pu appliquer ce système plus loin, c'est-à-dire pour la tuyauterie fine de combustible qui va des pompes jusqu'aux injecteurs, on n'a pas senti ce besoin, car le mazout arrive tout de même à la bouche de l'injecteur à une température d'environ 55° C, son trajet étant très court, et les pertes de chaleur dans l'ambiance chaude autour des cylindres des moteurs, étant tout à fait insignifiantes.

En fin de compte, pendant quatre années de fonctionnement, il ne s'est produit aucun dérangement de fonctionnement, et aucun des rubans n'a dû être remplacé, ce qui démontre la parfaite solidité et sûreté de cette installation. La dépense d'installation a été minime, comme nous allons bientôt l'indiquer.

En résumé, les opérations d'affinage du mazout effectuées à l'usine génératrice de Piatra Neamt en vue de l'alimentation de ses moteurs Diesel avec ce combustible sont les suivantes :

1° Une première décantation et sédimentation du mazout dans le réservoir d'approvisionnement, qui est chauffé à 20 à 30° C, par l'utilisation d'un système de serpentins, utilisant l'eau chaude des moteurs dans son chemin vers la tour de réfrigération. Grâce à ce chauffage, on facilite la décantation et on assure la possibilité du pompage du combustible.

2° L'épuration parfaite du mazout de ses impuretés minérales et mécaniques par la méthode centrifuge. Afin que la centrifugation soit efficace, la fluidité du mazout est accrue par un chauffage à 70° C, au moyen d'une batterie à résistances électriques.

3° Le chauffage du mazout à environ 95° C, dans le réservoir d'alimenta-



tion situé dans la salle de machines, au moyen d'éléments électriques, pour obtenir l'évaporation de l'eau éventuellement restée dans le combustible.

4° L'épuration finale du mazout dans les réservoirs-filtres des moteurs où le mazout est maintenu à la température d'environ 50° C, toujours au moyen du chauffage électrique, dans le double but de faciliter le passage du mazout par ces filtres fins, et de maintenir le liquide chaud dans son chemin vers les soupapes d'injection des moteurs.

5° Le chauffage final du mazout dans la conduite d'alimentation du moteur jusqu'à la pompe de combustible, à la température de 60° C, afin qu'il conserve au moment de l'injection une température d'environ 55° C, nécessaire pour réduire la viscosité du liquide à 6° à 8° E, qui est le maximum admissible pour une bonne pulvérisation et combustion. Ce chauffage est assuré au moyen de résistances électriques tissées en rubans avec de l'amiante, et fixées le long de la tuyauterie respective.

6° L'utilisation du même système de chauffage par rubans électriques pour toute l'autre tuyauterie de raccordement entre le réservoir de stock et celui d'alimentation et les réservoirs-filtres appartenant à chaque moteur.

## V. L'aménagement des moteurs.

Ayant terminé la description des installations requises pour la préparation du combustible, nous passons à la question de l'aménagement des moteurs mêmes.

Comme nous l'avons dit dès le début, au point de vue thermique, il n'y a aucune difficulté pour l'utilisation du mazout en remplacement du gas-oil; ceci du fait de la température d'auto-allumage presque égale pour ces deux combustibles. Par suite, les aménagements à faire aux moteurs sont minimes.

Par exemple, pour les deux moteurs à compresseur de la centrale en question, on n'a eu à effectuer aucune modification intérieure, sauf une légère hausse de la compression qui de 31 à 32 kg:cm<sup>2</sup> prévue pour le fonctionnement au gas-oil, a été portée à 33 kg:cm<sup>2</sup> dans le but d'assurer en tout cas le bon allumage du combustible, et une hausse correspondante de la pression de l'air d'injection.

Aucune modification n'a été nécessaire aux pulvérisateurs ni dans le calage ou l'amplitude de l'injection, car dès la première épreuve effectuée, le démarrage, la combustion et la consommation spécifique se sont montrés aussi bons que dans le fonctionnement avec le gas-oil.

