



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

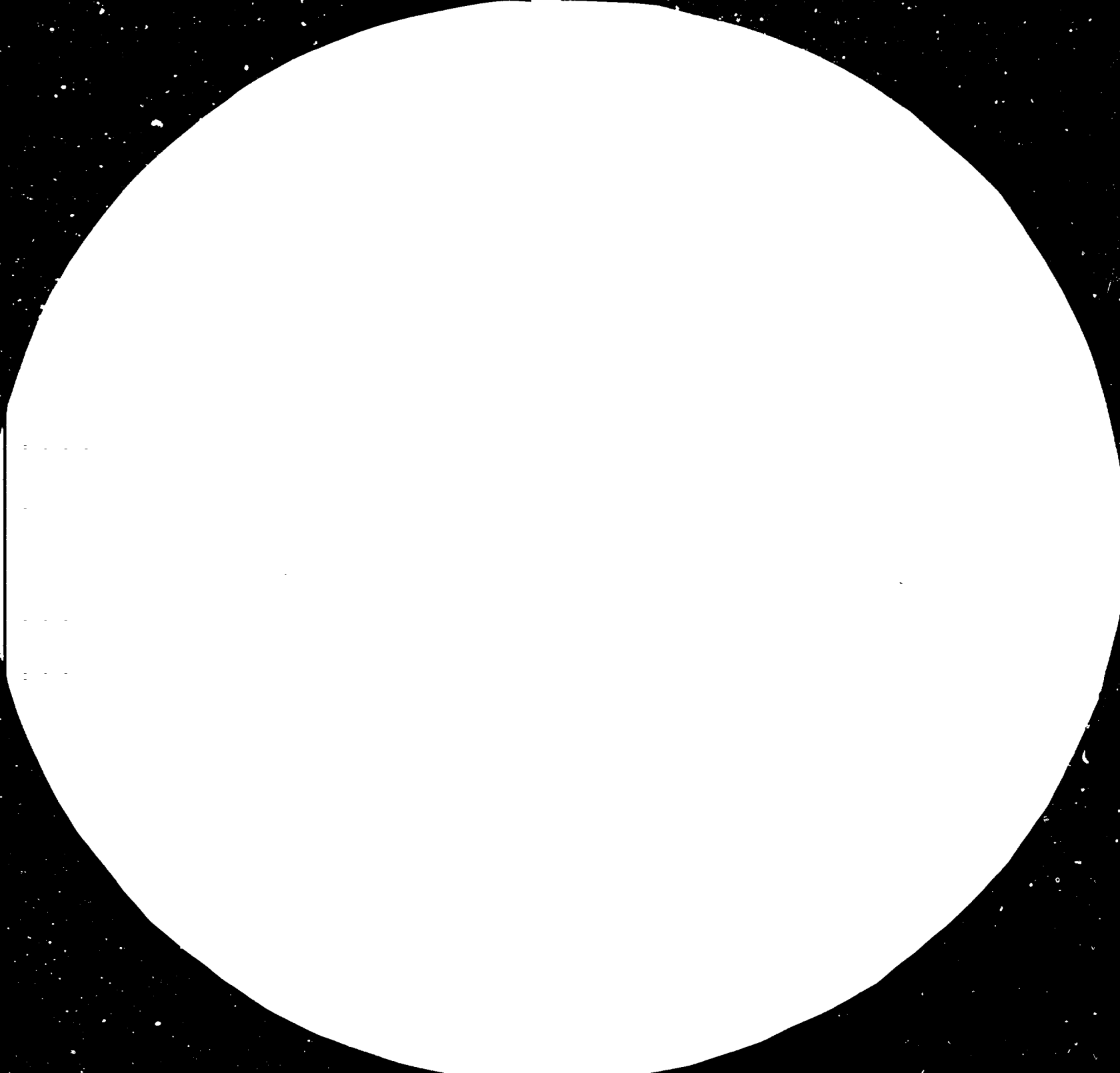
## FAIR USE POLICY

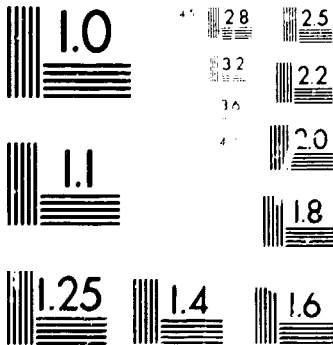
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
 NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-  
 STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010A  
 (ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

11766-F

Série "Mise au point et transfert des techniques"

N° 16

UNITES  
DE DEVELOPPEMENT  
DE LA  
PRODUCTION  
METALLURGIQUE

10/271

1982

3003



NATIONS UNIES

UNITES DE DEVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION METALLURGIQUE

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

**Vienne**

**Série "Mise au point et transfert des techniques"**

**Numéro 16**

**UNITES DE DEVELOPPEMENT  
DE LA  
PRODUCTION METALLURGIQUE**

**NATIONS UNIES**

**New York, 1984**

Les opinions exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du secrétariat de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

La reproduction, en tout ou en partie, de la teneur de la présente publication est autorisée. L'Organisation souhaiterait qu'en pareil cas il soit fait mention de la source et que lui soit communiqué un exemplaire de l'ouvrage où sera reproduit l'extrait cité.

La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

## Avant-propos

Le renforcement de la capacité de production métallurgique est un élément déterminant de l'aide qui doit être donnée aux pays en développement dans le cadre de leur développement industriel. En l'absence de cette capacité, il serait difficile d'imaginer une indépendance technique viable du pays en développement par rapport aux pays industrialisés.

Afin de donner aux pays en développement une possibilité de mettre sur pied et de développer une telle capacité, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a entrepris la réalisation, avec l'aide financière du Gouvernement italien, d'une usine expérimentale désignée Unité de développement de la production métallurgique (UDPM). Ce travail a été exécuté par l'ONUDI et les bureaux d'études de la société FIAT, à Turin. Les principaux buts de l'UDPM sont :

- a) Créer la capacité de produire des ouvrages en métal, des composants et des pièces détachées, de les adapter et, le cas échéant, de les substituer à leurs homologues importés;
- b) Fournir les outils et les moules nécessaires aux opérations de transformation des métaux exécutées dans le pays;
- c) Fournir une assistance dans la réalisation des matériaux requis pour la construction des machines destinées au travail des métaux;
- d) Servir de modèle à un secteur d'activité de première importance.

L'UDPM a été conçue pour abaisser le niveau d'économie d'échelle de la production d'ouvrages en métal, composants et pièces détachées nécessaires aux besoins du pays. Elle applique à la fois les techniques de transformation de métaux classiques et modernes, avec suffisamment de souplesse pour qu'il soit possible de tenir compte des besoins spécifiques du pays, comme l'importance de la main-d'œuvre, la taille du marché et les tendances de la demande. Les UDPM sont des unités modulaires qui comportent des installations de forgeage, de coulage, de façonnage et d'usinage. De plus, elles sont dotées d'installations nécessaires à la formation des cadres et ingénieurs, des techniciens spécialisés et semi-spécialisés, ainsi que des opérateurs destinés à la branche de la transformation des métaux.

La présente publication s'adresse en premier aux planificateurs et responsables qui définissent la priorité qui doit être accordée à un projet UDPM dans le cadre des plans de développement national. Cette étape sera suivie de la préparation d'un plan d'exécution technique basé sur une étude de marché technique, cela afin d'ajuster le projet aux plans, aux besoins et aux possibilités financières spécifiques au pays. Le plan sera ensuite élaboré selon une formule souple lui permettant de s'adapter à l'évolution des besoins. Autrement dit, les UDPM devront être préconisées sur une échelle modeste, pas trop ambitieuse, et devront fonctionner comme une sorte de pôle de développement du secteur de la transformation des métaux, en particulier dans les régions éloignées où il est souvent difficile d'obtenir les services d'une grande unité centralisée.

Toute personne qui désire approfondir les possibilités de conception et de réalisation d'une UDPM à l'intention du secteur de la transformation des métaux de son pays peut prendre contact avec le Chef du Service de la mise au point et du transfert des techniques, Programme de technologie, Centre international de Vienne, Boîte postale 300, A-1400 Vienne, Autriche, directement ou par l'intermédiaire du Représentant résident du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD).



## NOTES EXPLICATIVES

Sauf indication contraire, les coûts sont des chiffres estimatifs pour septembre 1979.

Le terme "dollar" s'entend du dollar des Etats-Unis.

Le trait d'union (-) entre deux millésimes, par exemple 1960-1965, indique qu'il s'agit de la période tout entière, y compris la première et la dernière année mentionnée.

La virgule (,) indique les décimales. Les tranches de trois chiffres sont séparées par un espace à moins que le nombre ne soit précédé d'un symbole d'unité monétaire.

Sauf indication contraire, le terme "tonne" désigne une tonne métrique.

Les signes suivants ont été employés systématiquement dans les tableaux :

Trois points (. . .) indiquent, soit que l'on ne possède pas de renseignements, soit que les renseignements en question n'ont pas été fournis séparément.

Le tiret (—) indique que le montant est nul ou négligeable.

Un blanc laissé dans un tableau indique que la rubrique est sans objet dans le cas considéré.

Les totaux peuvent ne pas s'additionner exactement en raison des chiffres arrondis.

En plus des abréviations, symboles et termes courants ou reconnus par le Système international d'unités (SI), les abréviations et symboles suivants ont été utilisés :

### *Formules chimiques*

CO<sub>2</sub> anhydride carbonique

O<sub>2</sub> oxygène

SiC<sub>2</sub> silice

### *Organisations*

CEE Communauté économique européenne

### *Autres*

UDPM Unité de développement de la production métallurgique

## TABLE DES MATIERES

<i>Chapitres</i>	<i>Pages</i>
I. LA NOTION D'UNITE DE DEVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION METALLURGIQUE (UDPM) .....	1
A. La nécessité d'une infrastructure industrielle .....	1
Métallurgie de base .....	1
Technologie adaptée .....	1
L'effet multiplicateur .....	2
Une approche modulaire à la création des UDPM .....	2
La production de pièces .....	2
B. Justification d'une assistance technique pour la formation et l'application .....	3
Activités et rendement .....	4
Apports .....	4
C. Plan de travail .....	4
Participation effective de l'industrie .....	5
Organisation .....	5
D. Capitaux et autres .....	6
Investissement .....	6
Assistance technique .....	6
Analyse de viabilité simple .....	6
<i>Appendice. Aperçu général du marché</i> .....	7
II. LE FAÇONNAGE .....	9
A. Considérations générales sur les outils, matrices et presses à métaux pour pays en développement .....	9
B. Techniques de base du façonnage .....	9
Façonnage à froid de tôle .....	9
Technique d'estampage .....	10
Forgeage .....	10
C. Produits .....	12
D. Critères généraux de conception .....	13
L'unité de production .....	13
Caractéristiques de l'usine .....	13
Le département outillage et matrices .....	13
Le département de matriçage à chaud .....	13
E. L'atelier de production .....	13
Bâtiments et installations .....	13
Surface requise pour les divers départements .....	18
Personnel .....	18
F. Machines .....	19
Machines de tôlerie .....	19
Machines pour outillage et matrices .....	19
Machines pour le département de forgeage à chaud .....	19
G. Investissements .....	20
H. Formation .....	20

<i>Chapitres</i>	<i>Pages</i>
I. Plan de viabilité préliminaire.....	21
Prévisions financières pour le département d'emboutissage .....	21
Prévisions financières pour le département outillage .....	21
Prévisions financières pour le département de forgeage à chaud .....	22
<i>Appendice I.</i> Types de matrices et produits emboutis.....	24
<i>Appendice II.</i> Détails du matériel et de l'espace requis par l'unité d'emboutissage de l'UDPM .....	24
<i>Appendice III.</i> Détails des coûts de formation .....	29
<i>Appendice IV.</i> Personnel et coûts de personnel .....	31
<i>Appendice V.</i> Investissement et amortissement .....	32
III. LE COULAGE .....	34
A. Description de l'unité de fonderie proposée .....	34
Technologie du coulage .....	34
Types de produits .....	34
Usine et équipement .....	35
Estimations sur les investissements.....	35
Formation générale .....	36
Fonctionnement général .....	37
Revenus des services .....	37
B. Adaptation des procédés de coulage aux pays en développement .....	37
Programme de production .....	37
Choix des méthodes de modelage .....	37
Choix du matériel de production de moules en sable.....	38
Méthodes de production des noyaux de sable.....	46
Choix de l'appareil de fusion.....	46
Choix des méthodes de récupération du sable .....	49
Opérations de nettoyage .....	54
La fonderie de métaux non ferreux .....	62
<i>Appendice I.</i> Estimation des besoins en capitaux de la fonderie .....	63
<i>Appendice II.</i> Coûts de formation et d'assistance technique de la fonderie.....	65
<i>Appendice III.</i> Production et personnel de la fonderie .....	67
<i>Appendice IV.</i> Dépenses et recettes de la fonderie .....	69

### Tableaux

#### *Chapitre I*

1. Formation requise pour l'UDPM .....	3
2. Plan de travail de l'UDPM.....	5
3. Besoins de capitaux de l'UDPM .....	6

#### *Chapitre II*

4. Opérations requises pour la fabrication des presses à emboutir .....	11
5. Surface des divers départements de l'UDPM de façonnage .....	18
6. Répartition du personnel au cours de la cinquième année de production .....	18
7. Mise en service des machines .....	19
8. Calendrier d'installation des machines du département outillage et matrices .....	19
9. Total des investissements requis pour l'UDPM.....	20
10. Investissement en ateliers et bureaux .....	20
11. Coût de l'installation du matériel .....	20
12. Coût des machines de l'UDPM .....	20
13. Récapitulation des coûts de formation .....	21
14. Département emboutissage : coûts d'exploitation .....	22

	<i>Pages</i>
15. Département emboutissage : pertes et profits .....	22
16. Département outillage et matrices : coûts d'exploitation .....	22
17. Département outillage et matrices : pertes et profits .....	22
18. Département de forgeage à chaud : coûts d'exploitation .....	23
19. Département de forgeage à chaud : pertes et profits .....	23
20. Besoins de surface et d'énergie de l'unité d'emboutissage .....	24
21. Besoins de surface et d'énergie du département outillage et matrices .....	26
22. Besoins de surface et de puissance du département de matriçage à chaud .....	28
23. Formation à l'étranger .....	29
24. Programme d'assistance technique pour l'UDPM d'emboutissage .....	29
25. Coût de la formation locale pour le département d'emboutissage .....	30
26. Coût de la formation locale pour le département outillage et matrices .....	30
27. Résumé des coûts de formation .....	31
28. Personnel du département d'emboutissage .....	31
29. Personnel du département outillage et matrices .....	31
30. Coût du personnel du département d'emboutissage .....	32
31. Coût du personnel du département outillage et matrices .....	32
32. Investissement et amortissement du département d'emboutissage .....	32
33. Investissement et amortissement du département outillage et matrices .....	33

### *Chapitre III*

34. Résumé des besoins de capital de la fonderie .....	36
35. Résumé des coûts estimatifs de la formation pour la fonderie .....	36
36. Fonderie : pertes et profits .....	38
37. Production de la fonderie .....	38
38. Caractéristiques des techniques de modelage .....	39
39. Caractéristiques des méthodes de moulage .....	40
40. Caractéristiques des méthodes de moulage en sable .....	45
41. Caractéristiques des mélanges utilisés pour les moules et les noyaux .....	50
42. Caractéristiques des fourneaux de fusion à combustible .....	51
43. Caractéristiques des fourneaux à fusion électrique .....	52
44. Machines et caractéristiques de récupération du sable .....	59
45. Caractéristiques des opérations de nettoyage .....	60
46. Estimation du coût total en capital de la fonderie .....	64
47. Programme d'assistance technique pour la fonderie .....	65
48. Programme de formation sur place pour la fonderie .....	66
49. Total des coûts de formation pour la fonderie, par année .....	67
50. Production de moulages bruts par année .....	67
51. Nombre d'employés à la production de moulages, par année .....	67
52. Nombre de personnel et genre d'activité dans la fonderie à la pleine production .....	67
53. Salaires par employé de la fonderie, par année .....	68
54. Total des salaires pour la production de moulages bruts, par année .....	68
55. Salaires et frais généraux pour les ateliers et les services d'ingénierie dans la fonderie, par année .....	68
56. Coûts de matériaux .....	69
57. Coût de production de la fonderie, par année .....	69
58. Recettes provenant de la vente des services d'atelier et d'ingénierie, par année .....	69
59. Investissements et amortissement, par année .....	70

### **Figures**

1. Outil d'emboutissage .....	9
2. Processus de travail des tôles .....	10
3. Coupe d'une presse à emboutir .....	11
4. Processus de fabrication des matrices .....	12
5. Séquence des principales opérations de fonderie .....	12
6. Agencement d'une usine de façonnage .....	14
7. Agencement d'un atelier de façonnage .....	16

	<i>Pages</i>
8. Vue en coupe d'une matrice à découper .....	24
9. Vue en coupe d'une matrice à plier .....	24
10. Vue en coupe d'une matrice à former .....	24
11. Etapes du matriçage (ou de l'estampage) .....	35
12. Agencement général de la fonderie .....	36
13. Moulage à la main classique avec modèle divisé .....	41
14. Moulage à la main sans châssis, avec noyaux internes .....	41
15. Moulage en fosse avec châssis supérieur .....	42
16. Machine à compression/secousses .....	42
17. Machines de moulage mécaniques .....	43
18. Processus de moulage sans cuisson .....	43
19. Machine à mouler en carapace .....	44
20. Moulage automatique sans châssis (capacité de 300 moulages/heure) .....	44
21. Boîte à noyau .....	47
22. Moulage au tour avec gabarit .....	47
23. Moulage en squelette d'un noyau .....	48
24. Boîte à noyaux pour culasse de moteur diesel "marine" .....	48
25. Réchauffeur de noyaux .....	49
26. Cubilot classique à air froid .....	54
27. Processus de récupération du sable de moulage .....	55
28. Système de récupération de sable aggloméré chimiquement .....	56
29. Equipement de récupération du sable .....	57
30. Broyeur à sable .....	58
31. Schéma d'une installation continue de récupération du sable usagé de mélange avec du sable neuf et de broyage .....	58
32. Nettoyage manuel des moulages .....	61
33. Nettoyage mécanique des moulages .....	61
34. Matériel d'ébarbage .....	62

# I. La notion d'unité de développement de la production métallurgique (UDPM)

## A. La nécessité d'une infrastructure industrielle

L'industrie métallurgique est la pièce maîtresse de toute industrialisation élaborée, car elle est le fournisseur des outils et moyens nécessaires à l'ensemble de l'activité industrielle du pays. De plus, elle fournit les biens de consommation durables les plus indispensables et les biens d'équipement en général.

Pour que l'industrie métallurgique puisse servir d'épine dorsale à l'infrastructure industrielle, elle doit disposer des moyens suivants :

- a) Instituts technologiques spécialisés;
- b) Usines d'outillage, de matrices et de moules;
- c) Ingénieurs de fabrication et d'études;
- d) Fabricants de pièces approvisionnant les divers secteurs d'activité. Ceux-ci requièrent des fonderies et des ateliers de forge par exemple;
- e) Stocks de pièces destinées à la production, stocks d'outillages et d'équipements;
- f) Services assurant la réparation des machines-outils; services de perfectionnement des ouvriers qualifiés.

Bien qu'un grand effort ait été fait par les pays en développement pour développer leur industrie métallurgique, le cœur du problème — à savoir les moyens énumérés ci-dessus — n'a jamais été abordé que de façon superficielle, cela par la mise sur pied d'ateliers généraux et de fonderies répondant uniquement aux besoins d'entretien courant, et incapables de fournir des services spécialisés à l'industrie manufacturière. Il en résulte que, le plus souvent, l'ingénierie est importée avec les pièces. Et si quelques-unes de ces dernières sont produites sur place, elles le sont généralement au moyen d'outillage importé.

Le but du programme UDPM est de remédier à ces carences par la création d'unités métallurgiques qui seront la base d'une industrie locale de pièces et de composants et qui pourront contribuer à la création d'industries et de lignes de production nouvelles ainsi que d'usines de fabrication d'outils. De plus, les UDPM assureront à ces secteurs des services perfectionnés d'entretien et de réparation.

Dans une mesure plus ou moins importante, les UDPM sont donc en mesure de fournir à long terme, et ce dans divers domaines, la plupart des infrastructures nécessaires à l'industrie métallurgique.

### *Métallurgie de base*

Le coulage et le façonnage sont les opérations de base effectuées dans les UDPM. Il s'agit en effet des deux procédés qui permettent de réaliser toutes les pièces et composants produits dans les fonderies (fonte et métaux non ferreux), les ateliers d'estampage et de formage des tôles, les ateliers de façonnage de l'acier, les forges, les ateliers d'estampage à chaud et les ateliers d'usinage. Les outillages, moules, matrices et modèles qui donnent à chaque composant la forme propre sont les mêmes dans tous ces procédés de formage. Pour créer les plans de ces modèles et matrices, il faut des ingénieurs de haut niveau, et pour réaliser les outils, il faut des ouvriers très spécialisés, c'est-à-dire des outilleurs et des modelleurs.

### *Technologie adaptée*

Une technologie élaborée peut accroître la qualité des produits et réduire le travail manuel grâce à la mécanisation et l'automatisation. Elle peut également réduire le besoin en personnel hautement qualifié dans la production en série. Mais cela implique souvent de gros investissements.

Dans le cas des pays en développement, il est important de produire pour un faible investissement, et généralement il faut des produits susceptibles d'adaptation aux conditions locales. Aussi est-il fréquemment impossible de justifier un niveau de mécanisation ou d'automatisation élevé pour des volumes de production modestes propres à ces pays.

Afin d'obtenir des produits de qualité pour un volume de production réduit, il faut avoir des ouvriers qualifiés et la capacité de concevoir et de réaliser les outils de base et les matrices. Cela parce qu'il est difficile de faire fabriquer à l'étranger les outillages adaptés aux pays en développement, car ces outillages doivent généralement être ajustés, conditionnés, affûtés, etc. La fabrication de ces

outillages demande une main-d'œuvre nombreuse, et dès lors elle peut être assurée de façon compétitive dans les pays en développement. Enfin, les produits peuvent être souvent remodelés pour abaisser considérablement le coût de production. Il est donc primordial d'être extrêmement attentif à perfectionner au maximum les qualifications et l'ingénierie, et de ne pas seulement se soucier de la formation des opérateurs.

### *L'effet multiplicateur*

La plupart des usines métallurgiques des pays en développement utilisent du matériel ainsi que des plans du produit achetés dans les pays développés. Généralement, l'usine a débuté par des produits simples ne nécessitant qu'une formation brève des opérateurs, parce que beaucoup, voire toutes les pièces ont été importées. Ce genre de production n'a que rarement assuré un développement industriel, c'est-à-dire que la production existante n'augmente que rarement, étant donné l'absence de développement en matière de formation des ouvriers et de l'ingénierie.

Dans les pays développés, les services d'ingénierie et d'outillage sont assurés par diverses firmes spécialisées. Les transnationales se suffisent, bien entendu, à elles-mêmes dans ce domaine. Dans les pays en développement, par contre, il se justifie rarement du point de vue commercial qu'une entreprise soit autosuffisante en la matière, ni d'ailleurs que ces services soient assurés par des firmes spécialisées. C'est pourquoi ce genre de service doit être fourni dans un premier temps par une organisation ou une unité centrale, qui aura reçu une assistance technique pour la formation des ingénieurs et outilleurs et pour assurer cette formation qui, au départ, ne pourra pas être pleinement exploitée du point de vue commercial. Cependant, il est possible de mettre en place des moyens ayant un effet multiplicateur et qui ont la capacité d'assister les industries existantes à se développer et de donner naissance à de nouvelles industries ou de nouvelles productions. Le plus important, toutefois, est que les UDPM constitueront une infrastructure qui attirera les investisseurs étrangers. Tout en aidant les investisseurs, les UDPM peuvent également assister le gouvernement à sélectionner les offres et à les adapter pour y intégrer les techniques appropriées au pays.