Pour le troisième moteur de l'usine génératrice, du type à injection mécanique, la fabrique fournissant le moteur a recommandé et fourni dans le but de l'utilisation du mazout des soupapes à combustible ayant leur siège prévu avec un refroidissement d'eau, dans le but d'empêcher la calcination du mazout pouvant produire du coke dans le petit dépôt au bas de la soupape autour des petits orifices du pulvérisateur.

Mais, tandis que les moteurs à compresseur ont fonctionné et fonctionnent depuis le commencement avec une combustion parfaite, ce dernier moteur à injection mécanique n'a pu être amené à donner un échappement incolore des gaz de combustion. D'ailleurs, même avec le mazout, le démarrage se fait aussi pour ce moteur sans aucune difficulté, la charge et la surcharge sont bien données et maintenues, la régularisation est bonne, la consommation spécifique seulement légèrement augmentée et sans qu'il résulte des dépôts de coke anormaux à l'intérieur, de sorte que les opérations périodiques de nettoyage ne



sont pas plus fréquentes que dans le fonctionnement au gas-oil. Il est bien entendu que ces méthodes et les résultats obtenus ne peuvent pas être généralisées, chaque type de moteur, ou même chaque moteur à part, devant être traité d'une manière individuelle.

Au point de vue extérieur, les trois moteurs de l'usine ont dû être pourvus d'un système de double alimentation alternative, de gas-oil et de mazout. Comme les expériences faites chez nous l'ont montré, tous les moteurs peuvent démarrer directement avec du mazout, qui a la même température d'auto-allumage que le gas-oil, et pourtant il est nécessaire de prévoir un démarrage au gas-oil, parce qu'après les longues périodes de repos, le mazout resté dans son dernier trajet dans la tuyauterie fine et non chauffée des pompes de combustible, vers les injecteurs et dans les chambres de ceux-ci, se refroidit et devient épais, de sorte qu'au moment du nouveau démarrage il ne peut plus circuler ou tout au moins ne peut plus être pulvérisé, comme il est nécessaire pour l'allumage. Pour ce motif, on doit avoir soin que le moteur ne s'arrête pas avec du mazout dans les pompes, tuyaux et injecteurs, chose qui s'obtient très simplement, en changeant l'alimentation du moteur 4 à 5 minutes avant l'arrêt, pour passer du mazout au gas-oil, de sorte qu'après l'arrêt, tout le circuit reste rempli de ce dernier combustible :

En cas d'arrêt accidentel, il faut avoir soin d'ouvrir immédiatement les robinets de vidange et de pomper à la main afin que les pompes de combustible, la tuyauterie et les injecteurs soient rapidement vidés du mazout et remplis de gas-oil.

Pour réaliser cette double alimentation, nous avons utilisé le fait que, comme d'habitude, tous nos moteurs Diesel ont été dès le début prévus avec deux réservoirs-filtres, de sorte que nous avons pu destiner — sans dépenses supplémentaires — un réservoir-filtre pour le mazout et qui a été prévu avec chauffage électrique de la manière exposée ci-dessus, et le second réservoir-filtre est resté pour le gas-oil. Bien entendu, on a dû modifier la liaison entre les raccords et les robinets d'une manière correspondante et à côté de la conduite d'alimentation initiale du moteur, qui est restée destinée au gas-oil, on a posé une deuxième conduite plus grosse et chauffée sur toute sa longueur au moyen des rubans-chaufferettes décrits, jusqu'après des pompes à combustible, devant lesquelles on a intercalé un robinet à trois voies, pour que ces pompes puissent être mises en liaison à volonté avec la conduite d'alimentation de mazout ou avec celle de gas-oil.

## VI. Résultats.

Nous avons décrit dans ses lignes générales toute l'installation exécutée à l'usine de Piatra Neamt. Maintenant, au point de vue des résultats atteints ceux-ci doivent être considérés des points de vue suivants :

- 1° La sûreté de fonctionnement;
- 2° L'économie de consommation;
- 3° L'usure des moteurs;
- 4° La simplicité de la manutention;
- 5° La dépense de l'installation.

1° Quant à la sûreté de fonctionnement, elle n'a pas été diminuée dans les quatre dernières années, depuis que l'usine fonctionne au mazout.

Deux ou trois légers grippages des pistons sans conséquences, qui se sont produits dans deux des seize cylindres de l'usine, dans les cinq années de



fonctionnement, étaient dus à d'autres circonstances qu'à la nature du combustible.

Ceci en ce qui concerne les moteurs mêmes. De même pour ce qui concerne les installations de préparation du mazout, nous mentionnons que nous n'avons jamais eu un dérangement qui ait empêché même pour un seul moment le fonctionnement normal de l'usine. Les cartouches de chauffage électrique des réservoirs se consommaient auparavant dans une période de trois à quatre mois, mais étaient ensuite remplacées facilement et immédiatement par les pièces tenues en réserve. Après quelque temps, au lieu d'acheter des pièces du commerce, à la tension normale de 220 V, nous avons commandé spécialement des éléments chauffants pour 250 V, qui, en fonctionnant sousvoltés, depuis deux années qu'ils ont été installés, n'ont plus été brûlés, et le dépôt de réserves est resté intact. La petite diminution de l'effet calorique résultant de ce sousvoltage, s'est montrée sans importance pratique.

Spécialement en ce qui concerne la centrifugeuse, on doit mentionner que pendant quatre années de fonctionnement journalier, elle n'a subi aucune détérioration, sauf l'usure normale des courroies de transmission et de certains coussinets. La centrifugeuse n'a pas manqué un seul jour de service.

En un mot, la sûreté de fonctionnement de l'installation entière, aussi bien des moteurs que pour la préparation du combustible, s'est montrée être parfaite et en tout cas absolument égale à la sûreté d'exploitation obtenue auparavant par le fonctionnement au gas-oil.

2° La question de l'économie de consommation est de première importance, car cette économie est l'unique motif de l'emploi du mazout à la place du gas-oil.

A ce sujet, nous trouvons intéressant de communiquer les chiffres de consommation réalisés à l'usine de Piatra Neamt. Par cela nous n'entendons pas le genre de consommation spécifique mesurée pendant un essai, des consommations de parade, réalisées par l'observation exagérée de tous les éléments de fonctionnement qui peuvent donner une consommation spécifique réduite, mais qui ne peuvent pas être maintenues au cours de l'exploitation pratique.

De telles indications de consommation spécifique, mesurée directement aux moteurs, qui ne montrent pas la réalité pratique pour le fonctionnement au gas-oil, sont encore moins concluantes pour l'alimentation au mazout, car dans une telle alimentation, il faut compter aussi sur les pertes importantes qui proviennent de la décantation, de la sédimentation et de la filtration du mazout, pertes qui doivent être ajoutées à la consommation spécifique mesurée aux moteurs.

Il faut encore ajouter les pertes résultant de l'impossibilité d'une décharge complète des citernes à mazout, pertes qui surtout pendant la saison froide et avec un mazout visqueux et adhérent peuvent s'élever à plusieurs centaines de kilogrammes pour chaque citerne de 10 à 15 tonnes de capacité.

Toutes ces pertes, même indirectes, doivent néanmoins être prises en considération en vue de l'établissement du rendement économique d'une installation qui fonctionne au mazout, autrement on obtient des résultats trop favorables, ce qui n'est pas nécessaire, car le mazout est encore si bon marché en comparaison du gas-oil qu'il peut parfaitement supporter une comparaison de rentabilité, même en spécifiant très honnêtement toutes les pertes qui ont lieu à la suite de son emploi.

De sorte que pour avoir des indications réelles et pratiques de la consommation spécifique, nous indiquerons les chiffres tels qu'ils résultent de la répartition par kilowattheure produit de la quantité de combustible *expédiée par la*



*raffinerie*, donc payée par l'usine génératrice. De sorte que la consommation spécifique qui en résultera, comprendra en dehors de la consommation proprement dite du moteur, et cela à des charges de tous degrés, infiniment variables, qui ont lieu pendant une année, aussi tout ce qui s'est perdu par la décantation, l'épuration et tout ce qui est resté adhérent aux parois ou non déchargé dans le fond des wagons citernes. Le tableau ci-dessous indique la consommation totale et spécifique du mazout, de même que du gas-oil, huile de graissage, et tous les autres matériaux consommés par les moteurs. Les chiffres correspondent à l'année d'exploitation 1933, par conséquent au degré d'usure obtenu après trois années et demi de fonctionnement ininterrompu au mazout.