### *Une approche modulaire à la création des UDPM*

Rassembler dans une seule unité de production toutes les capacités nécessaires pour assurer le développement du travail des métaux serait fort coûteux et souvent superflu, du moins au début, parce qu'il n'y a guère de pays qui soient capables

de mettre tout ce savoir-faire en œuvre d'un seul coup. Aussi est-il suggéré de n'adopter que deux modules de base auxquels des modules facultatifs peuvent être rajoutés. Ces deux modules de base sont la fonderie de fer et l'usine d'estampage de tôles. Ces deux spécialités bien différentes peuvent souvent assurer d'elles-mêmes un fonctionnement viable. Chacun de ces modules doit avoir son bureau d'études et ses ateliers de précision capables de fabriquer l'outillage et d'assurer l'appui aux opérations principales. Dans le cas de la fonderie, il s'agit d'un atelier d'usinage des pièces coulées qui pourrait aussi assurer un entretien poussé et des services de réparation. Dans le cas de l'atelier d'estampage, il s'agit d'un atelier de fabrication d'outillages et de matrices, doté de machines-outils et d'équipements perfectionnés ainsi que de services d'entretien.

Dans les deux cas, les unités de base appuieront l'industrie grâce à leur production de pièces et de composants. Elles fourniront aussi des services essentiels dans le domaine des techniques de fabrication et pour l'entretien d'installations auxiliaires. Cela pourra donner une meilleure base économique à l'UDPM. A la fonderie de fer, on pourra ajouter une installation pour la fabrication de pièces coulées en métaux non ferreux, et la tôlerie pourra être complétée d'une unité de forgeage et d'estampage à chaud. Ultérieurement, on pourra compléter la fonderie par une installation pour la fabrication de pièces coulées en acier. Ces installations auxiliaires ne peuvent se justifier dans les pays en développement, à l'exception de cas extrêmes<sup>1</sup>, si elles fonctionnent isolément, c'est-à-dire indépendamment des autres UDPM.

### *La production de pièces*

L'UDPM produirait principalement des pièces moulées ou estampées destinées à d'autres fabricants afin de ne pas faire concurrence aux produits assemblés. Les pièces peuvent être destinées aux groupes de produits suivants:

- Equipements agricoles (charrues, chariots);
- Ouvrages pour le bâtiment (fenêtres, charnières, serrures, persiennes);
- Casseroles, poêles, cuisinières, chauffe-eau;
- Usines de produits alimentaires et autres (boissons, viande);
- Equipements routiers, de drainage, d'égouts (signaux, clôtures, poteaux);
- Equipements ferroviaires, pour camions et de levage;
- Pompes, moteurs, produits en laiton (éventuellement machines-outils).

<sup>1</sup>Par "pays en développement", on n'entend pas ici les semi-industrialisés.

### B. Justification d'une assistance technique pour la formation et l'application

La formation spécialisée d'outilleurs et de modeleurs ainsi que la mise en place de moyens d'étude des produits et des techniques de fabrication sont extrêmement coûteuses. Le développement de ces compétences dans le monde industrialisé est pris en charge par les institutions techniques et par les grandes entreprises qui occupent des ingénieurs stagiaires et des ouvriers de précision formés dans le cadre d'un programme de formation sur place. Cela n'est pas possible dans les pays en voie de développement, étant donné qu'il n'y a pas d'usines où les jeunes ingénieurs et les ouvriers de précision peuvent être formés par les ingénieurs et outilleurs chevronnés. En conséquence, les installations agréées doivent disposer d'équipements pour la formation aussi bien que la fabrication effective d'outils et de modèles, du personnel capable d'assurer la formation, et la direction des ateliers et services d'étude. Un ouvrier ou un modeleur demande de sept à huit ans de perfectionnement avant de pouvoir travailler seul avec efficacité. De même, un ingénieur d'étude de produits ou de fabrications ne donne vraiment toute sa mesure qu'après avoir travaillé au moins cinq ans sous la direction d'un ingénieur chevronné. Dans le cas de certains emplois très spécialisés, comme la conception d'outils, la formation peut même être plus longue. Dans le tableau 1 sont

réunies les durées de formation requises pour l'UDPM.

Il sera également utile d'envoyer les ingénieurs locaux occupant des postes clés ainsi que les contremaîtres et chefs de service plusieurs mois dans les pays développés pour y suivre des stages. La formation dans les emplois spécialisés, comme la construction de produits en fonte, peut se faire par des stages de perfectionnement en usine (quatre à six mois); une formation approfondie doit être prévue pour les ouvriers de précision. Cela nécessitera des compétences techniques et du matériel approprié, et entraînera des dépenses pour payer les indemnités du personnel en cours de formation et des homologues qui serviront ultérieurement d'instructeurs. Les machinistes déjà formés ne deviennent pas facilement des ouvriers de précision, étant donné que la discipline requise par un travail de précision doit être acquise très tôt.

Vu qu'au départ l'UDPM ne disposera pas d'un marché développé, la production des unités ne se développera que progressivement. Des activités d'ingénierie et de marketing seront indispensables pour créer la demande. La conception des outils et des modèles devra être faite au cours de la période initiale. Celle-ci servira à assurer la formation et la production effective, et à ouvrir et à développer les débouchés. A ce stade, on peut envisager une aide financière des autorités locales. Ces dépenses sont de nature telle qu'elles justifieraient des prêts à intérêt réduit sinon des dons pour l'équipement.

TABLEAU 1. FORMATION REQUISE POUR L'UDPM<sup>a</sup>

Type de formation	Années requises	Total cumulatif	Commentaires
Elémentaire	2,25		Formation aux travaux de précision : 4 000 h. Ces cours comprennent 800 heures de théorie et 2 000 heures d'étude des machines-outils.
Elémentaire spécialisé	1,25	3,50	Les stagiaires seront répartis en trois groupes. Les conducteurs de machines-outils auront 2 200 heures de cours y compris 200 heures de théorie, les mécaniciens de précision auront 2 200 heures de formation sur machines-outils, apprêtage et réglage d'outils, dont 200 h de théorie. Les apprentis outilleurs/modeleurs auront 2 200 heures de formation dont 350 h de théorie.
Perfectionnement	1,00	4,50	Les stagiaires continueront leur formation en trois groupes et des techniciens de production seront formés à partir des conducteurs de machines-outils; les créateurs d'outils et de matrices seront formés à partir des mécaniciens de précision; des spécialistes de la conception des outils et modèles à partir des outilleurs-modeleurs. Tous les groupes auront 1 800 heures de formation, dont 100 h de théorie pour les créateurs de modèles et 200 heures pour les autres.
Spécialisation	1,50	6,00	
Niveau supérieur	1,00	7,00	La formation au niveau de superviseur comportera un jour par semaine de formation théorique et quatre jours par semaine de formation sur le tas.

<sup>a</sup>Au départ, les stagiaires auront le niveau du baccalauréat mathématique ou équivalent.



### Activités et rendement

#### Marketing et étude des produits et des techniques de fabrication

Les objectifs du marketing et de l'étude des produits et des techniques de fabrication sont les suivants :

- a) Déterminer les possibilités de production des pièces en fonte coulée, de pièces forgées ou de pièces en tôle;
- b) Analyse technico-économique pour les nouvelles entreprises industrielles qui pourront devenir les futurs utilisateurs de la production de l'UDPM. Cela inclut l'analyse des offres de transfert de technologie, les négociations de licences de fabrication et les analyses de rentabilité;
- c) Mise au point des outillages et modèles qui pourront être nécessaires à l'UDPM et à ses clients industriels.

L'annexe à ce chapitre comporte un aperçu général des impératifs de production viables pour l'UDPM.

#### Production

Le but consiste à démarrer la production effective de pièces et de composants destinés à l'industrie au cours de la deuxième ou troisième année d'exploitation, en vue d'atteindre la pleine production au bout de quatre ans avec travail en un seul poste.

#### Formation

Le but consiste à former 15 stagiaires par an pour les travaux de précision, afin d'avoir, quatre à cinq ans plus tard, les spécialistes (outilleurs et modeleurs). Il faut compter qu'environ 10 candidats seront reçus sur les 15 qui auront pris part à la formation. Quelques-uns d'entre eux pourront devenir plus tard instructeurs, techniciens ou créateurs industriels.

Il est également prévu de former pendant 2 ou 3 ans des ouvriers de production, des conducteurs de machines-outils, des mouleurs, des fondeurs et des couleuses pour en faire des ouvriers spécialisés. D'autre part seront formés des homologues aux fonctions d'instructeurs et de contremaîtres. Les homologues doivent être formés par l'expert affecté au projet. Enfin, il faudra former sur le tas des ingénieurs qui, après cinq ans, seront suffisamment compétents pour assumer seuls certaines fonctions. Ces ingénieurs peuvent être formés à raison de deux par expert.

#### Effet multiplicateur à long terme

Les ingénieurs et techniciens qui ont bénéficié d'une formation complète peuvent éventuellement

devenir des directeurs d'usine et des cadres techniques d'autres entreprises. Sur la base des travaux du service d'étude, on peut envisager la création de filiales avec la participation de l'UDPM ainsi que de l'industrie privée et d'investisseurs étrangers qui peuvent fournir une partie des débouchés et le savoir-faire étrangers.

### Apports

#### Immobilisations

Les immobilisations doivent être financées comme suit :

- a) Pour les bâtiments, fonds publics ou par souscription du capital social par des investisseurs locaux;
- b) Dans le cas des équipements, prêts à taux réduit (au moins pour la formation) ou par des prêts commerciaux (accordés par le pays fournisseur d'équipements ou par des institutions financières locales).

#### Assistance à la formation du personnel

Les frais de formation locale sous forme d'indemnités journalières aux stagiaires et aux instructeurs sont à subventionner par les pouvoirs publics. Le financement des techniciens étrangers pourrait être pris en charge soit par l'ONU ou la CEE, soit par l'assistance bilatérale. Il en ira de même pour les cours de perfectionnement à l'étranger.

#### Dépenses préopérationnelles et fonds de roulement

Le fonds de roulement sera financé grâce à des prêts à intérêt réduit. En outre, des fonds pourront être nécessaires pour couvrir les dépenses préopérationnelles initiales. Celles-ci pourront être couvertes soit par des actionnaires locaux, soit par les pouvoirs publics sous forme de dons.

#### Coût promotionnel

Un capital de promotion peut être nécessaire pour promouvoir les services techniques de l'UDPM. Cette promotion peut être financée soit par les pouvoirs publics, soit par des dons, et incitera les petites entreprises à acheter les services techniques de l'UDPM plutôt que de l'étranger.

### C. Plan de travail

Le tableau 2 est un plan de travail couvrant les deux UDPM de base — coulage et estampage — et montre le calendrier d'exécution sur une période de

TABLEAU 2. PLAN DE TRAVAIL DE L'UDPM

Activité ou projet	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
<b>Projet préparatoire</b>						
Financement	██████████					
Recrutement du personnel initial	██████████					
Bourses d'études initiales (10-12)	██████████					
Appels d'offres d'équipement	██████████					
Démarrage construction bâtiment	██████████					
Etude de marché et choix de l'emplacement	██████████					
<b>Formation et perfectionnement</b>						
Formation pour travailleurs de précision		Commencer par groupes 10-15				
Formation d'opérateurs		██████████	██████████	██████████		
Perfectionnement ingénierie sur le tas	██████████	██████████	██████████	██████████		
Perfectionnement d'instructeurs/contremaîtres homologues	██████████	██████████	██████████	██████████		
Perfectionnement d'ingénieurs			██████████	██████████	██████████	
Perfectionnement d'instructeurs homologues sur lieu de travail			██████████	██████████	██████████	
<b>Ingénierie</b>						
Etude de marché		██████████	██████████	██████████		
Conception de produits et outils/modèles		██████████	██████████	██████████		
Conception de nouvelles installations			██████████	██████████	██████████	
<b>Production</b>						
Pièces et composants pour la vente				██████████	██████████	
Outillage/modèles initiaux pour usage propre			██████████	██████████	██████████	
Outillage/modèles initiaux pour vente				██████████	██████████	
Services de réparation					██████████	██████████

cinq ans. Un plan de travail plus détaillé sera réalisé pour chacune des UDPM lors de l'élaboration du plan de mise en œuvre technique ou du document final du projet.

#### *Participation effective de l'industrie*

L'on s'attend à ce qu'une UDPM devienne économiquement autosuffisante. Il est donc essentiel qu'elle soit capable de vendre ses services et produits par des réseaux commerciaux et de distribution. Il sera également avantageux pour l'UDPM de fabriquer des produits et des composants d'une qualité acceptée dans les pays concernés. Il est donc nécessaire d'avoir des accords ou des liens avec les fabricants locaux.

Comme l'une des tâches essentielles du bureau d'ingénierie est de créer une base pour de nouvelles industries, il pourrait être important qu'il y ait des investisseurs locaux et une participation étrangère. Cela assurerait des débouchés ou la fourniture de savoir-faire trop élaborés pour les capacités de l'UDPM.

#### *Organisation*

Pour la structure de l'organisation, on peut envisager les possibilités suivantes :

- Une institution financée par le gouvernement;
- Une société privée appartenant entièrement au gouvernement mais exploitée comme une affaire commerciale;
- Une société privée contrôlée par le gouvernement, mais avec participation financière de l'industrie, de préférence des acheteurs potentiels de ses produits et services;
- Une formule mixte, dont l'unité d'institution assurera la formation de base initiale, l'autre identité commerciale pouvant être exploitée comme mentionné aux points *b* et *c* ci-dessus;
- Une coopérative.

L'expérience prouve que, pour ce type d'activité, la formule de l'institution publique n'est guère efficace. En effet, à cause des réglementations

officielles auxquelles elles sont assujetties, ces institutions ne peuvent toujours retenir les meilleurs éléments. Ces règlements imposent parfois un nombre d'heures de travail inférieur à celui pratiqué dans le secteur privé, ce qui entrave le développement de l'entreprise.

La solution c ci-dessus (société privée contrôlée par le gouvernement avec participation de l'industrie) semble la meilleure, du fait qu'une entreprise privée est à même d'assurer ses recettes futures en partie grâce à l'apport de ses actionnaires. De plus, la participation de ces industries au conseil d'administration de l'entreprise peut être bénéfique au développement de la société. Grâce au contrôle qu'il y a sur sa participation, l'Etat peut faire en sorte que l'assistance technique et ses subventions pour la formation soient consacrées à un développement en profondeur et non que les bénéfices soient entièrement empochés par les partenaires industriels.

La solution d (formule mixte) est envisageable. Il est important que la formation d'ouvriers de précision ne soit pas soumise à des pressions de caractère commercial poussant à développer l'efficacité.

La formule visée sous c a été mise à l'épreuve avec succès par l'ONUDI dans le cas où le gouvernement était disposé à laisser le contrôle de l'entreprise à son conseil d'administration et disposé à fournir les subventions nécessaires pour la formation.

#### D. Capitaux et autres

##### Investissement

Les estimations des capitaux nécessaires sont fondées sur un nombre de conditions estimatives et sur la possibilité du marché local d'absorber la production de l'usine. Les exigences générales sont résumées dans le tableau 3.

La subvention pour la formation et le perfectionnement serait à la charge du gouvernement au cours de la première année. La subvention pour la formation sur place doit être de 100 000 dollars par an pour une période de 5 ans. Les dépenses

préopérationnelles sont de l'ordre de 100 000 à 200 000 dollars, et également à charge du gouvernement.

##### Assistance technique

L'assistance technique est fournie par des directeurs, instructeurs-outilleurs et experts en ingénierie/marketing qui exerceront initialement les fonctions de directeurs généraux, directeurs d'atelier, etc. Le coût de ce programme est estimé à 3,8 millions de dollars par projet. Il s'agit d'un programme de cinq ans précédé d'un projet préparatoire d'une durée d'un an.

Les bourses de perfectionnement à l'étranger pour ingénieurs, techniciens et contremaîtres doivent s'échelonner sur cinq ans et leur coût total serait de 312 000 dollars par projet. L'assistance technique serait donc d'un coût total d'environ 4,1 millions de dollars.

##### Analyse de viabilité simple

Quelques analyses préliminaires ont été faites pour la fonderie de fer, y compris l'atelier d'usinage et l'ingénierie, ainsi que les services d'outillage (ouvriers spécialisés), y compris l'ingénierie et la tôlerie.

En résumé, il apparaît qu'une unité de production seule atteindra son seuil de rentabilité plus facilement et avec moins d'assistance technique que l'ensemble de l'UDPM.

Pour la production d'articles de tôlerie, on peut voir une évolution analogue à celle de la fonderie, mais quelque peu plus lente, cela du fait qu'il faut plus de temps et d'argent pour l'outillage nécessaire à la tôlerie que pour la fonderie. Il est difficile à ce stade d'établir une analyse de viabilité plus détaillée pour ce qui est des pièces de tôlerie. Un avantage pour l'ingénierie est qu'il y a moins d'autre immobilisation que les bâtiments. Aussi, le département tôlerie peut rapporter des bénéfices équivalant aux salaires, cela par des ventes ou par la fourniture de services d'ingénierie. Après 4 à 5 ans, le service d'ingénierie devra pouvoir assurer des recettes équivalant à 2 à 3 fois les salaires, contribuant directement à couvrir les frais généraux.

TABLEAU 3. BESOINS DE CAPITAUX DE L'UDPM<sup>a</sup>  
(En milliers de dollars)

Nature de l'investissement	Fonderie			Autres forgeries
	Fonderie de fer	Métaux non ferreux	Estampage	
Bâtiments	900		500	
Équipement, y compris les installations	2 960	140	3 090	610
Total	3 860	140	3 590	610

<sup>a</sup>Coût pour le milieu des années 70

## Appendice

### APERÇU GENERAL DU MARCHE

Il est nécessaire de faire une étude de marché afin de définir les possibilités de vente. Voici les secteurs du marché susceptibles d'utiliser les produits réalisés par l'UDPM :

- Agriculture
- Transports non routiers
- Secteur des composants de véhicules
- Secteur de la métallurgie et des mines
- Alimentation et secteurs annexes
- Construction
- Articles ménagers
- Robinetterie industrielle
- Éléments pour réseaux de distribution d'électricité et de téléphone

#### *Agriculture*

Malgré de remarquables progrès dans la mécanisation de l'agriculture, il subsiste un besoin considérable en matière d'équipements à traction animale et pour le travail manuel. Les estimations des besoins figurent ci-dessous.

#### *Agriculture manuelle*

Le matériel agricole manuel se caractérise par une grande dureté de surface, une forte résistance et une grande élasticité. Le matériau de base est l'acier, la principale technique étant le forgeage accompagné quelquefois de tôles formées, affûtées et traitées.

#### *Matériel à traction animale*

Il s'agit généralement d'une machine sur roues comportant des lames pour travailler le sol. La principale technique est l'assemblage de fer profilé et de tôles pour la structure porteuse (avec emploi éventuel de pièces moulées modulaires). Le forgeage est toujours primordial dans le matériel agricole mais il existe également des besoins de fonte, en particulier la fonte nodulaire.

Les articles à produire englobent :

- Charrues classiques (éléments en acier de construction et forgés)
- Disqueuses (pièces forgées, pièces moulées et éléments en acier de construction)
- Rouleaux (pièces forgées et en acier de construction)
- Herses zigzag (pièces forgées et en acier de construction)
- Semoirs avec distributeurs (tôles façonnées et pièces en fonte moulée)
- Paliers et autres pièces pour charrues à traction animale
- Chariots à traction animale

#### *Matériel pour cultivateurs à moteur*

La production envisagée porte sur le matériel courant tel que herses, semoirs, niveleuses, émotteuses et

machines à semer, qui comportent des pièces moulées, des pièces forgées et des pièces usinées. Le soudage est souvent requis. On suppose que la fourniture de pièces courantes sera importante. Ces articles comportent :

- Pièces pour cultivateurs à moteur (principalement pièces forgées)
- Machines de traitement du bois (pièces coulées ou forgées)
- Niveleuses (principalement tôles assemblées)
- Rouleaux (principalement assemblage de tôles)
- Semoirs, herses et cultivateurs (tôles embouties, pièces coulées et en acier de construction)
- Éléments de pulvérisateurs (pièces coulées en aluminium)

#### *Matériel d'irrigation*

La production de matériel d'irrigation fait appel à des techniques relativement complexes. Parmi elles, citons le coulage de métaux non ferreux et la production de fonte spéciale.

Quelques produits types :

- Éléments de pompes centrifuges (toutes les techniques de l'UDPM)
- Raccords et coudes (principalement techniques de l'aluminium)
- Éléments de pompes à main
- Éléments de pulvérisateurs
- Panneaux pour réservoirs d'eau et réservoirs sur-élevés

#### *Transports non routiers*

Par transports non routiers, on entend transports ferroviaire et maritime. Parmi les 30 éléments retenus, les patins de freins pour wagons de chemin de fer sont d'une grande importance, étant donné leur usure rapide et par conséquent leur remplacement fréquent. Certains éléments de marine ont également été retenus.

Ces produits sont :

- Pièces pour wagons de chemin de fer et transport ferroviaire (pièces forgées, pièces coulées, tôlerie)
- Douilles et couvercles (fonte nodulaire)
- Éléments de traction (pièces forgées ou tôle façonnée)
- Éléments de freins (fonte)
- Hélices de bateaux (alliage non ferreux)
- Pièces d'amarrage (fonte nodulaire)
- Crochets, tendeurs, brides et autres éléments de fixation (principalement pièces forgées)

#### *Industrie des pièces de véhicules*

Il s'agit des pièces de rechange pour voitures, camions, tracteurs, machines de terrassement ainsi que le matériel de transport et de levage industriels. Les pièces

de véhicules sujettes à de fréquentes ruptures, comme les systèmes à poulies, les ventilateurs et les crochets de remorquage, ont également été incluses.

**Principaux éléments :**

- Freins à disque et à tambour (fonte en saumons)
- Couvercles étanches, carters d'huile, pistons (alliage d'aluminium)
- Ventilateurs (alliage d'aluminium et tôle emboutie)
- Matériel d'éclairage et jeux d'outillage (alliage d'aluminium et tôle emboutie)
- Éléments de toiture (tôle emboutie et acier de construction)
- Moyeux pour tracteurs et roues de chariots (fonte)
- Éléments de traction de remorques, joints articulés (principalement fonte nodulaire forgée avec éléments en tôle)
- Lignes de chemin de fer (éléments forgés)

*Métallurgie et mines*

Ces industries requièrent des conteneurs en métal, des transporteurs, des engrenages, des fournitures pour voies ferrées et wagons, des poulies et des carters de moteurs électriques. Les principaux éléments sont :

- Récipients en tôle (tôle façonnée)
- Éléments de transporteurs roulants (tôle ou fonte moulée)
- Éléments de transporteurs aériens (pièces forgées)
- Poulies et engrenages (pièces coulées en fer et pièces forgées)
- Matériel pour moules à lingots (pièces moulées en fer)
- Matériel de forge et de fonderie (toutes les techniques)
- Outils divers (principalement forgés)

*Alimentation et industries connexes*

La différence de niveau des procédés techniques d'un pays à l'autre et d'une usine à l'autre dans un même pays requiert que les produits à fabriquer soient considérés individuellement. Parmi ces produits figurent :

- Éléments de broyeurs à céréales (principalement tôles)
- Éléments de presses à grains (fonte)
- Conteneurs pour liquides alimentaires (normalement pièces embouties en acier inoxydable)
- Matrices pour verre (forte et alliages spéciaux)
- Cuves, tables, conteneurs en acier inoxydable pour usines et produits alimentaires
- Produits en fûts métalliques (paniers étagères, égouttoirs)
- Panneaux suspendus en métal
- Cuisinières, chauffe-eau, radiateurs à énergie solaire

*Construction*

Les produits pris en considération sont généralement réalisés à partir de pièces coulées simples, partiellement ou entièrement importées. Les machines et outils de

chantier constituent des éléments importants là où la production nationale peut remplacer l'importation. Ce matériel de chantier est le suivant :

- Matériel de chantier (principalement pièces forgées)
- Matériel d'échafaudage (principalement pièces coulées)
- Outils de maçonnerie (principalement pièces forgées)
- Éléments de machines de chantier
- Éléments de volets et de stores (tôle façonnée)
- Réflecteurs intérieurs ou autres (pièces coulées en aluminium ou en tôle emboutie)
- Couvercles d'égouts, grilles, puits d'écoulement des eaux (fonte)
- Canalisations, coudes et raccords pour puits (fonte)
- Éléments de vannes, robinets-vannes, raccords pour eau potable et autres (fonte)
- Signaux routiers, glissières
- Bouches d'incendie

*Appareils ménagers*

Les appareils ménagers à produire par les UDPM sont :

- Baignoires, douches et équipements sanitaires (principalement fonte)
- Robinets (pièces coulées en métaux non ferreux)
- Divers appareils et équipements ménagers (pièces coulées en fonte et en aluminium, tôle façonnée)
- Cuivrierie pour raccords, vannes et robinets d'eau

*Vannes à usage industriel*

Les vannes à usage industriel sont des produits qui sont pratiquement tous réalisés en fonte nodulaire. Il s'agit par exemple de vannes pour les conduits de gaz et de pétrole, mais également des composants pour petits compresseurs rotatifs et ventilateurs radiaux qui utilisent principalement des tôles façonnées et des pièces coulées. Les conduits en fonte, réalisés par la méthode centrifuge ou statique, doivent également être envisagés.