Production totale : 1 602 773 kWh.

Puissance installée : 860 kW.

Facteur d'utilisation : 21,5 pour 100 = 1 880 h.

*Consommation en matériaux.*

GENRE	QUALITÉ	AU TOTAL		PAR kWh PRODUIT	
		Kg	F	g	CENTIMES
a) Mazout . . . . .	à brûler	494 887	17 169	308	1,070
b) Gas-oil . . . . .	normale	9 681	892	6	0,056
c) Huile de graissage . . . . .	»	6 812	5 050	4, 25	0,315
d) Huile américaine. . . . .	»	169	436	0,105	0,027
e) Coton, chiffons, divers . . . . .	»	»	386	»	0,024
TOTAL. . . . .			23 933	»	1,49

De ce tableau, il résulterait une consommation totale de combustible de 314 g de mazout et gas-oil pour 1 kilowattheure produit, ce qui, au rendement de 89 pour 100 correspondant à la charge moyenne des générateurs, revient à une consommation spécifique et pratique de 206 g par chevalheure, que nous considérons comme assez avantageuse étant donné le degré de charge moyenne très faible de l'usine, et étant donné qu'elle comprend toutes les quantités de combustible telles qu'elles ont été pesées et facturées au lieu d'expédition, les seules qui intéressent la comptabilité de l'usine et son rendement économique.

Ce qui est intéressant à observer dans le tableau ci-dessus, c'est aussi le pourcentage de consommation du gas-oil comparé au mazout, qui est de moins de 2 pour cent en poids et de 5 pour cent comme prix.

Il résulte encore de ce tableau que la consommation d'huile de graissage, de 4,25 g par kilowattheure c'est-à-dire de 2,8 par chevalheure, est certainement très réduite et prouve que l'opinion d'après laquelle l'emploi du mazout augmenterait d'une manière insupportable la consommation en huile des moteurs Diesel, n'est pas juste.

Il faut encore remarquer que malgré l'alimentation au mazout, il n'a pas été nécessaire d'employer des huiles de graissage spéciales et chères, la centrale utilisant exclusivement une huile bon marché, connue en Roumanie sous la marque « Regal 000 », sauf une très légère exception d'huile de graissage américaine utilisée pour les compresseurs. Donc, même pour la qualité des huiles de graissage, le mazout ne se montre pas plus prétentieux que le gas-oil.



D'autre part, la consommation très réduite de chiffons, carborundum, garnitures de rechange, etc. qui ne s'élèvent pas même à 400 f par année, n'a pas d'autre importance par elle-même que de nous montrer la propreté de cette exploitation au mazout, et que l'emploi de ce combustible ne donne pas lieu à des démontages, nettoyages et ajustages trop fréquents des moteurs, chose qui, si elle se produisait, occasionnerait en premier lieu une plus grande consommation de tous ces petits matériaux.

En fin de comptes, il résulte de là que pour l'année 1932, la dépense totale pour combustibles, huile de graissage et matériaux divers, a été de 1,5 centimes-or par kilowattheure produit. Nous croyons que ce chiffre ne saurait être plus réduit que pour les dépenses directes d'une usine hydroélectrique, de sorte qu'il reste démontré que l'exploitation d'une centrale thermique utilisant des moteurs Diesel, alimentés au mazout, est aujourd'hui la plus économique qu'on puisse imaginer.

Pour que ce tableau soit complet, il faut tenir compte aussi de l'énergie consommée pour le chauffage électrique du mazout. Cette consommation a été trouvée par mesure directe, égale à 0,07 kWh pour chaque kilogramme de mazout approvisionné, ce qui donne pour l'année 1933 un total de 35 000 kWh. Au prix coûtant de 1,5 centime par kilowattheure — pour les dépenses directes de production — ceci représente une dépense totale de 520 f, somme tout à fait insignifiante, comparée à l'économie réalisée annuellement par l'emploi du mazout au lieu du gas-oil, et qui pour l'année considérée s'est élevée à 27 000 f.

3° On prétend souvent que l'économie provenant de l'utilisation du mazout, en remplacement du gaz-oil, est contre-balancée par l'énorme usure des moteurs Diesel qui fonctionnent au mazout.

En effet, cette usure est en général réelle et nous l'avons constatée personnellement chez plusieurs installations fonctionnant au mazout qu'il nous a été permis d'examiner, mais uniquement parce que l'épuration du mazout a été insuffisamment bien faite. A l'usine génératrice de Piatra Neamt, après quatre années de fonctionnement ininterrompu des moteurs alimentés avec du mazout, nous ne pouvons constater la moindre détérioration ni usure anormale, considérée du point de vue absolu, aussi bien qu'en comparaison avec l'usure habituelle dans le fonctionnement au gas-oil.

On peut constater ceci d'abord par le fait que pendant tout ce temps, aucune pièce importante, telle que cylindres, couvercles ou pistons, n'a été détériorée.

En second lieu, on peut le constater en considérant les dépenses faites pour pièces de rechange, qui pour l'année 1931 se sont élevées à 0 f, en 1932 à 585 f et pour 1933 également à 0 f. Il est juste de mentionner qu'on a utilisé pendant ce temps une partie du très petit stock de pièces de réserve menues, fournies en même temps que les moteurs, stock qui n'est pas encore épuisé après cinq années de fonctionnement.

Nous croyons que ceci est la meilleure et la plus objective démonstration prouvant que le mazout, bien épuré, ne provoque pas d'usure particulière des pièces du moteur.

Il est au contraire intéressant de remarquer que les pistons des pompes à combustible, tiennent encore très bien aussi longtemps que le moteur est alimenté au mazout, mais produisent des pertes latérales importantes pendant le temps très court de l'alimentation au gas-oil. Ceci s'explique par l'effet autolubrifiant du mazout qui augmente l'étanchéité des pistons, de sorte que si l'on a été obligé de remplacer les pistons de la pompe de combustible d'un des moteurs, ceci a été nécessaire parce qu'ils ne permettaient plus le démarrage au



gas-oil, tandis que pour le mazout ils auraient pu encore servir pendant longtemps.

Enfin en ce qui concerne les cylindres intérieurs, dont on croit qu'ils s'usent particulièrement par la combustion du mazout, on constate, surtout dans les parties supérieures, une augmentation de diamètre de 0,6 à 0,8 mm, telle qu'on aurait pu constater également pour la combustion au gas-oil après tant d'années de fonctionnement. Nous n'entrevoions pas pour l'avenir proche le besoin de remplacement de ces cylindres intérieurs.

Nous attribuons ces résultats très favorables aux deux éléments caractéristiques pour le système d'affinage du mazout, adopté à cette centrale : D'abord l'épuration du mazout de ses impuretés minérales et mécaniques non par des filtres, mais par la *centrifugeuse*, méthode par laquelle les cendres qui pourraient éroder les cylindres sont réduites à un pourcentage à peine dosable. En second lieu, par le chauffage des tuyaux d'alimentation au moyen de *rubans électriques*, grâce auxquels le mazout conserve jusqu'au moment de l'injection une température de 50 à 55° C. Par cette température, la viscosité du mazout descend assez bas pour permettre une pulvérisation et par conséquent une combustion parfaite, avec une production minimum de coke, ce qui élimine la seconde cause d'érosion mécanique des cylindres.

Nous ne saurions terminer cet exposé sans reconnaître que, pour une très grande partie, ce résultat favorable dans le fonctionnement au mazout des moteurs Diesel de cette centrale, la sûreté de fonctionnement et l'usure minime constatée, sont dus aussi à la qualité supérieure de conception, de matériel et d'exécution des moteurs, dont la centrale a été dotée par la maison Sulzer Frères. De sorte que si l'introduction de l'alimentation au mazout dans cette usine a eu plein succès, nous le devons en partie à cette excellente fabrication.