*Éléments de réseaux de distribution d'électricité et de réseaux téléphoniques*

Les éléments pouvant être réalisés par les UDPM sont :

- Brides de raccordement, de support et d'amarrage pour lignes à haute tension (pièces coulées en fonte et en aluminium)
- Accessoires pour supports de lignes aériennes (pièces coulées et forgées en aluminium)
- Boîtiers de raccordement (pièces coulées en fonte et en aluminium)
- Boîtiers de connexion étanches (pièces coulées en fonte et en aluminium)

Étant donné que de nombreux pays sont sur le point d'accroître leur capacité de production d'électricité, ces divers éléments devraient faire l'objet d'une étude de marché.

## II. Le façonnage

### A. Considérations générales sur les outils, matrices et presses à métaux pour pays en développement

Les principaux objectifs de l'UDPM sont :

- a) La production d'un niveau approprié de biens d'équipement et de pièces en métal pressé;
- b) La conception et la production de matrices, d'outil et de montages destinés à appuyer la production de pièces en métal pressé et à être vendus sur les marchés nationaux;
- c) Le développement sur place des capacités professionnelles dans l'administration, le marketing, l'ingénierie et la technologie;
- d) La formation d'ouvriers pour la production et pour les tâches spécialisées telles que le modelage, l'usinage de précision, la maintenance et le contrôle général des installations.

Aussi, l'unité deviendra autosuffisante et indépendante du savoir-faire étranger, et donnera la possibilité d'alimenter les industries locales en services d'ingénierie et d'atelier et en modèles. Ces activités rapporteront des bénéfices. D'une manière générale, l'UDPM est orientée vers les bénéfices et les débouchés, mais cela n'est que l'une des composantes d'un objectif plus vaste et plus important, à savoir le progrès social et la formation.

### B. Techniques de base du façonnage

#### *Façonnage à froid de tôle*

Lors d'une opération de façonnage ou d'emboutissage, une tôle est soumise à une ou plusieurs transformations physiques par pression dans une matrice afin d'obtenir une forme géométrique donnée. Ce procédé fait normalement appel à des presses hydrauliques ou mécaniques, mais les méthodes modernes font appel à d'autres techniques. Par exemple le façonnage à l'explosif, le façonnage hydroélectrique ou électromagnétique, le façonnage hydrostatique, le façonnage aux ultrasons (emboutissage en profondeur) et autres. L'outil d'emboutissage est formé de trois éléments principaux : le poinçon, la matrice et le serre-flan. Le poinçon et la matrice forment les contours extérieurs de l'élément embouti, alors que le serre-

flan, qui presse le métal contre la matrice, empêche la formation de plis et contrôle le mouvement de la tôle qui glisse le long du poinçon.

Au cours de l'emboutissage, le métal s'allonge à mesure qu'il est étiré entre le poinçon et le porte-flan, pour se rétracter lors du retrait du poinçon. Le porte-flan peut également être utilisé pour exercer un effort sur une partie de la surface seulement. Un tel outil d'emboutissage est représenté à la figure 1.

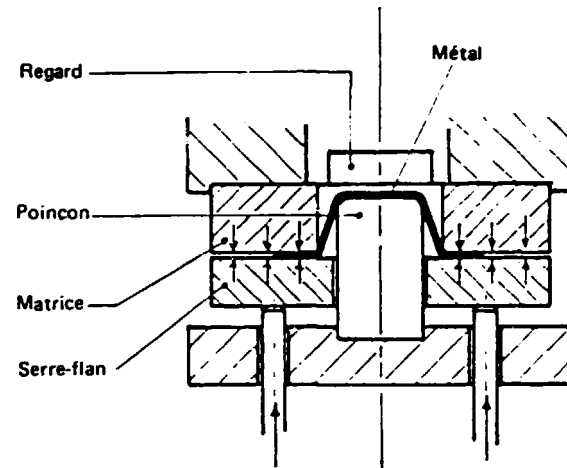


Figure 1. Outil d'emboutissage

Des études détaillées sur les différents types de déformation ont fait ressortir les considérations importantes suivantes :

Tolérances du façonnage

Considérations économiques du choix du matériau

Conception et graissage des matrices

Vitesses de façonnage

Chemins de déformation et analyses des contraintes

Un processus type du travail des tôles est le suivant : découpage, façonnage, ébardage, poinçonnage, emboutissage, rabattage, matriçage, et contrôle. Les pièces peuvent être réunies par rivets, soudures en continu ou par points, pour former des éléments de produits complexes. Certains éléments peuvent être obtenus à partir de tubes ou de profilés qui ont préalablement été sectionnés et façonnés (à

la presse pourvue des matrices appropriées) et par laminage ou cintrage. Cette marche à suivre est décrite à la figure 2.

### Technique d'estampage

Les matrices constituent un éventail très large d'outils conçus pour façonner les matériaux (principalement les métaux et les plastiques). Les matrices sont réalisées en caoutchouc, en carbure fritté ou en acier. Les coûts en matériaux de base et en machines sont généralement élevés.

Dans toutes les opérations de façonnage, la conception des outils est importante. Elle requiert l'établissement de la taille de la pièce travaillée, le matériau, le degré de précision, le nombre de pièces à produire par un jeu de matrices, la productivité requise et l'évaluation des capacités du personnel assigné au travail de façonnage à froid.

La figure 3 représente une vue en coupe d'une presse à emboutir, alors que les opérations requises pour la fabrication de ses divers éléments figurent dans le tableau 4. Il est intéressant de noter que les opérations requises sont celles qui peuvent être

exécutées par un atelier de mécanique. Un tel atelier a la capacité de produire non seulement les matrices, mais aussi les autres outils et montages. L'atelier a la possibilité d'exécuter la plus grande partie de l'entretien en plus de la fabrication, pour l'usage interne et pour la vente. La figure 4 représente le processus de fabrication des matrices. Les figures 8 à 10 (dans l'annexe I à ce chapitre) représentent les types de matrices et les pièces embouties.

### Forgeage

Le forgeage a lieu lorsque le métal, chauffé à sa température de plasticité maximale, est soumis à des forces qui lui confèrent une forme donnée. Cette forme devient permanente lorsque le métal a refroidi. Le façonnage se fait à l'aide de marteaux, de presses, à la main ou dans des matrices, et cela jusqu'à ce que la forme du produit final soit obtenue. L'acier forgé a une structure interne qui lui donne de meilleures propriétés mécaniques que celles de l'acier laminé, étant donné que, dans ce cas, la structure interne est constituée de fibres parallèles au sens de laminage.

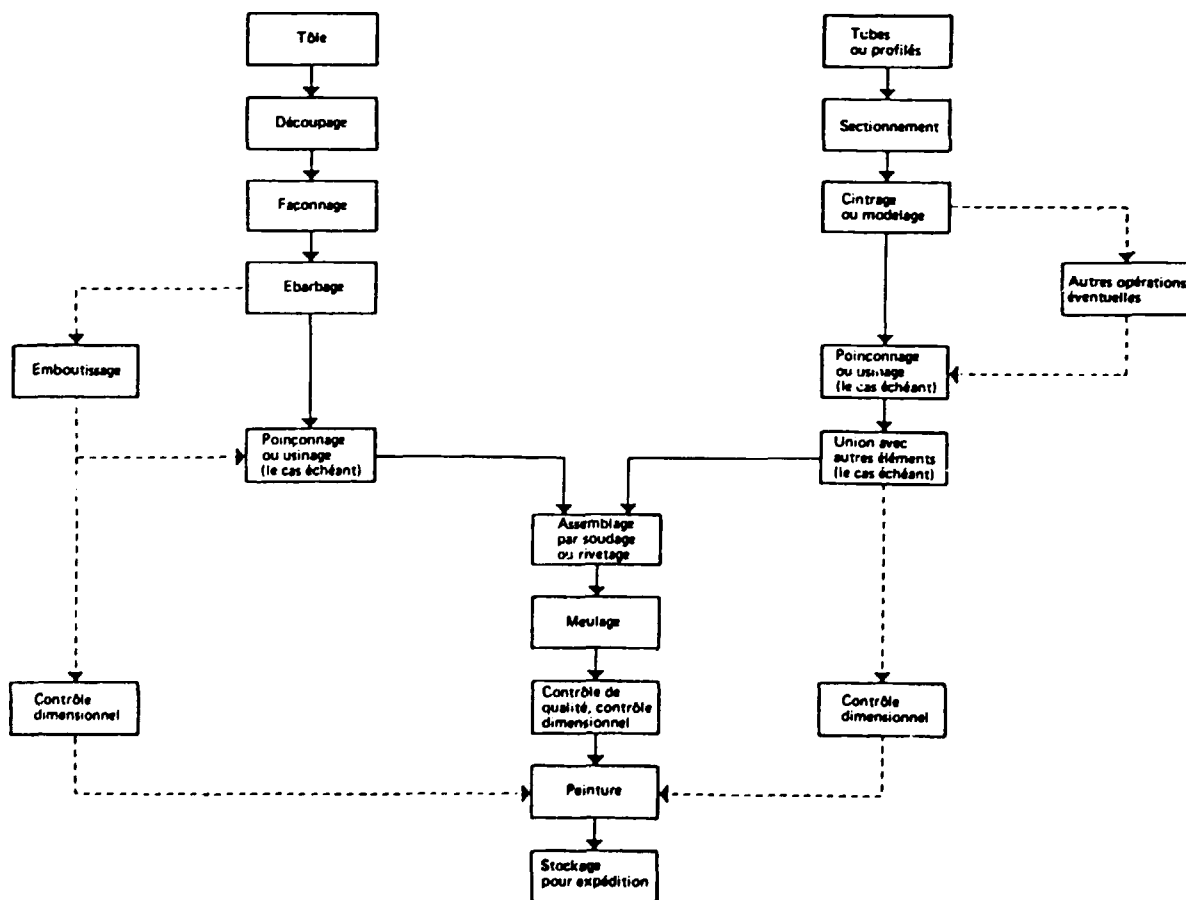


Figure 2. Processus de travail des tôles

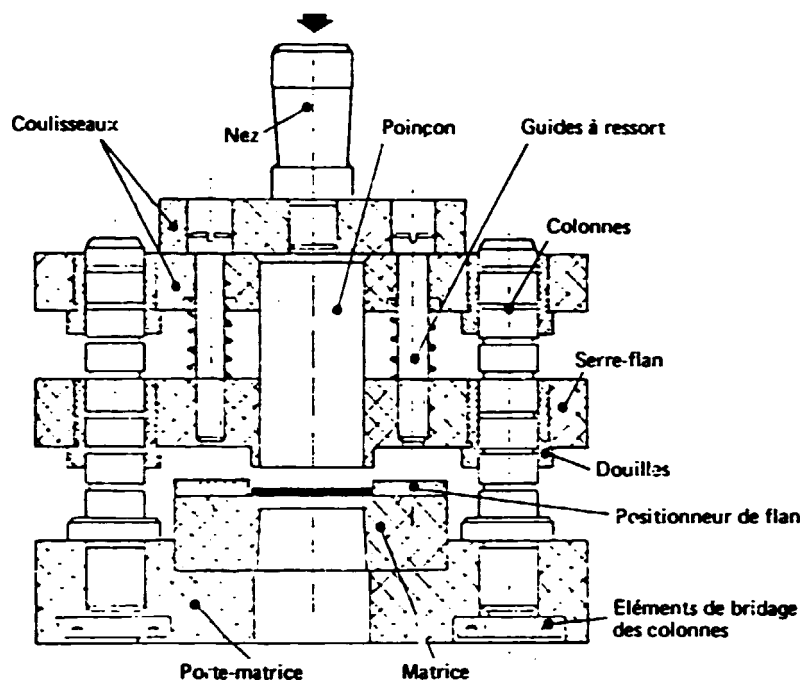


Figure 3. Coupe d'une presse à emboutir

TABLEAU 4. OPERATIONS REQUISES POUR LA FABRICATION DES PRESSES A EMBOUTIR

Part	Operation requise												
	Tour	Fraisage	Percage	Alésage	Tourage	Traitement thermique	Moulage	Moulage vertical	Moulage extérieur	Moulage intérieur	Alésage	Marquage	Étincelage
Coulisseaux		X	X	X	X		X	X		O		X	
Nez	X	O		O		X			X		O		O
Poinçon	X	O				X	O		O	O	X		O
Guides à ressort	X	X											
Colonnes	X					X			X				
Serre-flan		X	X	X	X	X	X	X				X	
Douilles	X	X							X	X			
Positionneur		X	X			X		X					
Éléments de bridage	X		X				X						
Matrice		X	X	O		X	X	X	O	O	X	X	O
Porte-matrice		X	X	X	O	X	O	X			X	X	O

Légende : X = opération nécessaire; O = opération éventuelle.



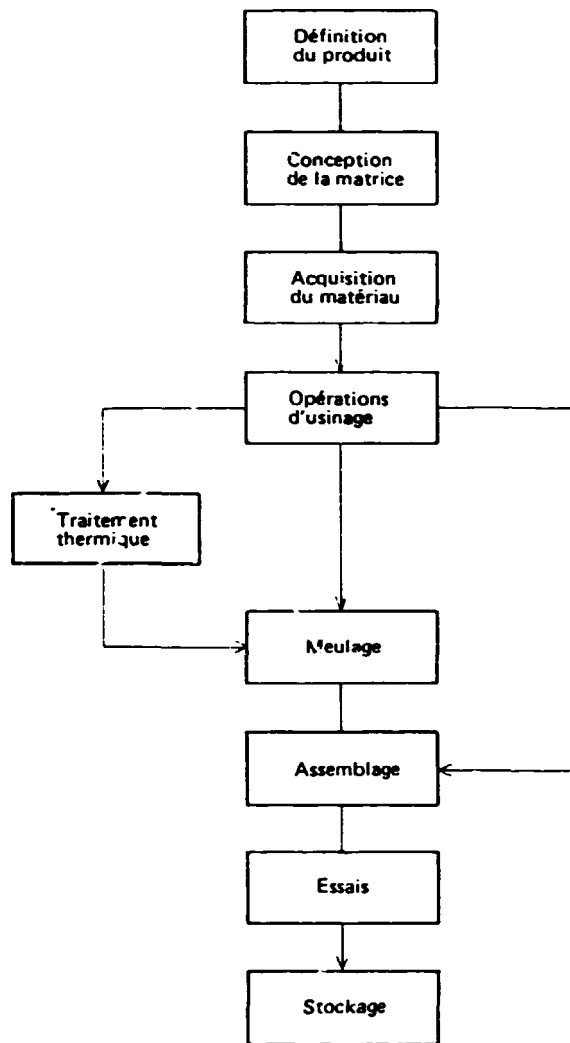


Figure 4. Processus de fabrication des matrices

Les déformations requises au cours du forgeage sont obtenues par :

- Pression par choc qui confère les formes par l'action du marteau. L'importance dépend de la vitesse et du poids de la masse percutante;
- Pression par poussée qui entraîne des déformations par pression hydraulique. L'importance de ces déformations est limitée par la résistance croissante du métal à la déformation;
- Une combinaison de pression par choc et par poussée, généralement imprimée par des presses à forger à grande vitesse utilisées dans les travaux d'estampage.

Les opérations de forgeage peuvent être groupées en deux grandes catégories, le forgeage à la main et l'estampage. Le forgeage à la main inclut de nombreuses techniques faisant appel à des matrices à face plate en combinaison avec d'autres

outils. Les résultats obtenus dépendent en grande partie des capacités du forgeron. La technique requiert des ouvriers spécialisés.

L'estampage ou le matriçage utilise la cavité entre deux matrices pour former la pièce. La pièce à façonner, généralement de l'acier chauffé au rouge, est préalablement coupée à la longueur appropriée avec une certaine tolérance pour les bavures.

Le nombre d'opérations de forgeage dépend de la taille et de la forme de la pièce, des quantités voulues et du type de métal à travailler. Le processus consiste à couper les billettes à la taille appropriée, à les préchauffer jusqu'à la température de forgeage, à les façonner à la presse ou au marteau et à les ébarber. Dans la plupart des cas, la pièce ainsi forgée est ultérieurement usinée. Les principales étapes du processus sont montrées à la figure 5.

### C. Produits

Le façonnage à froid de tôles est l'une des opérations fondamentales pour la réalisation de produits tels que pelles, godets, articulations, stators et rotors de moteurs électriques, silencieux pour moteurs et composants électriques. Le matériel concerné est le suivant : matériel agricole (charrettes, wagons, brouettes, herses, machines à semer); industrie de la construction (serrures, charnières, cadenas); ustensiles ménagers (casse-roles, poêles, ventilateurs); éléments pour routes (panneaux, signaux); chemins de fer et systèmes de levage.

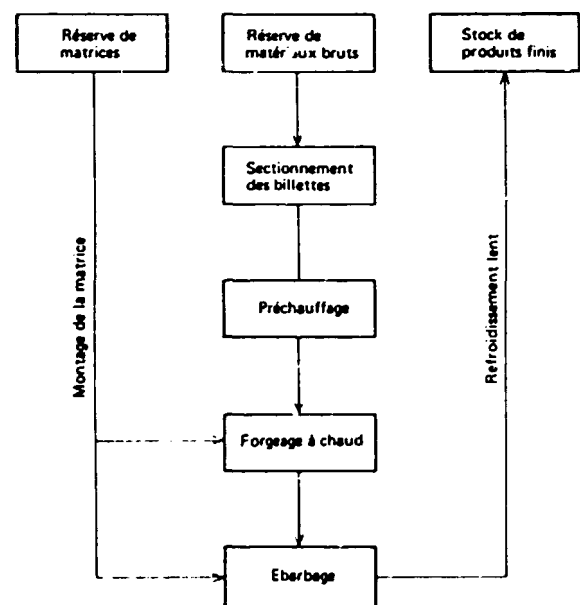


Figure 5. Séquence des principales opérations de fonderie

## D. Critères généraux de conception

### L'unité de production

L'unité de production d'articles de tôlerie est essentiellement mécanique. Elle est formée de deux départements, la tôlerie (avec travail de construction et assemblage de pièces) et la fabrication d'outillages, matrices, montages ainsi que l'entretien des machines.

L'unité est bien équilibrée et les deux départements sont intégrés. Cependant, l'usine peut être agrandie par la mise en service de matériel de forgeage à chaud. Le département d'emboutissage est complété d'un atelier pour la formation des ouvriers et techniciens. La théorie est enseignée dans le bâtiment des bureaux.

### Caractéristiques de l'usine

Parmi les caractéristiques de l'usine, citons que l'investissement requis par ouvrier est relativement modeste, en particulier si on le compare à l'investissement par ouvrier requis par une usine de laminage. Les besoins de formation se font rapidement si on les compare à ceux du forgeage à chaud et de la machine-outil. Les produits, qui conviennent à l'industrie et à la vente directe, ont un vaste éventail d'applications. L'unité fait appel à une importante main-d'œuvre. Le problème de la fourniture des matrices peut être résolu par un département d'outillage spécial.

### Le département outillage et matrices

La fabrication des outillages et matrices est indispensable à une unité d'emboutissage. Elle requiert des ouvriers et des techniciens expérimentés. Le coût élevé de la formation du personnel est justifié par :

- a) Le grand nombre de matrices requis (2, 3 ou 4 matrices peuvent être requises pour un même élément);
- b) Le coût élevé des matrices (une matrice de taille moyenne coûte de 4 000 à 5 000 dollars);
- c) La nécessité de construire rapidement afin de pouvoir livrer le plus tôt possible;
- d) La nécessité de faire les réparations rapidement et d'assurer l'entretien des machines;
- e) Les bénéfices potentiels pouvant être obtenus par la vente de services d'ingénierie, d'outils modifiés et matrices à d'autres industries, y compris les acheteurs habituels d'articles emboutis.

L'unité de production requiert deux types de formation : le premier pour les ouvriers de la tôlerie et le second pour les ouvriers de l'outillage et des matrices.

### Le département de matriçage à chaud

Généralement, l'acier matriçé à chaud se caractérise par des propriétés mécaniques élevées qui résultent du traitement thermique qui lui confère une limite élastique élevée en plus de la résistance à la torsion, au cintrage, à la compression et aux autres contraintes dynamiques.

Bien qu'à ce stade de la présente étude il ne soit pas possible de faire un calcul économique d'ensemble, il y a lieu de noter les caractéristiques suivantes :

- a) L'estimation et les calculs de coûts ne sont pas influencés par d'autres coûts de l'unité et peuvent être faits séparément;
- b) Les investissements et le personnel employé sont près du minimum et ils n'affectent pas l'ensemble de l'investissement de manière significative;
- c) La surface occupée est relativement petite et peut également servir au stockage temporaire.

## E. L'atelier de production

Les conditions d'implantation prévues sont :

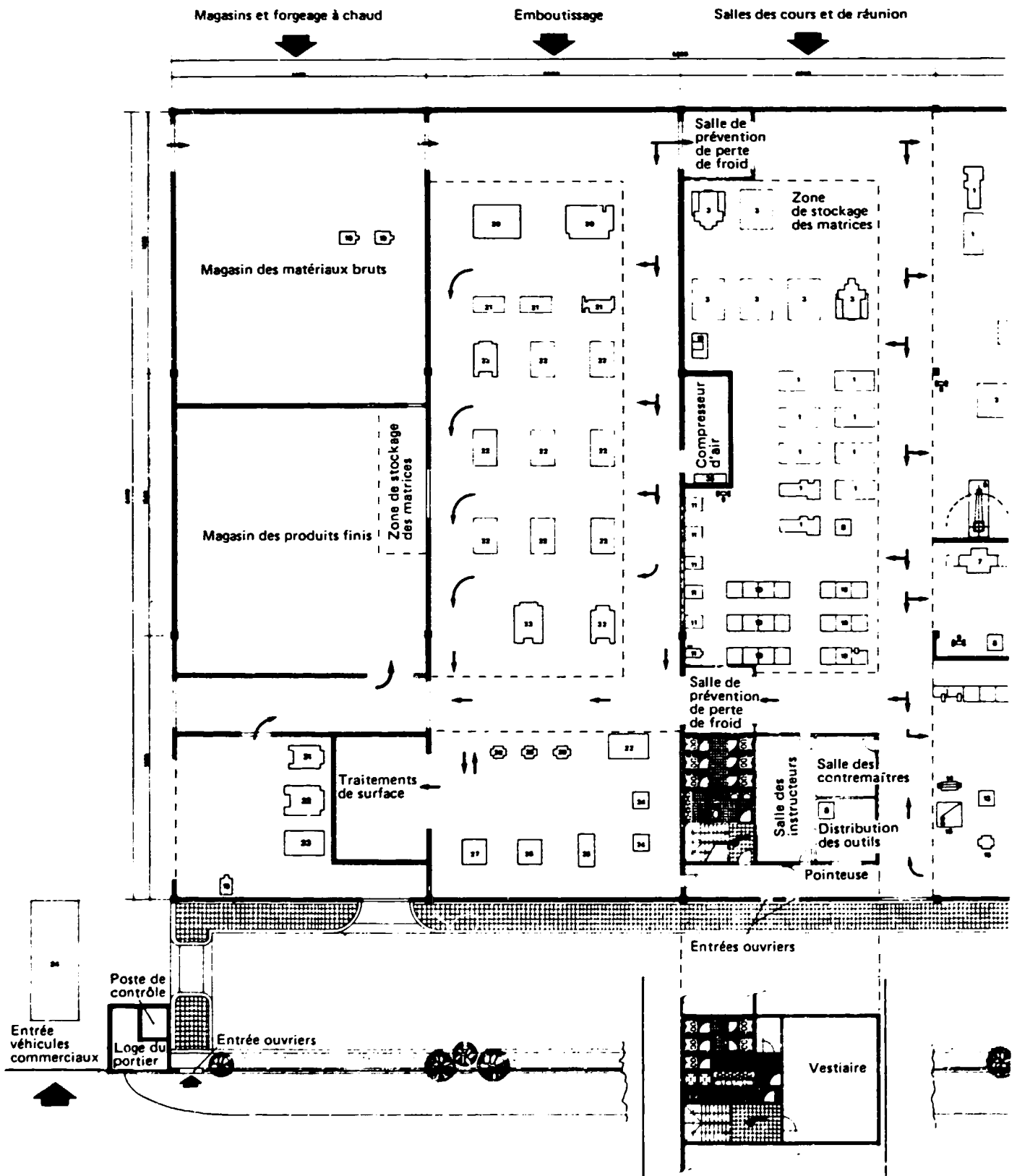
- a) Le terrain est de niveau;
- b) L'existence d'un réseau routier;
- c) Disponibilité de l'eau et de l'énergie électrique. La région est alimentée en électricité à haute tension; elle dispose d'un transformateur ou du moins celui-ci est prévu;
- d) Pas de restrictions légales en ce qui concerne le bruit et les vibrations;
- e) L'installation éventuelle d'un marteau-pilon pour le matriçage à chaud nécessitera la construction de fondations capables d'absorber les vibrations (cela afin de maintenir la qualité de production des machines-outils).

Les besoins et les exigences en matière de traitement et d'évacuation des eaux ne sont pas inclus dans cette étude.

### Bâtiments et installations

Les bureaux, qui couvrent une surface d'environ 1 000 m<sup>2</sup>, sont installés dans un bâtiment indépendant. La cour intérieure couvre une surface de 100 m<sup>2</sup>. Ces bureaux englobent (figure 6) : l'entrée, la salle d'attente, les bureaux de la direction et du secrétariat, la comptabilité, le département d'ingénierie, les archives, deux salles de cours pour la théorie, des bureaux pour les instructeurs, la cantine, l'infirmerie et les autres services pour le personnel.

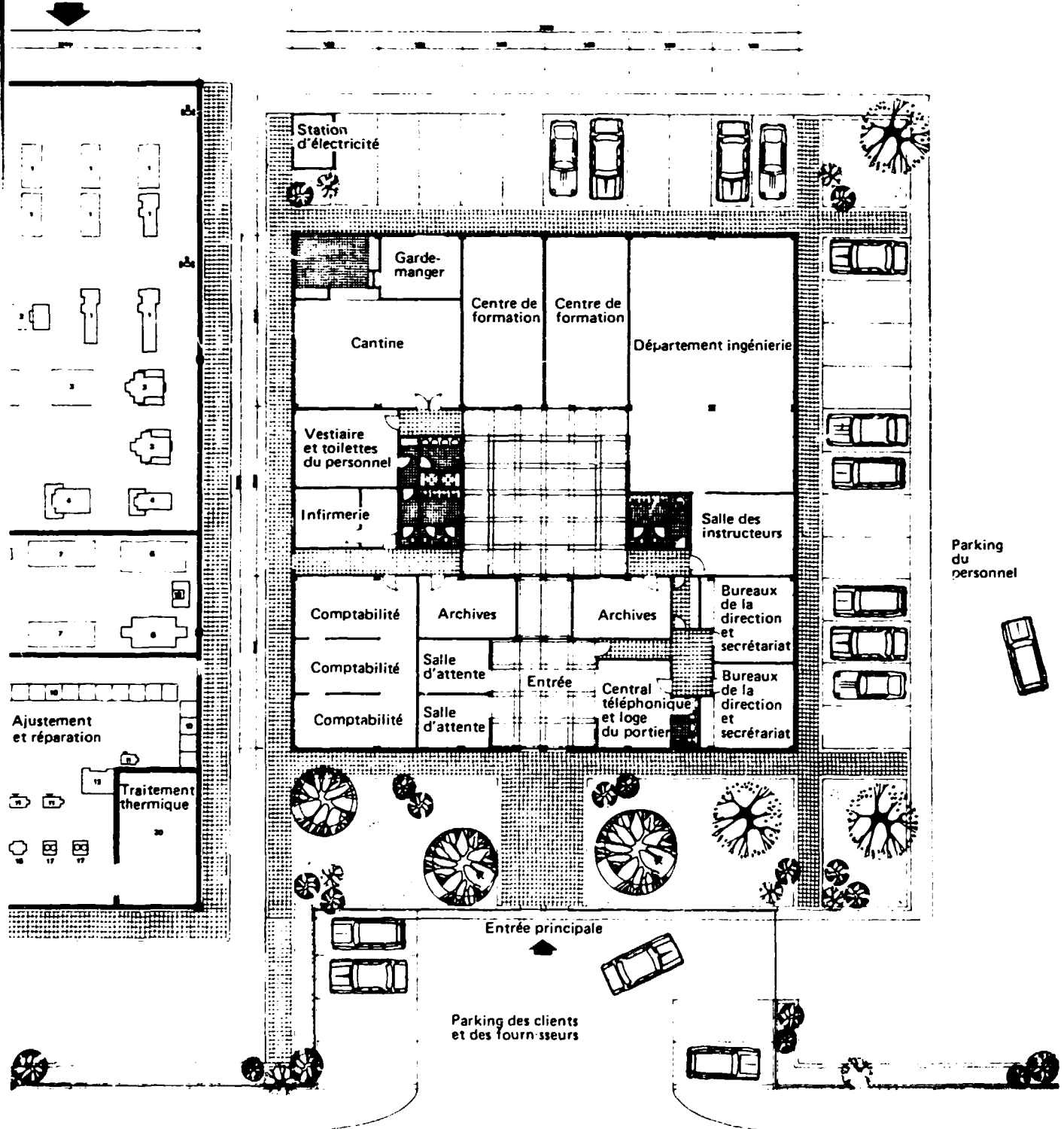
L'atelier (figure 7) couvre une surface d'environ 3 000 m<sup>2</sup>, dont près de la moitié est réservée au



NOS de réf. :

Figure 6. Agencement

Département outillage et matrices



voir p. 17

d'une usine de façonnage

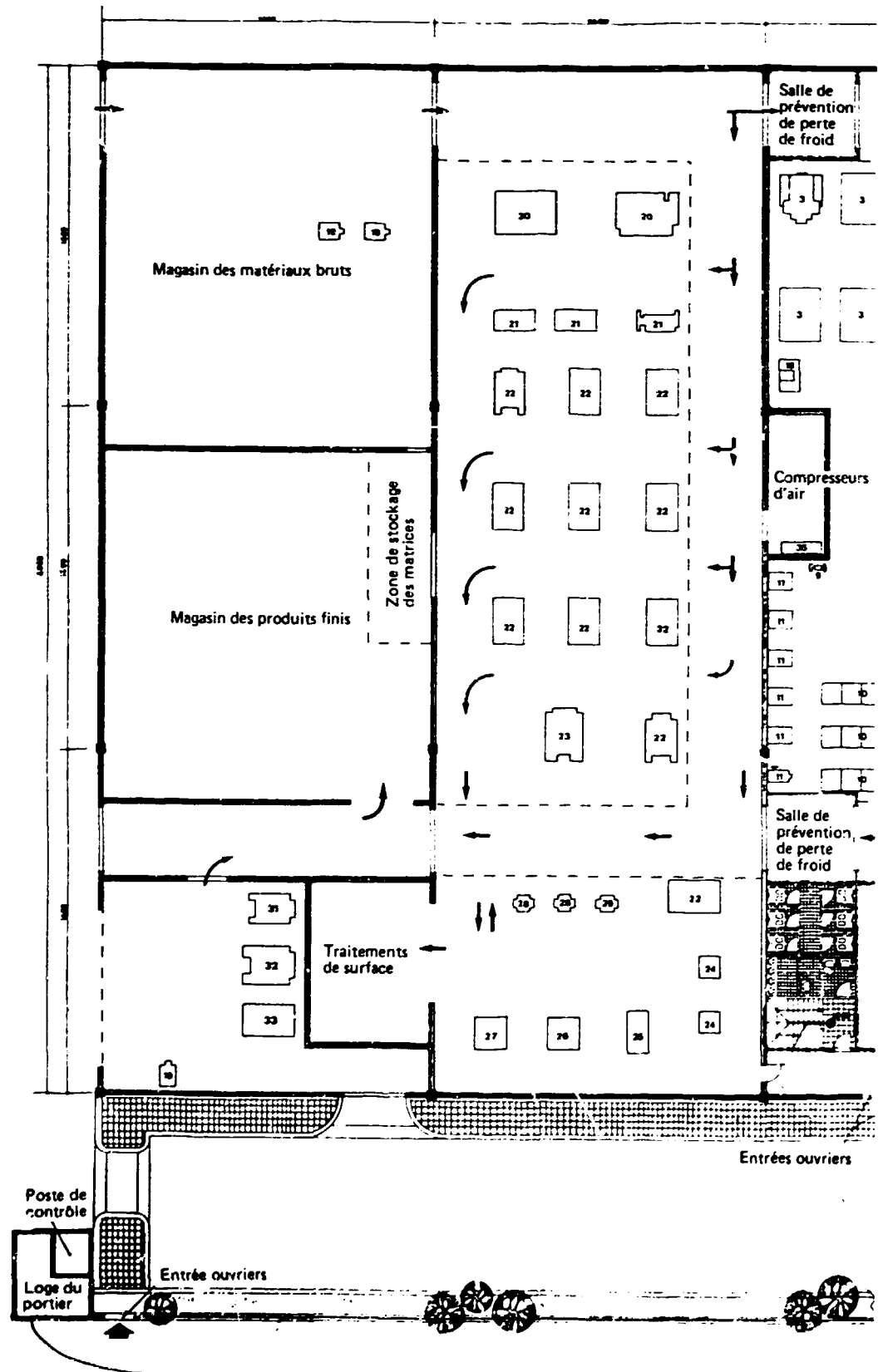
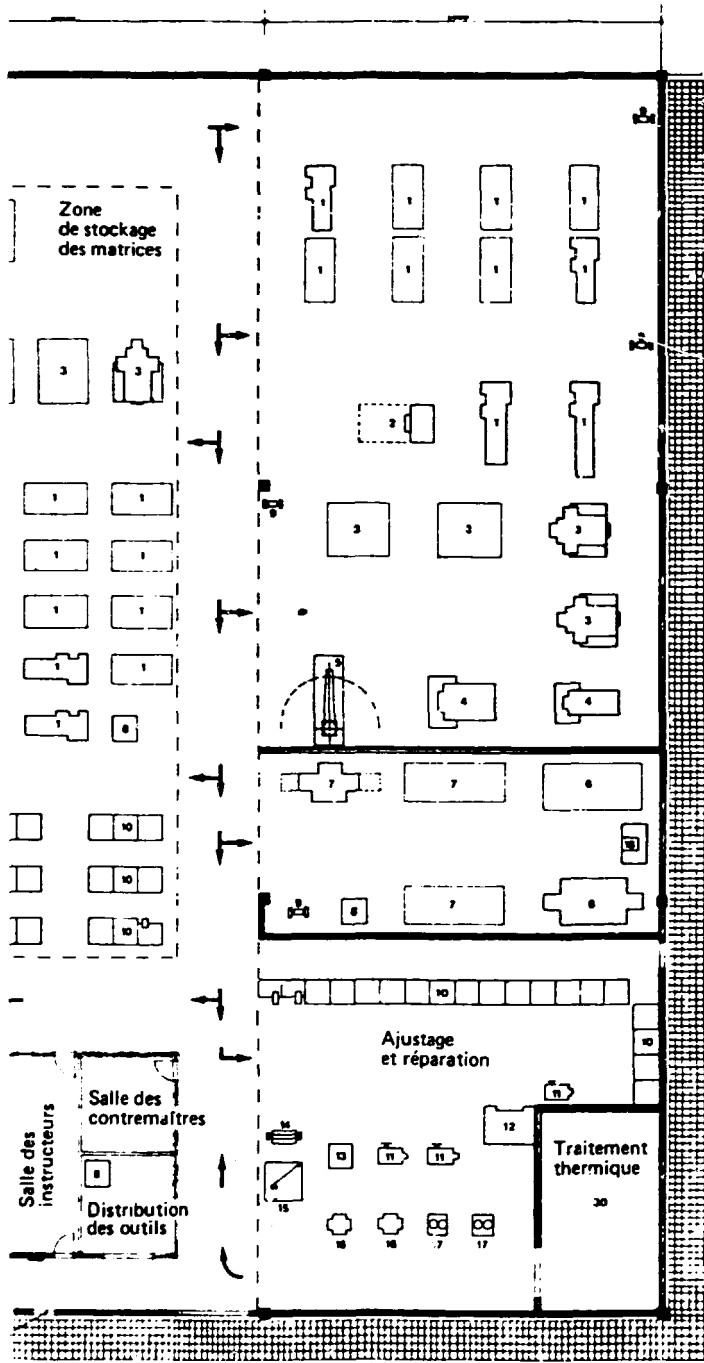
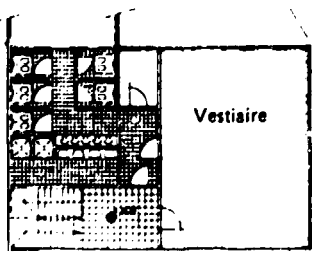


Figure 7. Agencement d'un



1. Tour parallèle
2. Tour à plateau
3. Fraiseuse
4. Aléseuse horizontale
5. Perceuse radiale
6. Rectifieuse cylindrique
7. Planeuse
8. Affûteuse universelle
9. Rectifieuse verticale double
10. Banc d'ajustage
11. Perceuse à commande manuelle
12. Etinceleuse
13. Comparateur optique
14. Presse à vis manuelle
15. Marqueuse à pantographe
16. Equipement de soudage à l'arc
17. Equipement de soudure au chalumeau
18. Machine à pierrer
19. Scie à métaux
20. Cisaille guillotine
21. Presse à plier
22. Presse mécanique
23. Presse hydraulique
24. Cintreuse (pour tubes)
25. Machine à entailler
26. Cintreuse à trois rouleaux
27. Cisaille à disque
28. Soudeuse par points
29. Soudeuse à arc immergé
30. Fourneaux de traitement thermique
31. Presse à ébarber
32. Marteau-pilon
33. Four de préchauffage
34. Pont-bascule
35. Chargeur de batteries



atelier de façonnage

département outillage et matrices. Cette zone est divisée au centre en deux parties par une large allée permettant le passage de chariots élévateurs.

La première partie abrite les machines-outils et les bancs des monteuses de matrices. A côté d'eux, un espace est réservé au remisage des matrices et du matériel en cours de fabrication et de réparation. Comme de coutume dans les ateliers d'outillage et de matrices, les machines de caractéristiques similaires ont été réunies par groupes. La deuxième partie est réservée à la formation des ouvriers nouvellement recrutés. Cette partie comporte moins d'espace libre, étant donné qu'il y a moins de produits à manipuler. A l'avant de cette partie se trouve une petite pièce réservée aux instructeurs. Un centre de distribution d'outillage est placé près des machines d'affûtage. Des zones relativement importantes, accessibles depuis les deux départements, sont utilisées pour le stockage des matrices, qu'elles soient neuves, réparées ou reconditionnées.

Le département emboutissage est doté des presses et des autres machines nécessaires aux travaux de tôlerie. Les allées sont larges, étant donné les grandes quantités de matériaux à déplacer et les importants stocks de pièces près des machines. Pour des motifs de présentation et de protection de surface, les pièces embouties doivent souvent recevoir un traitement de surface. Aussi, de la place a été prévue pour le phosphatage, la peinture et le dégraissage.

La manutention des pièces se fait manuellement, avec des petites machines de levage pour les pièces lourdes, avec des pinces mécaniques ou magnétiques (pour des raisons de sécurité). Les transports à l'intérieur de l'usine se font au moyen de chariots élévateurs à fourche et de conteneurs ou de palettes en bois. Ces conteneurs et palettes peuvent être fabriqués par les élèves à titre d'exercice. Un système d'air comprimé (600 kg/cm<sup>2</sup>) alimente les presses et toutes les autres machines-outils, de même que les bancs d'ajustage. Le système électrique et le système d'éclairage, sous tube, sont pourvus de leviers de sécurité. Afin d'abaisser la tension pour des raisons de sécurité, une station électrique à deux transformateurs (un pour les machines et un autre, plus petit, pour l'alimentation générale) est située à l'extérieur du bâtiment. Le département outillage et matrices ainsi que les bureaux sont pourvus d'un système de climatisation garant de conditions de travail agréables et permettant d'intervenir en cas de changement de température qui pourrait avoir un effet sur les machines.

Des extincteurs à poudre et à mousse très accessibles sont prévus dans l'ensemble des bâtiments, alors que la salle de peinture est pourvue d'un petit système d'arrosage automatique en raison des produits très inflammables qui s'y utilisent.

L'agencement de l'usine permet un agrandissement ultérieur. Chaque département peut être agrandi d'un appentis de 16 × 16 m, et l'ensemble de l'usine peut être agrandi par l'adjonction d'un appentis de 64 × 16 m situé à l'arrière.

#### Surface requise pour les divers départements

Dans le tableau 5 figurent tous les départements de l'UDPM répartis en trois départements de production.

TABLEAU 5. SURFACE DES DIVERS DÉPARTEMENTS DE L'UDPM DE FAÇONNAGE

(m <sup>2</sup> )				
Fonction	Emboutissage	Outils et matrices	Forgeage à chaud	Total
Emboutissage	640	—	—	640
Outils et matrices	—	720	—	720
Forgeage à chaud	—	—	80	80
Formation	—	420	—	420
Magasin	450	90	20	560
Peinture	60	—	—	60
Traitement thermique	—	55	—	55
Autres	270	345	—	615
Bureaux	300	650	—	950
Total	1 720	2 280	100	4 100

#### Personnel

L'effectif augmente chaque année jusqu'à ce que l'usine devienne pleinement opérationnelle au cours de la cinquième année. A ce moment, la répartition du personnel se présente comme indiqué dans le tableau 6.

TABLEAU 6. RÉPARTITION DU PERSONNEL AU COURS DE LA CINQUIÈME ANNÉE DE PRODUCTION (Nombre de personnes)

Catégorie	Total	Emboutissage	Outils et matrices
Direction et secrétariat	11	5	6
Ingénieurs	14	—	14
Contremaîtres et surveillants	14	6	8
Emboutissage	34	34	—
Outils	50	—	50
Non spécialisés	15	7	8
Total	138	52	86

### F. Machines

Les degrés de mécanisation et de sophistication ont été volontairement limités pour des raisons de coût, de simplicité d'entretien et de polyvalence.

La sécurité au travail est l'une des considérations de base. Toutes les machines qui présentent un danger quelconque pour la sécurité du personnel ont été systématiquement exclues. Ainsi, les presses avec embrayage à friction ont été préférées aux presses à embrayage à dents. Toutes les presses ont des commandes doublées nécessitant les deux mains afin d'éviter les accidents. Les tours sont pourvus d'une coiffe sur les mandrins autocentrateurs; tous les tours, rectifieuses et perceuses sont pourvus d'écrans plastiques retenant les copeaux.

L'équipement en machines et en accessoires (étaux, poupées mobiles, diviseurs, appuis fixes et mobiles et mandrins autocentrateurs à trois ou quatre mors) doit être pris en considération afin de favoriser la polyvalence des machines. Certains équipements tels que filières, pinces, mors spéciaux n'ont pas été précisés, étant donné qu'il faut d'abord connaître la forme et la dimension des pièces à usiner ainsi que le coût de main-d'œuvre.

#### Machines de tôlerie

Le tableau 7 représente la mise en service des machines de tôlerie au cours des années consécutives. Les détails du matériel et de l'espace requis pour l'unité d'estampage de l'UDPM figurent à l'annexe II.

De plus, les éléments suivants sont requis :

- a) Dispositif de démagnétisation;
- b) Presse rapide;
- c) Instruments de mesure et de contrôle;
- d) Matériel de sécurité (pinces, gants, etc.);
- e) Palettes;
- f) Extincteurs;
- g) Conteneurs à métaux.

#### Machines pour outillage et matrices

Le tableau 8 représente la mise en service des machines du département outillage et matrices.

En outre, le matériel suivant est requis :

- a) Etagères pour outillage et montage (une par machine);
- b) Rectifieuses et perceuses portatives;
- c) Outils, roues, scies à ruban;
- d) Manomètres, instruments, marbres;

e) Matériel de sécurité (lunettes de protection, etc.);

f) Palettes et grues à flèche;

g) Extincteurs.

TABLEAU 7. MISE EN SERVICE DES MACHINES  
(Nombre de machines)

Machme	Total	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Presses	12	1	6	3	2	—
Cisailles à guillotine	2	1	—	1	—	—
Cisaille à disques	1	—	—	—	—	—
Machine à entailler à bras de 1 600 mm	1	—	—	—	1	—
Cintreuses	2	1	—	—	1	—
Laminoir	1	1	—	—	—	—
Cintreuses à tubes	2	—	1	—	1	—
Soudeuses par points	2	1	—	1	—	—
Soudeuse à arc immergé	1	—	—	—	1	—

TABLEAU 8. CALENDRIER D'INSTALLATION DES MACHINES DU DÉPARTEMENT OUTILLAGE ET MATRICES

(Nombre de machines)

Machme	Total	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Tours	19	11	6	—	1	1
Rectifieuses	10	—	3	6	1	—
Perceuses	9	5	4	—	—	—
Aléseuses	2	—	—	1	1	—
Planouseuses	3	1	2	—	—	—
Rectifieuses à profils	2	1	1	—	—	—
Affûteuses	3	—	2	—	—	1
Machine d'étincelage	1	—	—	—	1	—
Bancs pour outilleurs	40	20	10	10	10	—
Fourneaux	3	3	—	—	—	—
Divers	20	6	9	3	—	2

#### Machines pour le département de forgeage à chaud

Dans le département de forgeage à chaud, il est nécessaire de disposer d'un marteau-pilon et d'une presse à ébarber, deux machines qui seront installées au cours de la quatrième année de fonctionnement de l'unité. De plus, une scie circulaire, un fourneau de préchauffage, des instruments de mesure et de contrôle, du matériel de



sécurité (pincés, gants et lunettes de protection), des palettes, des extincteurs et des conteneurs métalliques sont requis.

### G. Investissements

Les investissements prévus sont résumés dans les tableaux 9 à 12. Dans le tableau 10, il n'a pas été tenu compte du coût du terrain. Dans le tableau 11, il est supposé que les alimentations en électricité et eau aboutissent aux limites de l'usine.

Les estimations sont basées sur l'emploi de machines de qualité normale provenant de constructeurs sûrs. Dans les prix, qui sont ceux de septembre 1979, est incluse la "tropicalisation" requise dans les milieux où la température est élevée.

TABLEAU 9. TOTAL DES INVESTISSEMENTS REQUIS POUR L'UDPM  
(Milliers de dollars)

Département	Emboutissage	Outillage et matrices	Forgeage à chaud
Bâtiments	225	315	15
Installations	135	203	12
Machines et matériel de fabrication	1 200	1 500	480
Total	1 560	2 018	507

Les départements emboutissage et outillage et matrices requièrent à eux deux un investissement de 3 578 000 dollars.

### H. Formation

L'un des principaux objectifs de l'UDPM est la formation afin de rendre l'usine aussi indépendante que possible du savoir-faire étranger. Il est nécessaire d'envisager des programmes d'assistance technique à la formation étrangers (faisant appel à des experts étrangers et des instructeurs homologues au cours des premières étapes de la production de l'unité) ainsi qu'à la formation sur le tas du personnel. Les différents programmes de formation englobent ceux des directeurs, des ingénieurs et des homologues, de leurs instructeurs (futurs techniciens ou contremaîtres), des outilleurs, des mécaniciens et des ouvriers de tôlerie et de forge.

Le tableau 13 résume les coûts de formation tels qu'ils sont détaillés dans les tableaux de l'annexe III.

TABLEAU 10. INVESTISSEMENT EN ATELIERS ET BUREAUX

(Milliers de dollars)

Département	Emboutissage	Outillage et matrices	Forgeage à chaud	Total
Ateliers	180	217	15	412
Bureaux	45	98	—	143
Total	225	315	15	555

TABLEAU 11. COUT DE L'INSTALLATION DU MATERIEL

(Milliers de dollars)

Matériel	Total	Emboutissage	Outillage et matrices	Matrissage à chaud
Système d'air comprimé	90	45	40	5
Système électrique (inclut la station)	110	45	60	5
Eclairage	30	10	18	2
Système de climatisation (bureaux, département outils et matrices)	35	5	30	—
Extincteurs automatiques (cabines de peinture seulement)	5	5	—	—
Mobilier	55	25	30	—
Transport	25	—	25	—
Total	350	135	203	12

TABLEAU 12. COUT DES MACHINES DE L'UDPM

(Milliers de dollars)

Machine	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Emboutissage					
Machines	71	175	275	285	192
Installation	19	35	55	55	38
Total	90	210	330	340	230
Total cumulatif	90	300	630	970	1 200
Outillage et matrices					
Machines	242	396	308	170	66
Installations	63	104	92	40	19
Total	305	500	400	210	85
Total cumulatif	305	805	1 205	1 415	1 500

Remarque: Le coût du département de forgeage à chaud est de 480 000 dollars au cours de la quatrième année seulement.