4° En ce qui concerne la manutention de l'installation d'affinage du mazout, d'après les procédés indiqués, elle est extrêmement simple. L'installation centrifuge ne demande que quelques simples manœuvres de démarrage des moteurs respectifs et de régularisation de la température de chauffage et du débit des pompes de mazout, après quoi le fonctionnement a lieu pendant des heures entières presque sans aucune surveillance.

Le chauffage des réservoirs à combustible et de la tuyauterie est intercalé et stoppé en même temps que les préparations de démarrage, ou de stoppage des moteurs correspondants par l'utilisation des simples interrupteurs de lumière. L'expérience nous a montré que si on a manqué d'interrompre le courant des éléments chauffants pour un moteur arrêté, cela ne provoque en aucun point un surchauffage dangereux. Les éléments de chauffage électrique ne demandent aucune sorte d'entretien.

Comparée au chauffage par l'eau chaude, la manipulation est non seulement beaucoup plus simple que celle de la manipulation d'innombrables robinets et décharges d'eau, mais nous croyons que la tendance naturelle d'obtenir pour l'eau les plus hautes températures possibles pousse le personnel de service à une exagération de température de l'eau de refroidissement, avec des risques importants pour la bonne marche des moteurs, quand le chauffage de l'eau a été trop forcé, ou ne suit pas assez vite les variations dans les charges des moteurs. Ceci exige certainement une constante et permanente surveillance du circuit d'eau chaude.

5° Pour ce qui concerne le dernier point, c'est-à-dire la dépense d'installation, nous mentionnons que la dépense totale pour cette usine comprenant trois moteurs Diesel ayant une puissance totale de 1 300 ch et couvrant le prix du serpentín de chauffage dans le réservoir de mazout, la centrifugeuse, les pompes à mazout, et la batterie de chauffage respective, les éléments de



chauffage du réservoir d'alimentation et des réservoirs filtres, et du chauffage longitudinal de l'entière tuyauterie au mazout s'est élevée au prix de l'époque à la somme totale de 3 630 f plus 2 000 f, coût de la maçonnerie requise pour protéger le réservoir du mazout.

Donc, toute la dépense de cette installation pour la transformation dans l'alimentation de combustible, mazout au lieu de gas-oil, ne représente que 1 pour 100 du capital investi dans la centrale et s'est amorti entièrement par l'économie réalisée en quelques mois de fonctionnement.

Notons que pour la même dépense, on pourrait satisfaire les besoins d'une installation de plusieurs milliers de chevaux car l'installation de centrifugation de l'usine de Piatra Neamt ne fonctionne que pendant 2 heures par jour et elle pourrait satisfaire facilement une consommation de mazout de 5 à 6 fois plus grande.

Pendant les quatre années de fonctionnement au mazout de cette usine génératrice, l'économie réalisée dans le prix du combustible a été en chiffres ronds de 110 000 f. Alors, même s'il était vrai que le fonctionnement au mazout userait beaucoup plus les moteurs, on pourrait constater que pendant ces quatre ans, on a économisé une somme qui dépasse de beaucoup le prix d'un nouveau moteur.

Comme en réalité l'usure des moteurs constatée n'est pas du tout plus grande qu'elle aurait été dans le cas du fonctionnement au gas-oil, et qu'ainsi les moteurs Diesel de cette centrale sont encore bien loin du besoin d'un remplacement, ou même d'une réparation coûteuse, la somme ci-dessus peut passer entièrement au chapitre des bénéfices de l'exploitation.

En conclusion, par les méthodes indiquées, l'exploitation au mazout d'une centrale électrique à moteurs Diesel n'exige que des installations supplémentaires très peu coûteuses et d'un très simple fonctionnement, tandis que l'économie réalisée au chapitre combustible est considérable, sans que la sûreté de fonctionnement, le bon état et la durée de service des moteurs soient diminués.