TABLEAU 13. RECAPITULATION DES COÛTS DE FORMATION  
(Milliers de dollars)

Type de formation	Coût
<b>A l'étranger</b>	
Stages en usine pour directeurs, ingénieurs, instructeurs homologues	156
Formation continue (ingénieurs, instructeurs homologues)	156
Assistance technique pour 45 personnes-années sur une période de cinq ans	3 771
<b>Formation sur place pour</b>	
Atelier d'emboutissage	142
Atelier outillage et matrices	298
Département forgeage à chaud	19
<b>Total</b>	<b>4 542</b>

### I. Plan de viabilité préliminaire

L'étude de viabilité compare les revenus provenant de la production au coût d'exploitation. Ce plan est basé sur les éléments estimatifs suivants pour la période de démarrage de cinq ans de l'usine :

- Mise en route de la production
- Coût estimatif des matériaux
- Personnel et salaires
- Coût de formation
- Plan d'investissement et d'amortissement
- Prix estimatif des produits; revenus
- Comptes d'exploitation
- Comptes de pertes et profits

Les dépenses en matériaux ont été estimées comme étant de 20 % plus chères qu'en Europe.

On suppose que les employés seront recrutés sur une période de cinq ans, l'effectif total étant atteint au cours de la cinquième année. Le coût des employés a été calculé en cumulant les coûts pour les différents niveaux d'activité. Ces coûts varient au cours des années comme le montrent les tableaux de l'annexe IV. Les recettes débutent au cours de la deuxième année. Les coûts de formation locale sont ajoutés aux coûts d'exploitation, mais les subsides prévus pour la formation ont été considérés comme des rentrées. Les coûts relatifs aux experts étrangers et aux stages à l'étranger ne sont pas inclus dans les coûts d'exploitation. Ces dépenses seront sans doute couvertes par la CEE ou l'assistance bilatérale.

Evaluation de l'amortissement du capital investi : taux d'intérêt de 4 % par an pour les bâtiments; de 5 % par an pour les installations générales et de 10 % par an pour les machines et le matériel (voir tableau de l'annexe V).

Les charges financières auront été ajoutées au coût d'exploitation. Le financement comptant est évalué à 5 % des coûts d'exploitation. Les charges financières des investissements ont été ajoutées au revenu net et sont évaluées à environ 2 % de l'investissement total.

Les prix sur les marchés locaux sont évalués comme étant de 30 % au-dessus des prix européens (septembre 1979) dans le cas de la tôlerie et du matriçage à chaud.

### Prévisions financières pour le département d'emboutissage

Comme les deux premières années sont consacrées à la formation, la production débute à la fin de la deuxième année. Cette production est évaluée en moyenne à 19,5 kg/h par machine, moyenne qui peut être atteinte après des améliorations progressives du rendement. Au cours des années 2 à 5, la production de pièces embouties peut s'établir comme suit :

Année	Production (t)
2	98
3	323
4	610
5	835

Les employés seront recrutés sur une période de cinq ans, à la fin de laquelle il y aura cinq directeurs avec leur personnel, six contremaîtres et surveillants, 34 ouvriers spécialisés et 7 ouvriers non spécialisés.

Les coûts de la formation locale ont été évalués en supposant que le personnel de bureau et les directeurs soient formés au cours de la première année seulement; que les employés de l'emboutissage soient formés au cours des cinq années; que les ouvriers de l'emboutissage soient formés au cours des trois premières années et que les ouvriers non spécialisés soient formés au cours des deux premières années.

Les estimations relatives à l'amortissement sont détaillées séparément à l'annexe V. Les revenus de l'atelier de tôlerie sont basés sur un prix de vente estimatif de 2 dollars par kilo. Le tableau 14 est une décomposition des coûts d'exploitation pour chacune des cinq années; ceux-ci sont comparés avec les recettes prévues pour aboutir aux prévisions des pertes et profits dans le tableau 15.

### Prévisions financières pour le département outillage

La production de l'atelier d'outillage débutera au cours de la deuxième année, les deux premières années étant consacrées à la formation. A partir de

TABLEAU 14. DEPARTEMENT EMBOUTISSAGE :  
COUTS D'EXPLOITATION  
(Milliers de dollars)

Article	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Matériaux bruts	23	124	406	704	876
Matériaux auxiliaires et non réutilisables	2	12	40	70	87
Energie électrique	1	4	14	25	35
Main-d'œuvre directe	5	17	35	52	68
Main-d'œuvre auxiliaire	8	15	23	32	43
Directeurs et personnel	11	15	20	27	28
Coûts généraux	4	18	50	91	110
Autres	2	8	22	42	60
Total	56	213	610	1 043	1 307

TABLEAU 15. DEPARTEMENT EMBOUTISSAGE :  
PERTES ET PROFITS

Point	Montant (milliers de dollars)				
	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
<b>Recettes</b>					
Ventes de la production	-	205	678	1 281	1 753
Subsidés à la formation	24	32	33	23	30
Total recettes	24	237	711	1 304	1 783
<b>Dépenses</b>					
Coûts de formation	56	213	610	1 043	1 307
Amortissement	26	47	80	114	137
Intérêts de prêts	12	25	25	25	25
Coût total	94	285	715	1 182	1 469
Profit (perte)	(70)	(48)	(4)	122	314
Comptant net	(44)	(1)	76	236	451

la deuxième année, le temps consacré à la production se présente comme suit :

Année	Temps de production (h)
2	7 200
3	21 600
4	43 200
5	72 000

Le personnel sera recruté sur une période de cinq ans. Au cours de la cinquième année, il est prévu que le personnel comprendra 6 cadres de direction et d'administration, 14 ingénieurs, 8 contremaîtres et surveillants, 50 outilleurs et 8 ouvriers non spécialisés.

Les coûts de formation sur place des directeurs et du personnel de bureau sont évalués pour la première année seulement; ceux des ingénieurs homologues pour une durée de un an; ceux des outilleurs pendant deux ans; et ceux de la force de travail non spécialisée au cours de la première année. L'amortissement est détaillé dans l'annexe V.

Étant donné que les matériaux bruts ne sont pas inclus dans l'évaluation du coût, l'évaluation des recettes est calculée sur la base des heures de production commercialisables. Ces heures sont estimées à un prix de vente de 8 dollars par heure (environ 12 000 dollars par an/personne/machine).

Les recettes provenant des services sort le produit des heures de travail des ingénieurs multiplié par 10 dollars/heure (soit environ 18 000 dollars par an et par personne).

Le tableau 16 est une décomposition des coûts d'exploitation au cours des cinq années: ces coûts sont comparés avec les recettes prévues pour aboutir aux prévisions en matière de pertes et profits du tableau 17.

### Prévisions financières pour le département de forgeage à chaud

La production, qui débutera la quatrième année, est estimée à 60 kg/h par machine. Cette valeur sera atteinte progressivement. Au cours de la quatrième année, ce département produira 29 ton-

TABLEAU 16. DEPARTEMENT OUTILLAGE  
ET MATRICES : COUTS D'EXPLOITATION  
(Milliers de dollars)

Article	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Matériaux auxiliaires et non réutilisables	7	14	21	34	57
Energie électrique	3	6	8	13	22
Main-d'œuvre directe	12	32	57	88	125
Main-d'œuvre auxiliaire	15	24	32	43	54
Directeurs et personnel	47	66	89	114	136
Coûts généraux	8	14	21	29	40
Autres	4	7	10	15	20
Total	96	163	238	336	454

TABLEAU 17. DEPARTEMENT OUTILLAGE  
ET MATRICES : PERTES ET PROFITS

Point	Montant (milliers de dollars)				
	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
<b>Recettes</b>					
Ventes de la production	—	57	173	346	576
Vente des services d'ingénierie	—	29	54	87	126
Subsidés à la formation	74	50	50	58	66
Total recettes	74	136	277	491	768
<b>Dépenses</b>					
Coûts de formation	96	163	238	336	454
Amortissement	55	105	145	166	174
Intérêts de prêts	15	30	30	30	30
Coût total	166	298	413	532	658
Profit (perte)	(92)	(162)	(136)	(41)	110
Comptant net	(37)	(57)	9	125	274

TABLEAU 18. DEPARTEMENT DE FORGEAGE A CHAUD : COÛTS D'EXPLOITATION

(Milliers de dollars)

Article	An 4	An 5
Matériaux bruts	20	60
Matériaux auxiliaires et non réutilisables	2	7
Energie électrique	7	10
Main-d'œuvre directe	4	8
Main-d'œuvre auxiliaire	3	4
Directeurs et personnel	—	—
Coûts généraux	4	10
Autres	2	5
Total	42	104

Remarque : Pas de dépenses au cours des trois premières années.

nes de pièces forgées, pour arriver à 86 tonnes au cours de la cinquième année. En raison des investissements élevés, les travaux au marteau-pilon se feront en deux postes.

Le personnel et les salaires figurent en détail à l'annexe IV. Un contremaître et cinq ouvriers de forge seront requis. Les coûts de formation s'établiront à 7 000 dollars au cours de la quatrième année et 12 000 au cours de la cinquième année.

TABLEAU 19. DEPARTEMENT DE FORGEAGE A CHAUD : PERTES ET PROFITS

(Milliers de dollars)

Point	An 4	An 5
Recettes		
Ventes de la production	58	172
Subsides à la formation	7	12
Total recettes	65	184
Dépenses		
Coûts de formation	42	104
Amortissement	50	50
Intérêts de prêts	9	9
Coût total	101	163
Profit (perte)	(36)	21

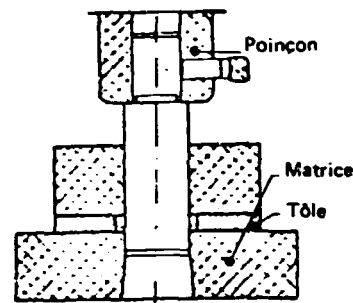
L'amortissement au cours de ces cinq années est détaillé à l'annexe V.

Les recettes sont estimées pour un prix de vente d'environ 2 dollars par kilo de pièces forgées produites.

Les coûts d'exploitation du département de forgeage à chaud figurent au tableau 18. Ces coûts sont comparés avec les recettes pour aboutir aux prévisions de pertes et profits du tableau 19.

## Appendice I

## TYPES DE MATRICES ET PRODUITS EMBOUTIS



Produits

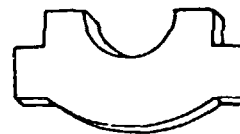
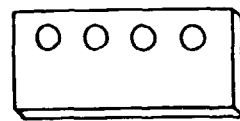
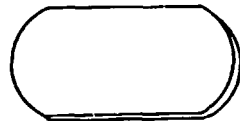
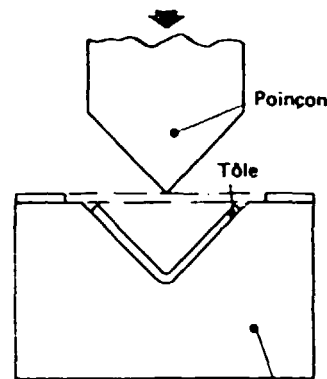


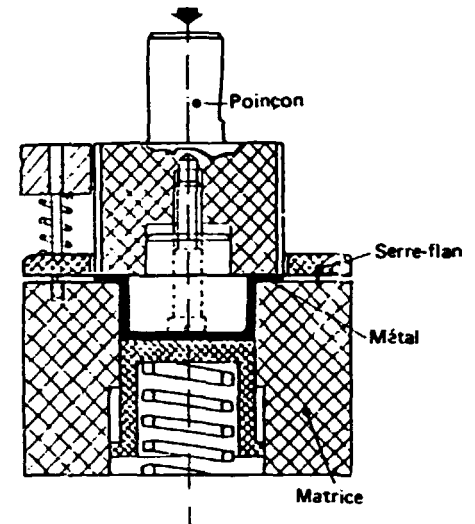
Figure 8. Vue en coupe d'une matrice à découper. Le poinçon s'adapte exactement à l'orifice de la matrice. Nombreuses formes possibles.



Produits



Figure 9. Vue en coupe d'une matrice à plier. La matrice comporte une rainure dans laquelle le poinçon emboutit la tôle.



Produit

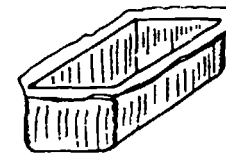


Figure 10. Vue en coupe d'une matrice à former. La matrice comporte une cavité de forme et de profondeur appropriées. La tôle est placée sur la matrice et retenue par le serre-flan. Le poinçon donne à la tôle exactement la forme de la matrice.

## Appendice II

## DETAILS DU MATERIEL ET DE L'ESPACE REQUIS PAR L'UNITE D'EMBOUTISSAGE DE L'UDPM

## Sélection des machines pour le département d'emboutissage

Les besoins de surface et d'énergie figurent dans le tableau 20.

TABLEAU 20. BESOINS DE SURFACE ET D'ENERGIE DE L'UNITE D'EMBOUTISSAGE

Machine	Nombre	Besoins pour chaque machine		Total	
		Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)	Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)
Presse hydraulique 250 t	1	12	49	12	49
Presse mécanique 100 t (table 1 000 × 550 mm)	2	8	13	16	26
Presse mécanique 80 t (table 880 × 480 mm)	3	8	11	24	33
Presse mécanique 50 t (table 880 × 500 mm)	5	7	9	35	45

Machine	Nombre	Besoins pour chaque machine		Total	
		Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)	Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)
Presse mécanique 30 t (table 380 × 700 mm)	1	5	9	5	9
Cisaille à guillotine 2 050 mm	2	18	5	36	10
Presse à cintrer	2	9	6	18	12
Cintreuse à main	1	3	—	3	—
Cintreuse à tube	2	12	39	24	78
Soudeuse par points	2	2	22	2	22
Machine à grignoter	1	2	3	2	3
Cisaille à disques	1	3	1	3	1
Cintreuse à rouleau	1	4	5	4	5
Machine à souder sous gaz inerte	1	4	25	4	25
<b>Total</b>				<b>188</b>	<b>318</b>

Les avantages et désavantages des diverses presses à emboutir figurent ci-dessous :

Type	Avantages	Désavantages
Presse hydraulique	Constance de la force. Nombreuses formes possibles Simplicité de commande	Coût élevé Le foulage final n'est pas positif Faible cadence
Presse mécanique avec embrayage à friction	Convient pour le pliage et le découpage	La vitesse de travail varie L'emboutissage est difficile
Presse à embrayage à dents	Mêmes avantages que la presse mécanique avec embrayage à friction	Désavantages identiques à ceux de la presse mécanique avec embrayage à friction L'embrayage à dents s'use rapidement et le coulisseau risque de tomber en fin de course (sécurité)

La presse mécanique avec embrayage à friction constitue le meilleur choix, étant donné qu'elle est plus sûre que la presse avec embrayage à dents. Les presses hydrauliques sont requises pour l'emboutissage.

Les principes de fonctionnement et les applications du matériel de tôlerie sont les suivants :

Machine	Principe de fonctionnement	Application
Cisaille à guillotine	Une lame (de la même longueur que la machine) coupe la tôle en une seule passe	Tous les découpages droits faits sur les tôles de format standard
Cisaille à disques	Découpage de tôle au moyen de deux disques affûtés fonctionnant à la manière de ciseaux	Découpage de la tôle en disques, anneaux concentriques et profils de grand rayon
Machine à grignoter	Des outils de coupe opposés, de quelques millimètres de long, font une série de petites encoches pour découper la tôle	Possibilité de faire des profils réguliers ou des coins
Cintreuse	Un poinçon et une matrice plient le métal	Les plis, les formes ondulées, les nervures droites se font en une série d'opérations
Cintreuse pour tubes et profilés	Un dispositif de poussée actionné mécaniquement ou manuellement force la pièce contre l'élément de mise en forme	Possibilité de cintrer des tubes jusqu'à 50 mm de diamètre
Soudeuse par points	Deux tôles sont pressées entre deux électrodes. Le courant qui les traverse fait fondre le métal et crée une soudure	Assemblage final de pièces découpées, pliées ou embouties
Soudeuse à gaz inerte	Soudeuse à électrode continue protégée de l'oxydation par un gaz inerte	Soudage d'acier inoxydable, d'aciers spéciaux et de métaux non ferreux

Ces machines ont la capacité de produire des pièces plus grandes que celles réalisées par les presses. Elles s'utilisent pour produire des pièces par petites séries, là où une matrice serait trop onéreuse. Elles ont la possibilité de cintrer les tubes et les profilés en vue de leur montage sur d'autres produits, par exemple les bras de brouettes. Elles peuvent également assembler divers éléments.

## Choix de machines pour le département outillage et matrices

Le tableau 21 fait apparaître les besoins en surface et en énergie du département outillage et matrices. Le choix des machines pour ce département est basé sur les considérations suivantes :

- a) Les tours, rectifieuses et perceuses sont les machines de base de la formation des ouvriers spécialisés;
- b) Dans toutes les opérations d'usinage, les tours, rectifieuses et perceuses exécutent toujours les opérations de base initiales. Comme ces machines sont nombreuses, elles ont la capacité d'absorber les surcharges de travail. Dans les opérations de grande précision, telles que l'alésage et les opérations consécutives au traitement thermique telles que la rectification, on peut envisager deux postes de travail par jour;
- c) Il est possible de modifier ces machines de base en vue de produire certains articles requis en quantité moyenne, et cela par des méthodes peu onéreuses. Ainsi peut-on compléter un tour, par exemple, d'un dispositif de reproduction ou ajouter des accessoires spéciaux sur une rectifieuse. Le grand nombre de machines constitue une sorte de réserve.

TABLEAU 21. BESOINS DE SURFACE ET D'ENERGIE DU DEPARTEMENT OUTILLAGE ET MATRICES

Machine	Nombre	Besoins pour chaque machine		Total	
		Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)	Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)
Tour parallèle (250 × 2 000 mm)	2	6,7	9,0	13,4	18,0
Tour parallèle (180 × 800 mm)	5	2,7	3,8	13,4	18,8
Tour parallèle (180 × 1 200 mm)	1	4,0	3,8	4,0	3,8
Tour parallèle (100 × 500 mm)	10	1,7	3,8	16,8	37,5
Tour à plate:u (diamètre 830 mm × longueur 1 120 mm)	1	5,0	15,7	5,0	15,7
Fraiseuse de reproduction (table 1 200 × 280 mm)	1	2,0	9,1	2,0	9,1
Fraiseuse à outils (table 1 100 × 250 mm)	8	10,2	4,6	81,6	36,9
Fraiseuse verticale (table 680 × 2 000 mm)	1	22,5	17,4	22,5	17,4
Perceuse radiale (orifice diamètre 30 mm)	1	6,6	4,1	6,6	4,1
Perceuse à main (orifice 40 à 50 mm)	2	0,9	2,4	1,8	4,8
Perceuse verticale à main	6	0,3	0,5	1,9	3,0
Petit graveur en creux à pointeur	1	7,4	2,9	7,4	2,9
Aléseuse horizontale (table 1 000 × 500 × 500 mm)	1	28,9	7,5	28,9	7,5
Planeuse à broche horizontale (table 400 × 1 000 mm)	1	20,9	4,5	20,9	4,5
Planeuse à broche verticale (table 280 × 600 mm)	1	18,0	4,5	18,0	4,5
Affûteuse à outils (table 200 × 300 mm)	1	11,2	2,3	11,2	2,3
Rectifieuse cylindrique (180 × 1 000 mm)	1	24,0	12,0	24,0	12,0
Rectifieuse cylindrique (120 × 700 mm)	1	20,0	10,5	20,0	10,5
Affûteuse universelle	2	13,2	2,0	26,4	4,0
Petite affûteuse universelle	1	12,2	1,1	12,2	1,1
Machine d'étincelage (table 500 × 500 mm)	1	10,5	24,0	10,5	24,0
Deni d'ajustage (1 000 × 700 mm)	40	2,1	—	84,0	—
Rectifieuse droite à deux meules (diamètre 250 mm × largeur 30 mm)	5	0,4	0,2	1,9	1,2
Machine à marquer à pantographe	1	6,0	1,3	6,0	1,3
Machine à graver électrique	1	—	1,0	—	1,0
Machine à pierrer (table de diamètre 350 mm)	1	—	1,0	—	1,0
Taraudeuse automatique	1	3,0	4,0	3,0	4,0
Machine à scier les métaux	2	2,5	2,0	5,1	4,0
Machine à polir	1	2,8	2,0	2,8	2,0
Four de dégraissage au trichloroéthylène	1	2,6	5,0	2,6	5,0
Presse à vis à main	1	1,0	—	1,0	—
Équipement de soudure à l'arc	2	—	15,0	—	30,0
Équipement de soudure au chalumeau	2	—	—	—	—
Four à bain de sel avec équipement pyrométrique	1	—	100,0	—	100,0
Fourneau à moufle avec équipement pyrométrique	1	—	35,0	—	35,0
Four de revenu avec équipement pyrométrique	1	—	35,0	—	35,0
Comparateur optique de profil	1	6,0	0,2	6,0	0,2
<b>Total</b>	<b>111</b>			<b>460,9</b>	<b>462,0</b>

Voici les caractéristiques de fonctionnement de plusieurs types de tour :

Type de tour	Caractéristiques de fonctionnement	Commentaires
Tour parallèle	La pièce tourne autour de son axe. Elle est montée entre deux poupées ou serrée dans un mandrin autocentreur. Les commandes sont mécaniques et manuelles	Le plus simple et le plus répandu des tours. Permet d'usiner des pièces à partir de billettes et lingots coulés ou forgés
Tour à plateau	Identique au tour parallèle, mais s'utilisant pour les pièces courtes et larges	Même que ci-dessus mais plus onéreux en raison de la poupée fixe plus grande
Tour à reproduire	Un palpeur entraîné hydrauliquement suit le profil du modèle et commande le tour qui usine le même profil sur la pièce	Le dispositif de reproduction nécessite un entretien régulier. Le tour à reproduire convient pour les quantités de production moyennes; il est limité en ce qui concerne la taille des pièces
Tour revolver	Construction similaire à celle du tour parallèle. Le tour revolver comporte un barillet hexagonal tournant autour d'un axe vertical. Ce barillet comporte divers outils, chacun destiné à une opération particulière. Le barillet est commandé manuellement	Une machine de production de taille intermédiaire, sophistiquée, complexe et onéreuse
Tour à commande numérique	Les mouvements du chariot, la vitesse et l'alimentation sont commandés électroniquement par cartes perforées ou bandes magnétiques	Machine très onéreuse, raffinée et délicate pour quantités de production petites à moyennes
Tour en l'air	Les longues barres usinées par ce tour passent par une série de broches. Un jeu d'outils et de cames est requis pour la production de chaque pièce. La dernière came détache la pièce de la barre	S'utilise uniquement dans les grosses productions. Chaque pièce requiert un équipement onéreux. Seules les pièces de petit diamètre peuvent être usinées à partir des barres
Tour à outils multiples	Six ou huit barres rotatives, chacune faisant face à un poste de travail où s'exécute une opération d'usinage. Un barillet rotatif fait passer les barres à une autre station de travail pour les opérations d'usinage ultérieures	Pour les très grosses productions. Le tour automatique multibroche nécessite des outils et des équipements très onéreux et ne produit des pièces qu'à partir de barres. La machine est très onéreuse

Les tours automatiques multibroches et les tours automatiques en l'air ne sont pas retenus pour l'UDPM en raison de leur faible volume de production. D'autre part, les tours à commande numérique sont trop raffinés et requièrent une équipe de programmeurs.

Les tours à volume de production moyen, les tours à reproduire et les tours revolver ne conviennent pas.

Les classiques tours parallèles ont été retenus en raison de leur souplesse d'emploi et de leur économie. Le tour à plateau est indispensable pour deux opérations, à savoir la production des plaques supportant les matrices ainsi que le finissage de roues et de volants, ceci à titre d'entretien.

Les fraiseuses ont les caractéristiques de fonctionnement suivantes :

Type de fraiseuse	Caractéristique de fonctionnement	Commentaires
Fraiseuse horizontale	Fraise montée sur une broche horizontale	Machine requise pour planer et produire des tunnels de diverses formes
Fraiseuse universelle	Variante des fraiseuses horizontales. Comporte des fraises montées sur broches horizontales et verticales	Permet d'obtenir différentes formes fraisées, y compris les formes hélicoïdales
Fraiseuse verticale	Comporte une broche verticale oscillante	Pour les tunnels droits et circulaires pour former et planer. Moins onéreuse que d'autres, mais limitée sur le plan des opérations qu'elle peut effectuer
Fraiseuse à outils universelle	Variante de la fraiseuse universelle	
Planeuse	Fonctionne avec une ou plusieurs fraises montées sur un ou plusieurs arbres	Pour les volumes de production élevés, machine très robuste
Fraiseuse à reproduire	Permet de donner à la pièce travaillée la forme d'un modèle	Pour les profils complexes et irréguliers



La fraiseuse à outils universelle a été retenue pour sa polyvalence. La fraiseuse horizontale n'a pas été retenue en raison des limites de ses applications. La planeuse, destinée aux volumes de production élevés, n'a pas été retenue. Une fraiseuse verticale avec une table relativement grande (680 × 2 000 mm) est indispensable pour les travaux de planage lourds en raison de sa rigidité. Une fraiseuse à reproduire est requise pour la réalisation des pièces forgées à chaud et la production de moules de refroidissement et de moules à plastique.

Une rectifieuse universelle est nécessaire pour les volumes de production moyens à faibles.

La rectifieuse circulaire et la planeuse retenues pour l'UDPM ont été conçues avec une table à entraînement hydraulique (en vue de la précision) et une poutree principale ainsi qu'un dispositif d'alimentation à commande manuelle (pour des raisons d'économie).

Les rectifieuses circulaires comportent un mécanisme d'approche hydraulique rapide, étant donné que les quantités produites sont faibles (parfois une seule pièce) et les opérations de mesure sont fréquentes.

Les systèmes de commande sont requis pour l'usinage de pièces aux tolérances serrées et la finition précise de surfaces. Les caractéristiques d'un tel système se présentent comme suit :

Mouvement	Type de système		
	Hydraulique	Mécanique	Manuel
Course de la table	Commande de vitesse précise, sûre, continue	Commande de vitesse précise et sûre. Dépassée en raison des problèmes d'entretien et de la commande de vitesse pas à pas	Possibilité de mouvements irréguliers et de vibrations de la table
Retour rapide à la pièce (sur rectifieuse circulaire seulement)	Précise, très rapide		L'approche de la pièce est longue. Des problèmes surgissent s'il y a beaucoup de mesures
Alimentation	Commande précise et continue. Onéreuse	Précis	Peu onéreuse
Dressage	Mouvement uniforme et régulier	Précis	Relativement précis et peu onéreux

Les deux aléseuses de précision (l'une petite, l'autre avec table de 1 000 × 500 mm) sont indispensables à un atelier d'usinage de précision. Ces machines alèsent des orifices à des tolérances sévères, percent des orifices à des distances très précises et usinent les surfaces à des intervalles précis. Elles permettent de fabriquer, de réparer ou de reconditionner des porte-matrices et divers articles plats.

Les affûteuses universelles comportent un vaste choix d'équipements, y compris des poutrees mobiles, des têtes de séparation, des tours pivotants, des dispositifs de dressage pour formes convexes et concaves. Ces machines s'utilisent pour rainurer, chanfreiner, etc.

La machine à étincelage produit des poinçons et des matrices aux formes très complexes qui ne pourraient pas être réalisées par d'autres méthodes. Il s'agit des profils de pièces de rechange, de matrices, de profils comportant un sous-cavage ainsi que les formes concaves de faible diamètre. Il s'agit d'une machine relativement raffinée capable d'élargir la gamme des fabrications tout en habituant les ouvriers aux possibilités de la technique moderne.

La peinture des pièces se fait à l'aide d'un pistolet pneumatique. La cabine de peinture est pourvue d'un rideau d'eau et de deux ventilateurs d'évacuation des vapeurs. Le dégraissage se fait manuellement dans six réservoirs de 500 × 600 × 600 mm. Le sol est entièrement recouvert d'une plate-forme en bois. Un bac de dégraissage à chaud est également prévu.

Les éléments des matrices subissent un traitement thermique. Il y a trois fourneaux. Le premier est du type à bain de sel, les deux autres sont du type à moules. Ces fourneaux sont utilisés pour la cémentation en caissons, la trempe, le revenu, l'élimination des tensions, la normalisation et le recuit.

#### Choix des machines pour le département de matriçage à chaud

Les besoins de surface et de puissance de ce département figurent dans le tableau 22.

TABLEAU 22. BESOINS DE SURFACE ET DE PUISSANCE DU DÉPARTEMENT DE MATRIÇAGE À CHAUD

Machine	Quantité	Besoins pour chaque machine		Total	
		Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)	Surface (m <sup>2</sup> )	Energie (kW)
Bélier (1 500 kg)	1	10	45	10	45
Presse à ébarber	1	8	20	8	20
Fourneau de préchauffage	1	6	35	6	35

Le département de forgeage à chaud peut devenir entièrement opérationnel au cours de la quatrième ou de la cinquième année. Il comporte un bélier (1 500 kg) pour la production de pièces de taille petite à moyenne (jusqu'à 2,5 kg). Le bélier est une machine complète avec ses équipements. La presse à ébarber sert à la finition des pièces. Le réchauffage se fait dans un four électrique, étant donné qu'un four à huile lourde nécessiterait l'installation d'un réservoir. Les machines pouvant utiliser des matrices sont préférables aux marteaux-pilons car ces derniers requièrent des ouvriers hautement spécialisés.

Les avantages et désavantages des diverses presses figurent ci-après :

Typ. de presse	Caractéristiques de fonctionnement	Avantages et désavantages
Presse à excentrique	C'est une excentrique qui fournit la poussée au bélier	Coût élevé, polyvalence limitée, usure rapide des matrices. Problèmes de montage des matrices. Faible vitesse. La chaleur engendrée raccourcit la durée des matrices
Presse à friction	Avec la presse à friction le temps de contact entre la pièce et la matrice est plus court que dans le cas de la pièce à excentrique. Cela facilite le montage dans la matrice. Pour parvenir à l'épaisseur voulue, le bélier peut être actionné à plusieurs reprises	Coût modéré, manque de polyvalence, usure irrégulière des matrices
Presse hydraulique	Le système hydraulique permet l'emploi de matrices à fouler et de diversifier la production. Il s'agit d'un poste de travail autonome	Coût relativement élevé, grande souplesse d'emploi, faible coût des matrices

La presse à ébarber qui a été retenue a les mêmes caractéristiques que la presse à forger hydraulique, mais elle est moins puissante.

#### Autres équipements et transport

Le four électrique présente de meilleures possibilités de réglage de la température, il est moins complexe et produit moins d'oxydation que le four à huile lourde. Cependant, il utilise davantage d'énergie et il est exposé aux pannes de secteur. La machine à scier les métaux est un modèle classique que l'on trouve sur le marché.

La manutention est exécutée au moyen de palettes commandées manuellement, par une grue de cinq tonnes pour les pièces lourdes dans le département outillage et par des chariots élévateurs à fourche qui transportent les pièces produites vers les magasins et départements de production. L'usine disposera également d'une camionnette.

### Appendice III

#### DETAILS DES COÛTS DE FORMATION

TABLEAU 23. FORMATION A L'ETRANGER

(Dollars)

Article	Coût par stagiaire	Coût total
Déplacement	3 000	72 000
Frais de séjour	4 000	96 000
Formation	6 000	144 000
Total		312 000

TABLEAU 24. PROGRAMME D'ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'UDPM D'EMBOUTISSAGE

Poste ou fonction	Durée (années)	Coût par an (milliers de dollars)					Coût total (milliers de dollars)
		An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	
Chef de projet (agissant pendant trois ans comme directeur général)	5	80	90	90	100	100	460
Instructeur principal et directeur d'atelier	4	35	80	80	90	45	330
Ingénieur d'atelier d'emboutissage	2	70	80				150

TABLEAU 24 (suite)

Poste ou fonction	Durée (années)	Coût par an (milliers de dollars)					Coût total (milliers de dollars)
		An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	
Instructeur d'atelier d'emboutissage	3	30	70	70	40		210
Ouvrier de précision et instructeur d'outilleurs	3	30	70	70	40		210
Ouvrier de précision et instructeur d'outilleurs	3		70	70	80		220
Ouvrier de précision et instructeur d'outilleurs	3		35	70	80	40	225
Instructeur sur machine-outil	3			80	90	90	260
Créateur de produits de tôlerie	3	35	80	80	45		240
Créateur outillage et matrices	3	35	80	80	45		240
Créateur outillage et matrices	3		40	80	90	45	255
Ingénieur industriel et économiste	3	35	80	80	45		240
Ingénieur de marketing	2	70	80				150
Expert en ingénierie à court terme (4 à 6 mois) pour le contrôle de qualité, le traitement thermique, spécialiste en conception d'usine et outillage (cinq personnes/années)	5		40	120	135	135	430
Dépenses préliminaires pour l'achat de matériel, activité de construction locale et recrutement							150
Total	45 per- sonnes/ années	420	895	970	880	455	3 770

TABLEAU 25. COUT DE LA FORMATION LOCALE POUR  
LE DEPARTEMENT D'EMBOUTISSAGE<sup>a</sup>

Poste ou fonction	Coût par an (milliers de dollars)				
	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Directeur général	8 (1)				
Comptable adjoint	2,5 (1)				
Superviseur et instructeur homologue	6 (2)	10,5 (3)	16 (4)	22,5 (5)	30 (6)
Ouvrier de tôlerie	5 (5)	16,8 (14)	16,8 (14)		
Ouvrier auxiliaire non spécialisé	2 (2)	4,8 (4)			
Total	23,5	32,1	32,8	22,5	30

<sup>a</sup>Les nombres entre parenthèses représentent le nombre de postes.

TABLEAU 26. COUT DE LA FORMATION LOCALE POUR LE DEPARTEMENT OUTILLAGE  
ET MATRICES<sup>a</sup>

Poste ou fonction	Coût par an (milliers de dollars)				
	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Directeur général	8 (1)				
Secrétaire de direction et comptable	6 (1)				
Comptable adjoint	2,5 (1)				
Contremaître et ingénieur homologue	12 (4)	17,5 (5)	24 (6)	31,5 (7)	40 (8)
Ingénieur et technicien homologue	30 (6)	10 (2)	10 (2)	10 (2)	10 (2)
Ouvriers de tôlerie, outilleur et mécanicien	12 (16)	16 (20)	16 (20)	16 (20)	16 (20)
Ouvriers auxiliaires non spécialisés	3 (3)	6 (5)			
Total	73,5	49,5	50	57,5	66

<sup>a</sup>Les nombres entre parenthèses représentent le nombre de postes.

TABLEAU 27. RESUME DES COUTS DE FORMATION  
(Milliers de dollars)

Point	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	Total
Formation de groupe en usine (à l'étranger)	156					156
Perfectionnement des ingénieurs et instructeurs homologues (à l'étranger)	156					156
Assistance technique	570	896	970	880	455	3 771
Formation sur place						
Outillage et matrices	74	50	50	58	66	298
Tôlerie	24	32	33	23	30	142
Forgeage				7	12	19
Total des coûts de formation	980	978	1 053	968	563	4 542

## Appendice IV

## PERSONNEL ET COUTS DE PERSONNEL

TABLEAU 28. PERSONNEL DU DEPARTEMENT D'EMBOUITISSAGE<sup>a</sup>  
(Nombre de personnes)

Poste ou fonction	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Directeur général	1	1	1	1	1
Comptable adjoint	1	2	3	4	4
Superviseur et instructeur homologue	2	3	4	5	6
Ouvrier de tôlerie	5	14	23	29	34
Ouvrier auxiliaire non spécialisé	2	4	5	6	7
Total	11	24	36	45	52

<sup>a</sup>Liste partielle.

TABLEAU 29. PERSONNEL DU DEPARTEMENT OUTILLAGE ET MATRICES<sup>a</sup>  
(Nombre de personnes)

Poste ou fonction	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Directeur général	1	1	1	1	1
Comptable	1	1	1	1	1
Secrétaire et comptable	1	2	3	4	4
Superviseur et instructeur homologue	4	5	6	7	8
Ingénieur et technicien homologue	6	8	10	12	14
Outilleurs et mécaniciens	10	20	30	40	50
Ouvriers auxiliaires non spécialisés	3	5	6	7	8
Total	26	42	57	72	86

<sup>a</sup>Liste partielle.

TABLEAU 30. COUT DU PERSONNEL DU DEPARTEMENT D'EMBOUTISSAGE

(Milliers de dollars)

Personnel	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Directeur général	8	9	10	11	12
Comptable adjoint	2,5	6	10,5	16	16
Superviseurs et instructeurs homologues	6	10,5	16	22,5	30
Ouvriers de tôlerie	5	16,8	34,5	52,2	68
Ouvriers auxiliaires non spécialisés	2	4,8	7	9,6	12,6
Total	24	47	78	111	139

TABLEAU 31. COUT DU PERSONNEL DU DEPARTEMENT OUTILLAGE ET MATRICES

(Milliers de dollars)

Personnel	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Directeur général	8	9	10	11	12
Comptable	6	7	8	9	10
Secrétaire et comptable	2,5	6	10,5	16	16
Superviseur et instructeur homologue	12	17,5	24	31,5	40
Ingénieurs et techniciens homologues	30	44	60	78	98
Outils et mécaniciens	12	32	57	88	125
Ouvriers auxiliaires non spécialisés	3	6	8,4	11,2	14,4
Total	74	122	178	245	315

## Appendice V

## INVESTISSEMENT ET AMORTISSEMENT

TABLEAU 32. INVESTISSEMENT ET AMORTISSEMENT DU DEPARTEMENT D'EMBOUTISSAGE

(Milliers de dollars)

Point	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Bâtiments					
Investissement	258				
Amortissement	10	10	10	10	10
Equipement général					
Investissement	135				
Amortissement	7	7	7	7	6
Machines					
Investissement	90	210	330	340	230
Amortissement	9	30	63	97	120

TABLEAU 33. INVESTISSEMENT ET AMORTISSEMENT DU DEPARTEMENT OUTILLAGE  
ET MATRICES  
(Milliers de dollars)

<i>Point</i>	<i>An 1</i>	<i>An 2</i>	<i>An 3</i>	<i>An 4</i>	<i>An 5</i>
<b>Bâtiments</b>					
Investissement	342				
Amortissement	14	14	14	14	14
<b>Equipement général</b>					
Investissement	203				
Amortissement	10	10	10	10	10
<b>Machines</b>					
Investissement	305	500	400	210	85
Amortissement	31	81	121	142	150

### III. Le coulage

Les principaux objectifs de la présente étude sont :

a) La détermination de la demande actuelle et future de pièces moulées en fer et en métaux non ferreux ainsi que la fourniture de services spéciaux;

b) Le développement des capacités professionnelles dans les domaines de l'administration, du marketing, de l'ingénierie et de la technologie;

c) La formation des ouvriers à la production et aux tâches hautement spécialisées telles que la création de modèles, l'usinage de précision, l'entretien et le contrôle des installations générales;

d) La production des moyens de production, y compris les pièces de rechange produites à partir de pièces moulées usinées avec une grande précision.

Ainsi, l'unité deviendra autonome et indépendante du savoir-faire étranger. Elle aura également la possibilité d'alimenter les industries locales en ingénierie, en machines-outils ou en création de modèles, produisant ainsi des recettes supplémentaires. Sur un plan général, l'unité doit être axée sur les bénéfices et le marché. Il s'agit là d'un aspect d'autres objectifs plus importants tels que le développement social et la création d'activité ayant des retombées.

L'étude est composée de deux parties : a) une description détaillée de l'unité de fonderie proposée, y compris une analyse des besoins d'argent, de personnel et de machines pour la rendre viable, et b) une discussion sur l'adaptation des procédés de moulage en vue de leur utilisation dans les pays en développement.

#### A. Description de l'unité de fonderie proposée

La fonderie est constituée d'une fonderie de fer, d'une petite fonderie de métaux non ferreux, d'un département machines-outils et entretien et d'un atelier de modelage.

#### *Technologie du coulage*

Le coulage en sable requiert les étapes suivantes :

a) Production du modèle. Dans cette étape, l'idée du concepteur est traduite en modèle. Le modelleur doit tenir compte des caractéristiques physico-chimiques et métallurgiques du matériau brut, des matériaux réfractaires et du processus de coulage;

b) Fabrication du moule;

c) Préparation du sable et des liants formant le moule;

d) Préparation des noyaux. Ceux-ci sont requis pour les pièces creuses. Le gabarit servant à donner la forme aux noyaux est appelé la trousse à noyaux;

e) Préparation du métal. Cela implique la fusion et un contrôle précis de la composition;

f) L'assemblage des noyaux et le bridage des moules;

g) L'introduction du métal en fusion dans le moule;

h) Retrait du métal solidifié du sable;

i) Traitement final. Celui-ci inclut l'ébarbage, le sablage, le rectifiage et les traitements thermiques;

j) Inspection, qui s'effectue aux divers stades de la fabrication et au niveau du produit fini.

Dans certains cas, le moule est fabriqué en métal et devient ainsi permanent. De tels moules sont utilisés pour le coulage en matrice. La figure 11 représente les principales étapes du processus. Les produits sortant de la fonderie sont des pièces brutes. Normalement, ces pièces sont ultérieurement usinées lors d'autres opérations.

#### *Types de produits*

L'usine est formée d'une unité de coulage produisant principalement des pièces en fonte grise et nodulaire, et d'un petit atelier pour le coulage de métaux non ferreux. Il est prévu que la pleine production (environ 80 % de la capacité) sera atteinte dans les 5 ans, les débuts ayant lieu au cours de la deuxième année. La capacité de l'usine est de 2 000 t/a de pièces en fonte utilisables et de 36 t/a de "bonnes" pièces coulées en métaux non ferreux. Les calculs qui suivent sont basés sur 225 journées de travail de 8 heures par

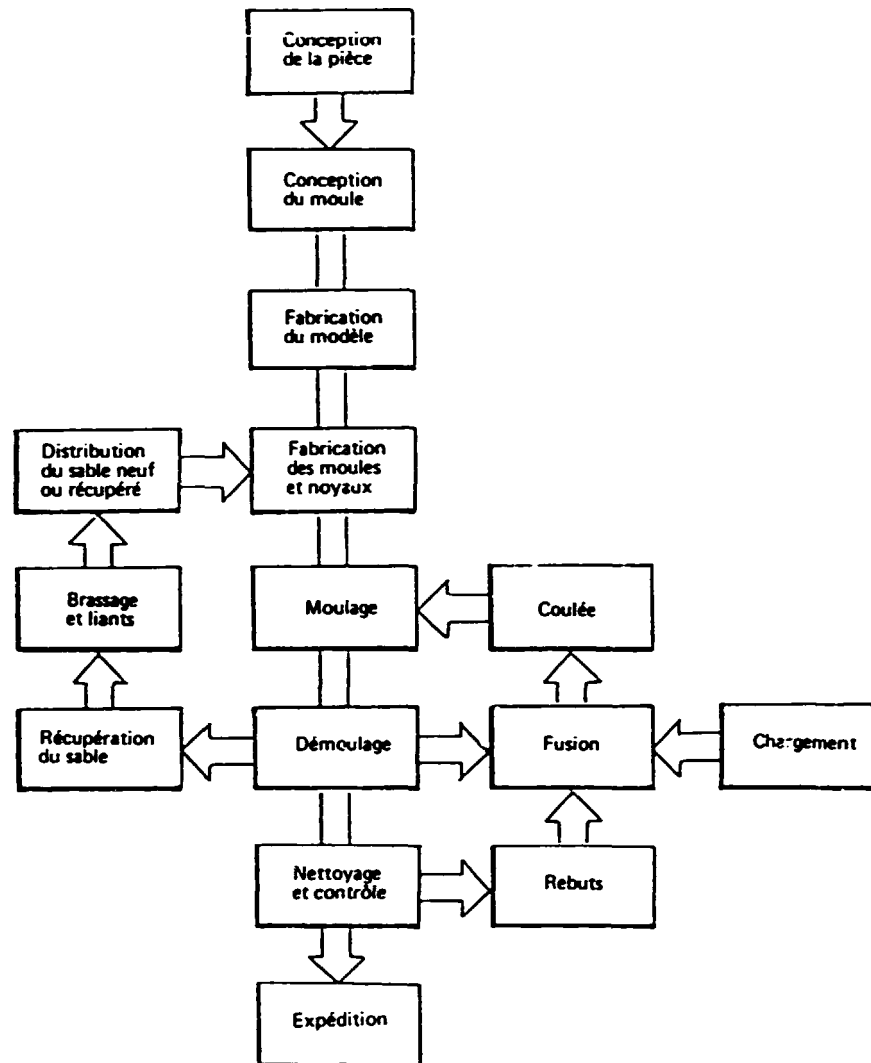


Figure 11. Étapes du matriçage (ou de l'estampage)

an. La production de pièces en fonte grise brute sera de 1 360 t/a; celle de pièces en fonte nodulaire de 240 t/a; et celle des métaux non ferreux de 30 t/a.

L'atelier de fonderie sera complété de deux ateliers, l'atelier de modelage et l'atelier d'usinage, ce dernier avec une capacité de 50 % du débit de la fonderie. Cet atelier d'usinage servira également à produire des pièces pour des clients. Les deux ateliers serviront également en tant que centres de production et de formation qui formeront les ouvriers hautement spécialisés. Ces deux ateliers font partie intégrante de l'UDPM de base.

#### Usine et équipement

La figure 12 représente l'agencement général de la fonderie. La partie encadrée couvre une

surface de 38 400 m<sup>2</sup>, alors que le total de la partie sous toit est d'environ 6 000 m<sup>2</sup>.

L'analyse faite pour le choix des équipements tient compte des caractéristiques générales de pays en développement, du matériel et des méthodes existants et de l'aptitude générale du matériel et des procédés. Ces directives couvrent un vaste éventail de possibilités. Pour les activités principales, des alternatives ont été ajoutées. Il est nécessaire de connaître plus en détail la nature du lieu où l'unité sera construite, cela afin que puissent être proposés des équipements et des matériaux spécifiques.

#### Estimations sur les investissements

Une liste détaillée des équipements techniques et des machines, des installations générales, des



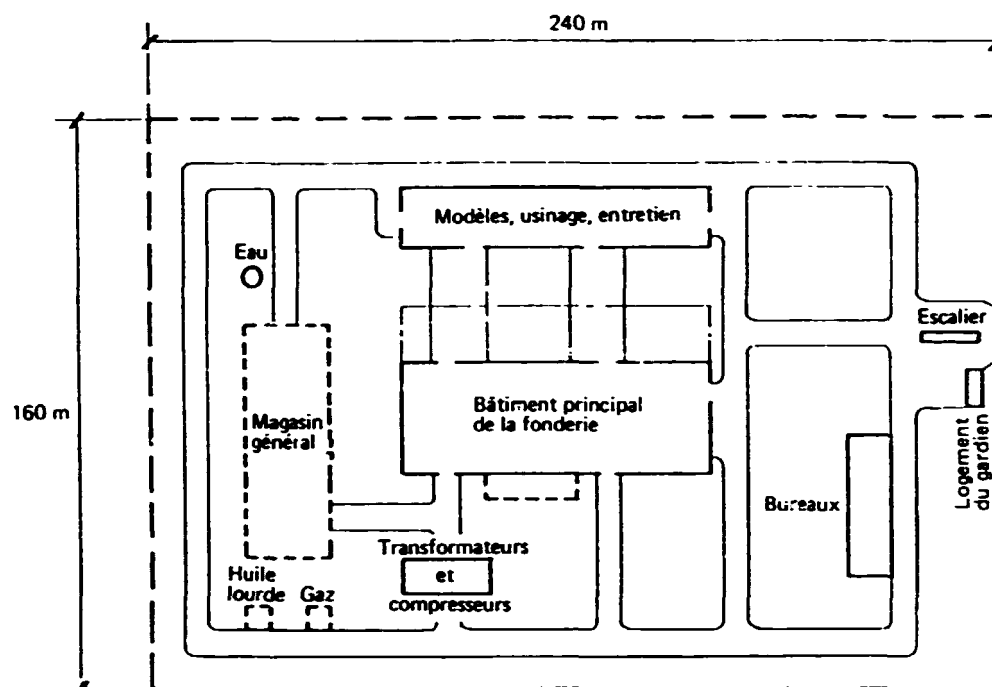


Figure 12. Agencement général de la fonderie

bâtiments et du développement du site se trouve dans l'annexe I de ce chapitre. Le coût estimatif de ces éléments est résumé dans le tableau 34.

#### Formation générale

Un des objectifs les plus importants de l'unité est la formation. Celle-ci rendra l'unité indépendante de l'expérience et du savoir-faire étrangers, cela bien entendu dans les limites du possible. Les besoins de formation sont détaillés à l'annexe II. Cette formation peut inclure des stages à l'étranger, le programme d'assistance technique (des experts assisteront les instructeurs homologues au

cours des premiers stades de la production) et la formation sur le tas. Parmi les divers programmes de formation requis il y a ceux pour les directeurs, ingénieurs et instructeurs homologues, les ouvriers de précision (conducteurs, mécaniciens), les modelers, les fondeurs, le personnel de bureau, les conducteurs et les ouvriers.

Les coûts de formation sont résumés dans le tableau 35.

Ces coûts sont affectés sur une période de une ou plusieurs années selon le type de formation. Il est prévu que les subventions à la formation viennent contrebalancer les coûts de la formation.

TABLEAU 34. RESUME DES BESOINS DE CAPITAL DE LA FONDERIE

(Milliers de dollars)

Point	Coût <sup>a</sup>
Installations de fonderie de fer	1 235
Installations de fonderie de métaux non ferreux	138
Services et manutention	640
Inspection et essais en laboratoire	115
Atelier de modelage	195
Atelier d'usinage et d'entretien	780
Bâtiments et arrangement du terrain	1 000
<b>Total</b>	<b>4 103</b>

<sup>a</sup>Inclut le transport, les fondations, la construction et l'installation.

TABLEAU 35. RESUME DES COÛTS ESTIMATIFS DE FORMATION POUR LA FONDERIE

(Milliers de dollars)

Élément	Coût
Formation à l'étranger	
Formation de base en groupes et en usine pour directeurs, ingénieurs et instructeurs homologues	182
Perfectionnement pour ingénieurs et instructeurs homologues	208
Programme d'assistance technique pour cinq ans, neuf personnes (45 personnes/an)	3 765
Formation sur place	600
<b>Total</b>	<b>4 755</b>

### *Fonctionnement général*

L'annexe III comporte les tableaux donnant les détails de la production, du personnel et des salaires. La production est constituée des pièces coulées brutes, des services de modelage, des services d'atelier et des services d'ingénierie. Les coûts des pièces coulées ont été évalués à 20 ¢ au-dessus des niveaux européens. Les prix du marché local ont été évalués à 30 ¢ de plus que les prix européens pour chaque type de pièce coulée. Les coûts estimatifs sont de 1,2 dollar par tonne pour les pièces en fonte grise; de 1,5 dollar pour les pièces en fonte nodulaire et de 3,5 dollars pour les pièces en métaux non ferreux.

### *Production*

La production de pièces coulées atteindra son maximum au cours de la cinquième année. Les deux premières années seront consacrées à la formation sur le tas. Au cours de la première année, la production restera à un niveau de rendement faible avec un pourcentage de rebuts d'environ 50 ¢ de la production, cela en raison du faible niveau des compétences et du taux de rebut très élevé résultant de l'emploi de nouvelles machines.

Au cours de la troisième année, le même nombre d'ouvriers produira deux fois plus et les coûts de matériaux seront abaissés.

### *Personnel et salaires*

Au cours de la cinquième année, l'effectif sera de 130 personnes pour la fonderie, 16 pour l'atelier de modelage et 10 pour l'atelier d'usinage et d'assemblage. Le personnel de production sera composé d'à peu près 30 ¢ d'ouvriers spécialisés, 35 ¢ de semi-spécialisés et 35 ¢ de non-spécialisés. Au cours de la cinquième année, il y aura 14 superviseurs et contremaîtres (12 pour l'atelier de fonderie et 2 pour les ateliers de modelage et autres).

Après cinq ans de fonctionnement de l'usine, il y aura 14 ingénieurs. Le travail effectué par 12 d'entre eux consistera en des services d'ingénierie à l'intention des clients, et produira des recettes (2 ingénieurs seront employés à la production du coulage et de fonderie). Le personnel administratif sera formé d'un directeur de la production, deux autres directeurs, deux secrétaires, trois personnes au service financier et deux s'occupant de la vente.

### *Réserves de prévoyance*

Les coûts d'exploitation, les revenus et l'amortissement sont détaillés dans les tableaux de

l'annexe IV. Dans le cas des pièces coulées brutes, une "prévoyance" de 10 ¢ a été ajoutée pour obtenir le coût d'exploitation. La réserve de prévoyance est de 15 ¢ au cours de la deuxième année. Les frais généraux pour les services (vente de services et gestion) sont inclus dans le coût des machines.

### *Amortissement*

Les durées d'amortissement des investissements sont évaluées à 25 ans pour le terrain et les bâtiments (4 ¢ par an), 20 ans pour les installations générales (5 ¢ par an) et 10 ans pour le matériel technique (10 ¢ par an). Le coût du matériel auxiliaire (150 000 dollars) est ajouté à l'investissement en installations techniques. Les modèles, montages et différents types de matériaux nécessaires à débiter la production sont considérés comme fonds de roulement.

### *Revenus des services*

L'atelier de modelage consacra environ 40 ¢ de son temps à la réparation de modèles et 60 ¢ à la fabrication de nouveaux modèles destinés à la vente. L'atelier d'usinage consacra 50 ¢ de son temps à des activités de production engendrant des revenus. Ce revenu sera basé sur les salaires, coût des machines et frais généraux pour la vente et la gestion.

Dans le tableau 36 se trouve une comparaison des coûts et des revenus afin d'en tirer des prévisions sur le plan des bénéfices et pertes au cours des cinq premières années de fonctionnement de la fonderie. Le point d'équilibre sera atteint au cours de la troisième année.

## **B. Adaptation des procédés de coulage aux pays en développement**

### *Programme de production*

Le choix de la technique de production dépend des caractéristiques des machines ainsi que des autres aspects du programme de production de la fonderie. Dans le tableau 37 figure la production de la fonderie pour 225 journées de travail de 8 heures par an.

### *Choix des méthodes de modelage*

Dans le tableau 38 figurent les caractéristiques des diverses techniques de modelage, mais non les méthodes spéciales telles que le moulage par enrobage.

TABLEAU 36 FONDERIE . PERTES ET PROFITS  
(Milliers de dollars)

Point	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
<b>Revenus</b>					
Vente de produits	—	696	1 406	1 812	2 097
Vente de services	13	69	176	331	409
Subventions à la formation <sup>a</sup>	225	149	66	72	88
Total des revenus	238	914	1 648	2 215	2 594
<b>Dépenses</b>					
Coût de production de la fonderie	182	555	719	963	1 114
Coût des ateliers et des services d'ingénierie	63	160	205	236	256
Amortissement et intérêts sur prêts	258	300	335	583	583
Total des dépenses	503	1 015	1 259	1 782	1 953
Profit (perte) net	(265)	(101)	389	433	641

<sup>a</sup>Pour formation sur place seulement.

TABLEAU 37. PRODUCTION DE LA FONDERIE<sup>a</sup>

Article	Production	
	t/a	Nombre de pièces
Fonte grise	1 360	76
Fonte nodulaire	240	30
Total	1 600	106

<sup>a</sup>Avec une tolérance de 10 % pour les rebuts.

L'atelier de modelage de la fonderie de l'UDPM a été prévu pour recevoir des machines produisant les modèles en bois et en plastique. L'acquisition immédiate de machines à fabriquer des modèles en métal, qui nécessite un investissement de plus de 500 000 dollars, n'est guère prudente. Comme le coût des modèles pour des séries de 1 000 pièces moulées à peine est excessif, la fabrication de modèles combinés n'a été prise en considération que dans les cas très rares de séries importantes.

Les modèles en résine (généralement époxy) peuvent être produits à partir du modèle en bois. Diverses autres méthodes de fabrication conviennent davantage à certains types de production, d'infrastructures et de qualité de main-d'œuvre.

A l'intention des machines à mouler à secousses, des plaques de liaison doubles (de haut en bas) ont été retenues. Celles-ci permettent une plus grande précision que les modèles opposés, une plus grande facilité de finition des demi-moules et une plus grande maniabilité. Pour les pièces plus grandes produites au mélangeur, il est conseillé d'adopter des moulages sans châssis pour éviter l'emploi de ces châssis lourds et onéreux. Les modèles non finis (et dans une

moindre mesure les modèles libres) requièrent une main-d'œuvre hautement qualifiée. Les artisans des villages environnants peuvent être formés au moulage à la main. D'autre part, les modèles à courbure ou à squelette peuvent être produits en petites séries pour les pièces de rechange. A ce stade, il est simplement impossible de faire une étude détaillée des modèles en résine et de leurs aptitudes en raison des différences des conditions climatiques et de température et de l'utilisation finale des produits. Il est important d'adapter les matériaux et les méthodes d'usinage aux conditions climatiques du pays.

#### Choix du matériel de production de moules en sable

Dans le tableau 39 sont réunies les caractéristiques générales des principales méthodes de moulage de pièces en fonte. Les machines pour applications spéciales n'y figurent pas.

Pour la production des pièces de moins de 10 kg, la machine à mouler à secousses constitue une solution peu onéreuse et très souple d'emploi. Elle évite au mouleur une fatigue physique considérable tout en permettant d'obtenir une précision satisfaisante. Elle ne requiert pas de modèles métalliques ni une grande expérience professionnelle. La productivité (bien que la méthode ne soit pas utilisée sur les chaînes mécanisées) est bonne et peut dépasser 30 moules par heure. Les châssis de 800 à 600 mm sur 250 mm de haut apparaissent comme convenant le mieux à la production des pièces moulées d'un poids allant jusqu'à 10 kg. Une machine de ce type peut produire en moyenne 4 pièces moulées par châssis.

TABLEAU 38. CARACTERISTIQUES DES TECHNIQUES DE MODELAGE

Technique	Matériau du modèle	Nombre de pièces coulées	Méthode de coulage	Niveau de qualification requis	Coût relatif	Taille relative des pièces	Outilsage secondaire	Commentaires	Adaptabilité aux pays en développement
<b>Modèle plein</b>									
<b>Libre</b>									
Simple	Bois ou plastique	Jusqu'à 40 (bois) Jusqu'à 100 (plastique)	Manuelle	Moyen	Très faible		Outils à main (dames pneumatiques)		Convient pour quelques pièces simples
Divisé	Bois ou plastique	Jusqu'à 40 (bois) Jusqu'à 100 (plastique)	Manuelle	Faible à moyen	Très faible à faible		Outils à main (dames pneumatiques)	En général pour premières pièces d'une série	
A plaques de liaison	Bois, plastique ou métal	Jusqu'à 300 (bois) 500-1 000 (plastique) 1 000-5 000 (métal)	Par machine	Faible	Faible à moyen	Moyenne	Châssis de précision, machines à mouler	Emploi de modèles en métal peu fréquent	
Châssis supérieur et inférieur	Bois, plastique ou métal	150-300 (bois) 500-1 000 (plastique) 1 000-5 000 (métal)	Par machine ou manuelle	Faible	Moyen à élevé	Moyenne		Emploi de modèles en métal peu fréquent	
Sans châssis	Bois, plastique ou métal	50-100 (bois) 500-1 000 (plastique) Plus de 5 000 (métal)	Manuelle, machine ou mélangeur	Moyen à élevé	Moyen à très élevé	Moyenne	Mélangeur ou machine soufflante	Bonne précision de surface	Convient en cas de présence de mélangeurs ou machines soufflantes
<b>Modèles spéciaux</b>									
Squelette	Bois	Peu	Manuelle	Moyen à élevé	Minimum	Grande	} Outils à main et machines à projeter pour remplissage		
Calibre	Bois	Peu	Manuelle	Moyen à élevé	Minimum	Grande			
Gabarit	Bois	Peu	Manuelle	Moyen à élevé	Minimum	Grande			
<b>Modèle non récupérable</b>									
Procédé moule plein	Polystyrène expansé	Une (pas réutilisable)	Manuelle ou mélangeur	Moyen à élevé	Minimum	Moyenne et grande	Matériau auto-durcisseur requis		

TABLEAU 39. CARACTERISTIQUES DES METHODES DE MOULAGE

<i>Méthode de moulage</i>	<i>Technique</i>	<i>Importance des séries et commentaires</i>	<i>Qualité des pièces</i>	<i>Niveau de spécialisation des ouvriers</i>	<i>Matériel</i>	<i>Productivité relative (quantité)</i>	<i>Investissement en matériel</i>	<i>Adaptabilité aux pays en développement</i>
<b>Moulage à la main</b>								
En châssis	Fait appel à du sable vert ou sec d'une seule pièce ou comme sable de remplissage de revêtement	Petites séries, généralement des modèles simples de grande dimension	Mauvaise à très mauvaise	Moyen	Modèle libre ou modèle divisé en bois	1 à 2	Faible	Uniquement pour petites fonderies
Sans châssis	Généralement sable cuit d'une seule pièce	Moulage de taille réduite en petite série	Mauvaise	Moyen	Modèle libre ou modèle en bois divisé	1	Faible	Pour petites fonderies seulement
En fosse		Petites séries, moulages de grande dimension	Très mauvaise	Elevé	Modèle libre réduit (en squelette)	1	Faible	
<b>Moulage à la machine</b>								
Compression	Plaques de compression, fouloirs multiples, etc.	Formes simples, modèles de taille réduite	Moyenne	Faible	Modèle en plastique ou en planches de bois	15	Moyen	Uniquement pour moulages minces
Secousses	Divers types de secousses	Modèles de taille réduite; profils complexes	Moyenne	Moyen	Modèle en plastique ou en planches de bois	10	Moyen	Grandes séries, production de 20 moulages/h
Compression-secousses		Moulages de taille généralement inférieure à 1 500 mm	Moyenne	Moyen	Modèle en plastique ou en planches de bois	15	Moyen à élevé	Séries moyennes avec production de 30 moulages/h
Compression pneumatique	Le métal est soufflé ou projeté dans le moule	Grandes séries, pour pièces inférieures à 1 000 mm	Elevée	Moyen	De préférence en métal	20	Moyen à élevé	Bonne productivité mais coût élevé des modèles
Méthode mécanique		Très grandes séries, pour tailles généralement inférieures à 2 000 mm	Très élevée	Elevé	En métal, très précis	Plus de 100	Très élevé	Ne conviennent absolument pas
Projection	Le métal est réparti par force centrifuge	Production de nombreux types de moulages	Moyenne à faible	Moyen	Plastique ou métal	10	Elevé	Polyvalence, mais coût d'entretien élevé (modèles et éléments centrifuges)
Mélangeur continu	Possibilité d'adjonction de liant, possibilité de mélange du sable avec divers liants	Polyvalence dans la production de moulages de précision avec grande qualité de surface	Moyenne	Moyen	Bois, plastique ou métal	8 à 10	Moyen	Polyvalence, simplicité, bonne qualité et modèles simples
Soufflage avec durcissement chimique	Divers procédés, y compris moulage en coquille au CO <sub>2</sub> et à air froid	Grandes séries	Elevée	Mauvais	Métal	Plus de 100	Moyen	Adaptabilité variant avec la durée du banc
Chaîne mécanisée à moulage sans châssis	Ligne de séparation verticale ou horizontale	Grandes séries, simplicité, précision (éventuellement sans noyau)	Très élevée	Elevé	En métal, très précis	Plus de 100	Elevé	Absolument pas recommandé

La machine la plus polyvalente pour les pièces moulées de poids intermédiaire (10 à 100 kg) est le mélangeur continu, qui peut être utilisé avec une table vibrante. Cette machine permet le durcissement du mélange préparé par le mélangeur et ne requiert pas d'étuvage. La température, l'humidité ambiante et la durée de remisage sont des considérations importantes. Ces machines peuvent produire (pour un minimum de mécanisation) jusqu'à 10 pièces moulées par heure. La précision, le fini de surface, la souplesse d'emploi, la simplicité d'utilisation et de démarrage, le faible coût et l'absence de châssis sont les principales caractéristiques de cette méthode. Les moules sont généralement en bois.

Une zone est réservée au moulage en fosse où il est possible de produire jusqu'à deux tonnes de moulages au moyen de modèles simples. En cas de

production en grande série, les noyaux et pièces libres peuvent être assemblés à partir de produits d'un mélange "sans étuvage". La technique de moulage en fosse s'accommode de moules de tailles et de formes spéciales et son emploi est important dans les pays où des pièces individuelles peuvent être requises d'urgence, comme c'est le cas des pièces de rechange. La production de petites séries de pièces destinées à la marine et à l'exploitation minière a été prévue dans le planning de l'UDPM.

Le moulage à la main requiert du personnel expérimenté. Aussi, des dispositions ont été prévues pour que les ouvriers puissent être soigneusement triés et formés à cette technique. Les méthodes et machines de moulage sont représentées aux figures 13 à 20. Les caractéristiques des méthodes de moulage au sable figurent dans le tableau 40.

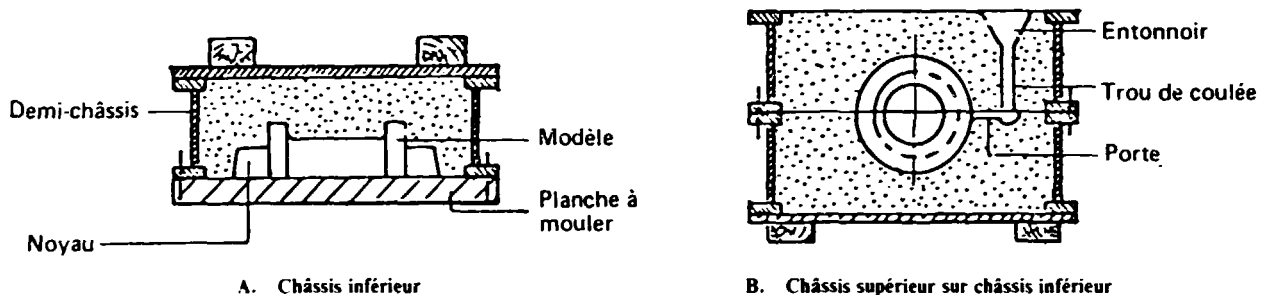


Figure 13. Moulage à la main classique avec modèle divisé

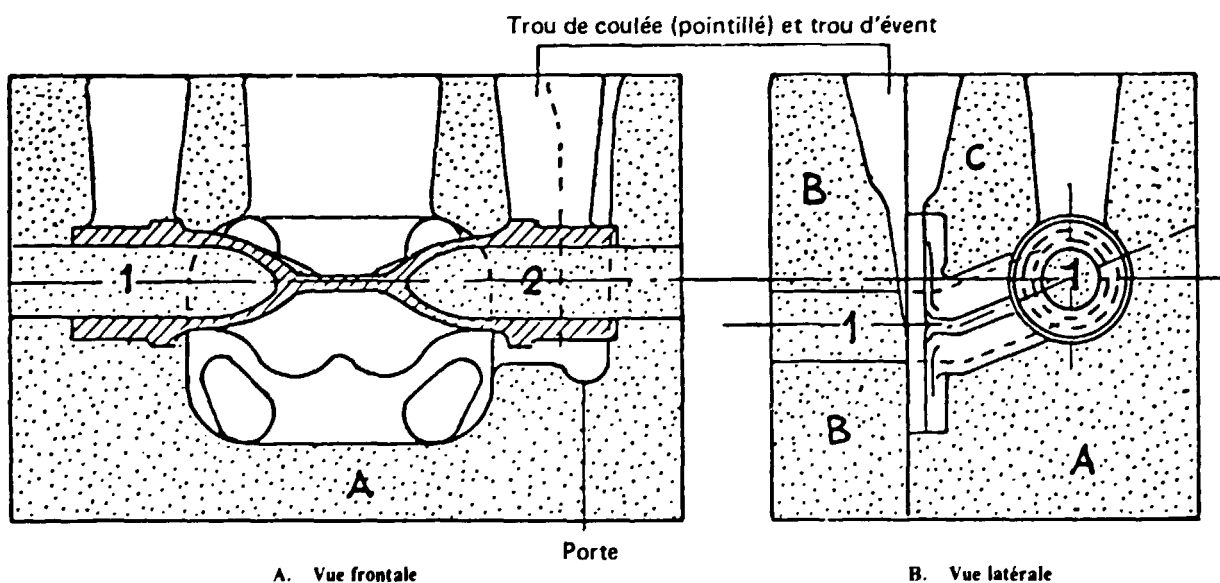


Figure 14. Moulage à la main sans châssis, avec noyaux internes

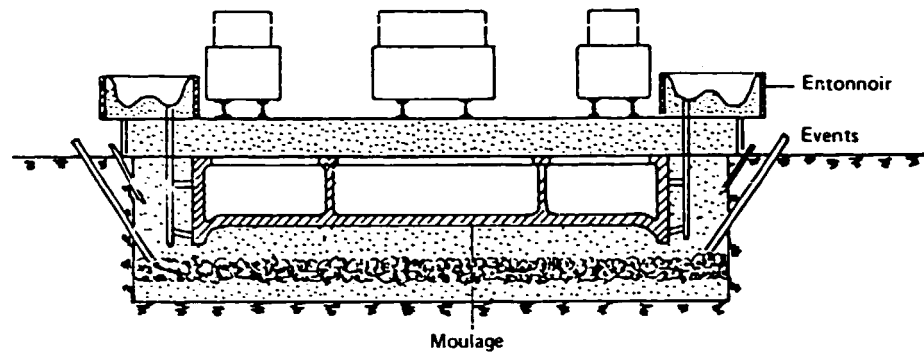


Figure 15. Moulage en fosse avec châssis supérieur

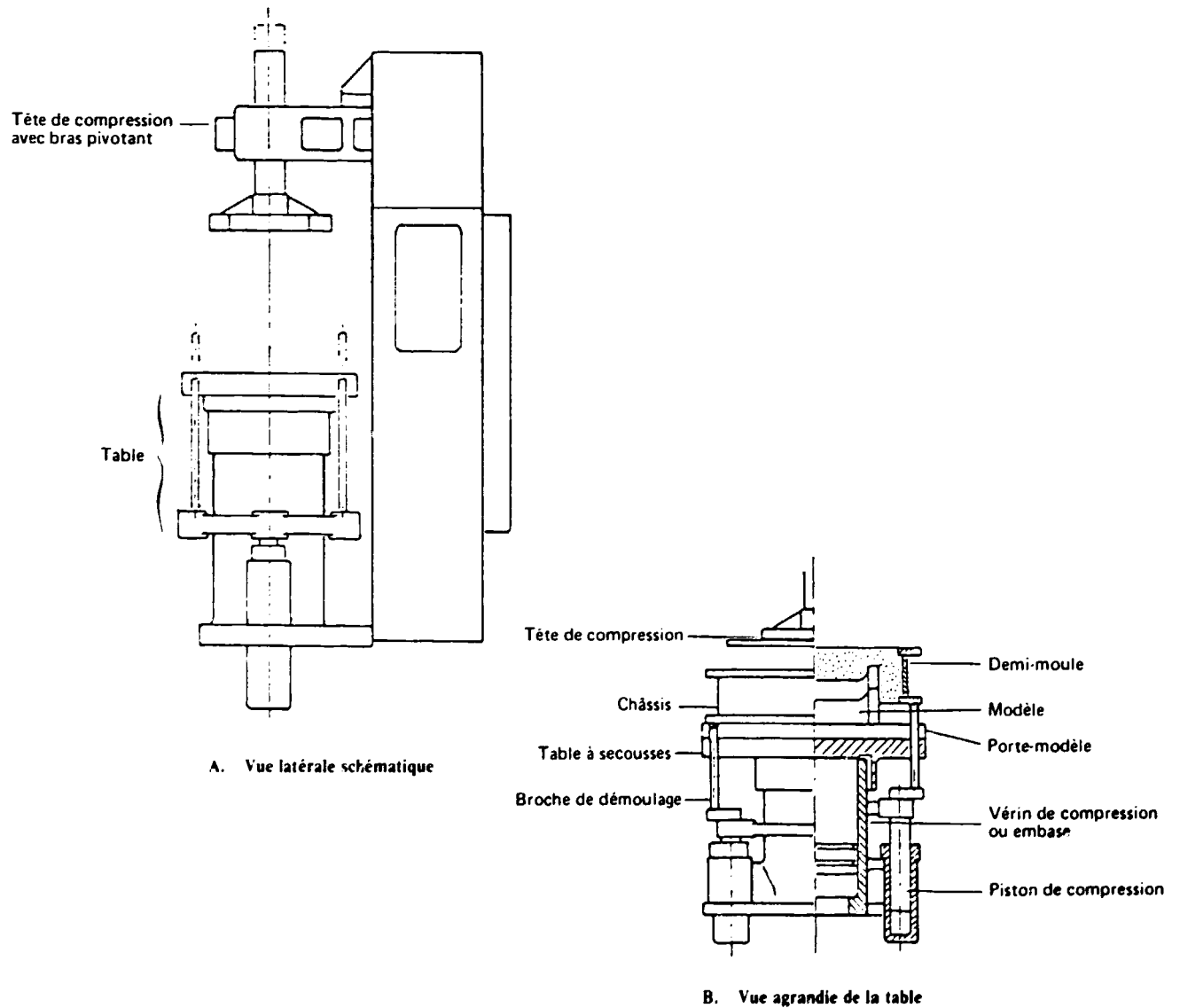


Figure 16. Machine à compression/secousses

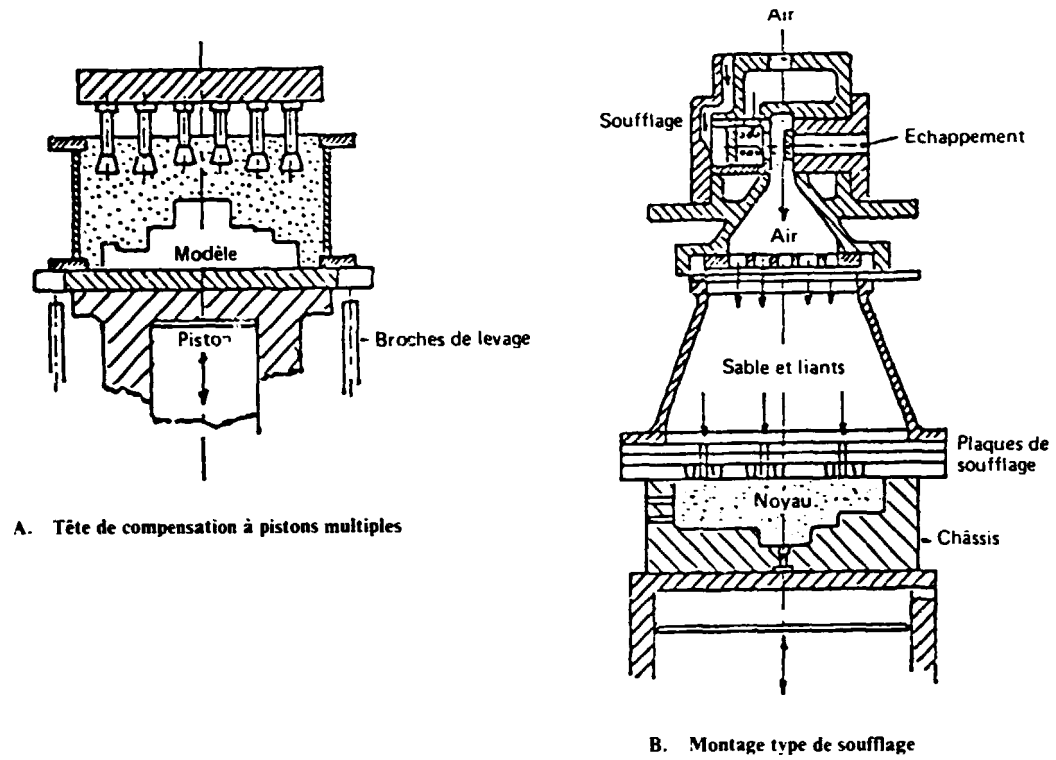


Figure 17. Machines de moulage mécaniques

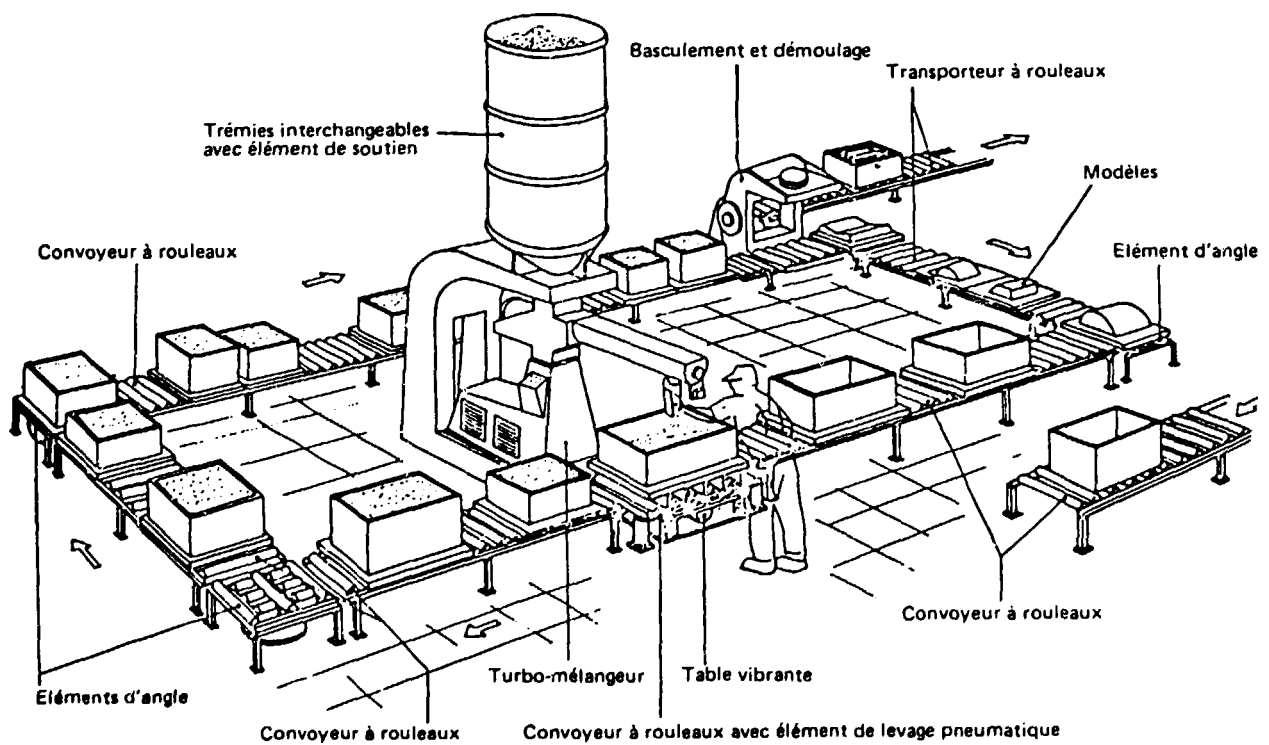


Figure 18. Processus de moulage sans cuisson



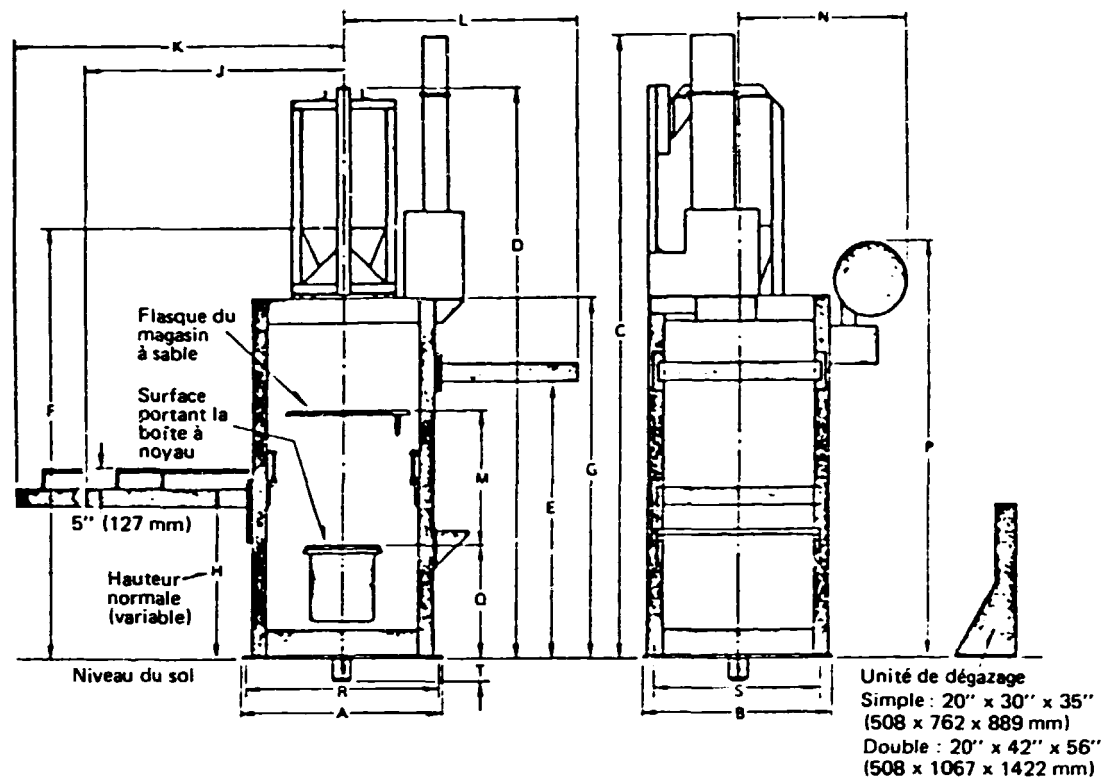
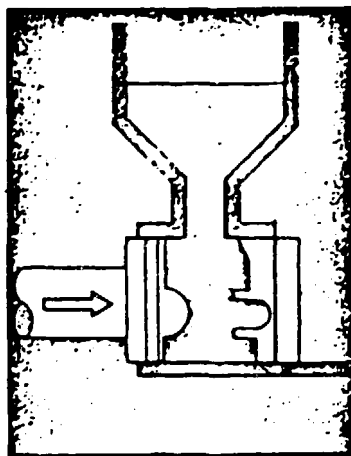
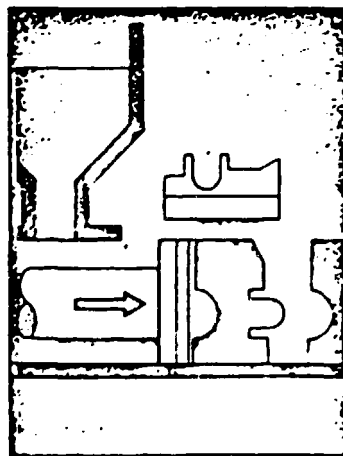


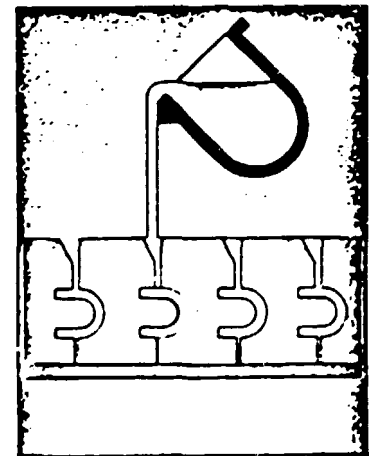
Figure 19. Machine à mouler en carapace



A. Moulage sans châssis. Le sable est comprimé dans une chambre de manière à former un bloc homogène résistant parfaitement à la pression du métal en fusion.



B. Moules placés verticalement. L'avantage est évident. Alors que la disposition verticale nécessite des châssis supérieur et inférieur, la disposition horizontale permet le simple alignement successif des moules.



C. Chaque moule porte deux empreintes de modèle, l'avant et l'arrière. Cette méthode permet de doubler la capacité de moulage par rapport aux méthodes classiques étant donné que les surfaces extérieures des moules reçoivent également une empreinte.

Figure 20. Moulage automatique sans châssis (capacité de 300 moulages/heure)

TABLEAU 40. CARACTÉRISTIQUES DES MÉTHODES DE MOULAGE EN SABLE

Méthode	Principales variantes	Matériau	Commentaires	Matériel	Indice de productivité relative (Qté)	Autres opérations et matériel requis	Adaptabilité aux pays en développement
<b>A la main</b>							
Profils de moulage	Calibres, gabarits (simples ou multiples)	Naturel ou synthétique, sable gras ou sable spécial hautement réfractaire	Noyaux de grande taille en très petites séries	Bois	1	Etuvage	Procédé nécessitant une main-d'œuvre qualifiée
Au tour	Axe vertical ou horizontal	Sable naturel ou synthétique	Petites séries, grands noyaux en forme de segments circulaires	Bois	1	Etuvage, broche à support central	
Squelette		Sable synthétique et sable gras ou mélange hautement réfractaire	Très petites séries, grands noyaux	Bois	1	Etuvage, nombreux renforts	
Boîte à noyaux	La boîte peut avoir des pièces mobiles	Ciment, silicate-CO <sub>2</sub> , sable gras. Pas d'étuvage	Diverses dimensions, petites séries	Bois	3	Etuvage. Le moulage en sable gras requiert des renforts	Petites séries de grandes dimensions
Machine à secousses	Le basculement de la boîte à noyaux et le transport sont mécaniques	Sable synthétique ou naturel	Méthode peu onéreuse, production en petites séries	Bois, plastique (parfois métal)	10	Etuvage, renforts spéciaux	Pas conseillé
<b>Compression pneumatique</b>							
Machine simple poste		Sable gras, silicate-CO <sub>2</sub> . A chaud ou à froid. Pas d'étuvage	Production de séries intermédiaires. Les opérations se déroulent dans l'ordre	Métaux (parfois bois)	20	Etuvage selon les mélanges	
Double poste		En général, mélange durcissant à chaud ou à froid	Séries intermédiaires à grandes. Alternance des opérations	Métallique, boîte à noyaux complexe	35	Etuvage sur machine au besoin	Pas conseillé
Postes multiples			Séries importantes et très importantes. Répartition des opérations	Boîte à noyaux très élaborée, en fonte ou acier	Plus de 50	Etuvage sur machine au besoin	Pas conseillé
Projection	Le matériel annexe inclut une table rotative et un dispositif de basculement pour la continuité du cycle	Sable synthétique et sable gras	Se prête fort bien aux séries intermédiaires avec rotation de la boîte à noyaux	Boîte en bois, plastique, métal (aluminium). Coût moyen	10 à 15	Etuvage, tige de renforcement	Souplesse d'emplo. mais forte usure des outils et nécessité d'injecteurs rotatifs
Mélangeur continu	Adjonction de liant et mélange préliminaire simultané	Mélange sans étuvage (plastique, catalyseur)	Précision de surface, production de noyaux en séries petites à moyennes	Bois, plastique (parfois métal). Bonne durée du matériel	10 à 15		Nombreux avantages

### Méthodes de production des noyaux de sable

Le moulage à la main de noyaux nécessitant un étuvage est limité aux cas spéciaux de moulages de grandes dimensions, en petites séries, et dans le cas de moulages ceci provient du fait que la méthode requiert généralement une grande spécialisation, tout en étant peu précise et de faible productivité.

Le moulage à la main ou en machine en sable gras ne doit être utilisé qu'en cas de nécessité, étant donné que les noyaux requièrent des supports avant étuvage afin d'éviter leur déformation.

Pour la production en série de noyaux (environ 2 000 par jour), la meilleure solution consiste à utiliser deux machines à mouler les noyaux (capacité de 30 noyaux par heure dont les poids varient de quelques grammes à environ 10 kilogrammes) avec une station de soufflage. Le mélange est durci par un gaz. Les noyaux de grande dimension peuvent être produits à l'aide du mélangeur en continu combiné avec le moulage sans châssis ou en utilisant du sable spécial et des additifs appropriés. Les figures 21 à 25 représentent le matériel de production des noyaux de sable.

Le tableau 41 réunit les caractéristiques des principaux matériaux utilisés pour les moules et noyaux en sable.

Pour les petits moulages et les moulages intermédiaires, le sable vert récupérable (humidité 2,5 à 4 %) constitue sans nul doute le meilleur choix, à condition de disposer d'un bon sable de base et de dispositifs d'évacuation de poussière et de refroidissement appropriés.

Dans la fonderie en question, le sable vert a été retenu pour les machines à secousses/compression. Par réduction des additifs, il peut également servir de sable de remplissage là où on utilise la méthode du sable de remplissage et du poussier dans la même boîte à mouler. Il s'agit d'une méthode qui est périmée en Europe dans le cas de la production en grande série (elle est onéreuse, lente et pas uniforme), mais elle convient sans nul doute pour les moulages à la main et en fosse où l'on utilise des sables spéciaux hautement réfractaires comme poussier. Pour les moulages par mélangeur continu convenant pour la production de moulages sans châssis et de noyaux, le sable peut être aggloméré au moyen de nombreux types de liants ne nécessitant pas d'étuvage. Dans ce cas, la préparation doit être faite en tenant compte des conditions climatiques et de leurs effets sur la durée du banc, du stockage, etc. La méthode au CO<sub>2</sub> semble la plus appropriée (voir tableau 41).

### Choix de l'appareil de fusion

Les caractéristiques des fourneaux à combustible figurent dans le tableau 42, celles des fourneaux électriques dans le tableau 43.

Un appareil de fusion destiné à une fonderie de fonte dans les pays en développement repose sur de nombreuses considérations :

Métallurgie du produit

Taux de débit des moules

Taille et complexité des moulages

Disponibilité et permanence de l'énergie

Disponibilité des matériaux (charges, matériaux réfractaires, rechanges)

Disponibilité et coût de la main-d'œuvre

Investissement et coût d'exploitation

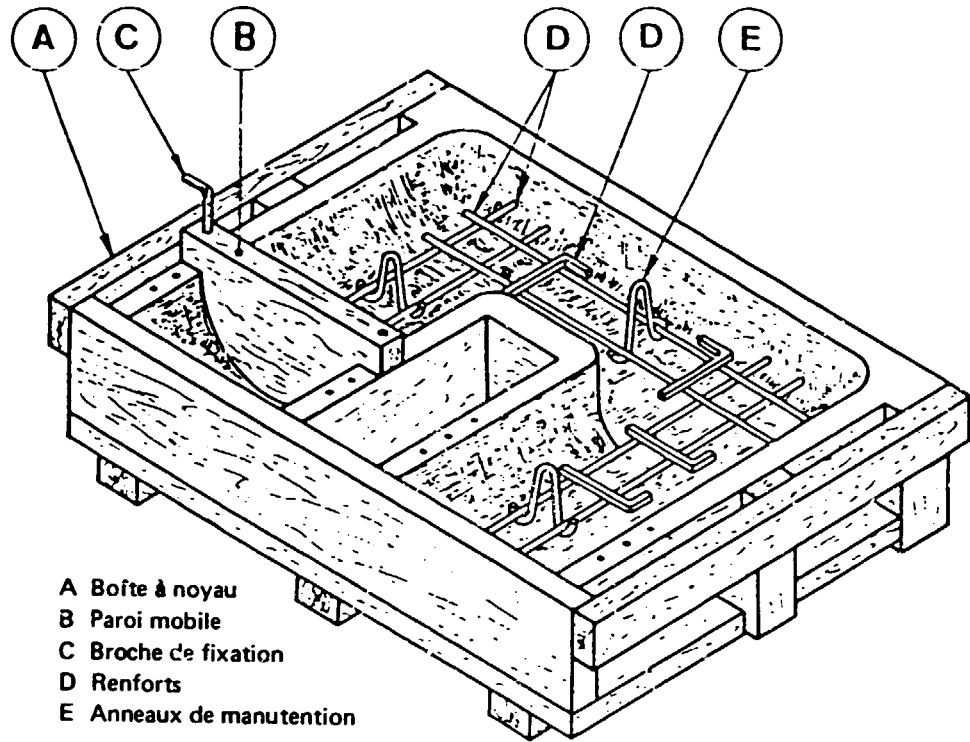
Les considérations suivantes ont pour but de déterminer les conditions les plus favorables pour la fusion dans un pays non industrialisé et d'étudier leur application spécifique à la fonderie en question.

Un cubilot à air chaud est un équipement onéreux et délicat qui doit être utilisé avec le plus grand soin. Son fonctionnement peut nécessiter des matériaux spéciaux, certains combustibles qui ne sont pas disponibles dans les pays où les transports sont irréguliers et où il y a des restrictions à l'importation.

Le cubilot à gaz naturel ou à source de chaleur mixte est relativement récent. Les cubilots à charbon sont limités sur le plan des applications, ont une faible productivité et (du moins jusqu'à présent) fonctionnent à des faibles températures en produisant de la fonte liquide de faible qualité ne convenant pas au présent programme de fonderie.

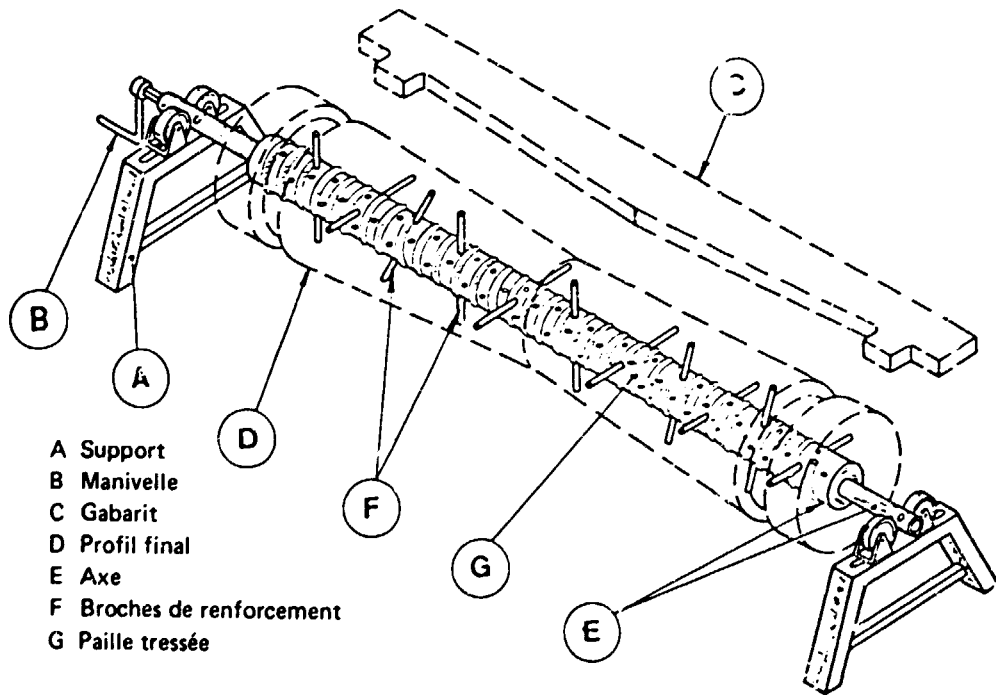
Les creusets conviennent spécifiquement pour la production de fonte "bonded". Cependant, cette méthode est périmée et manque de polyvalence. Les fourneaux à réverbères statiques (qui peuvent être utilisés comme fours de fusion ou fours de maintien) sont généralement destinés à la production de pièces de grande dimension (laminaires), pour la fonte malléable et les métaux non ferreux. Ils sont généralement remplacés en raison de leur faible rendement thermique (quand l'air n'est pas préchauffé) et de leur manque de polyvalence.

Les fourneaux à conduit vertical ne sont pas uniformes en température et sont affectés par des ruptures de la partie inférieure du matériau réfractaire. Les fourneaux à sole ont des problèmes d'échange de chaleur et d'érosion des conduits latéraux. Aussi, c'est le type horizontal qui s'avère le meilleur. Pour les fourneaux à induction dépourvus de conduit, le courant de fréquence convient le mieux pour la production de fonte, et



- A Boîte à noyau
- B Paroi mobile
- C Broche de fixation
- D Renforts
- E Anneaux de manutention

Figure 21. Boite à noyau



- A Support
- B Manivelle
- C Gabarit
- D Profil final
- E Axe
- F Broches de renforcement
- G Paille tressée

Figure 22. Moulage au tour avec gabarit

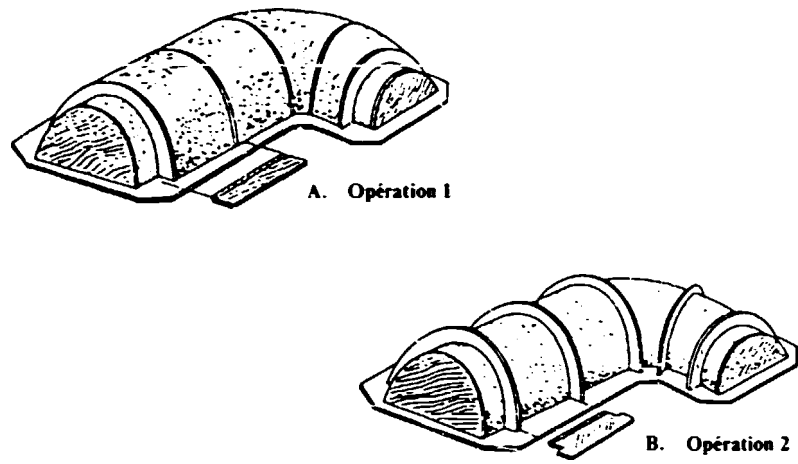


Figure 23. Moulage en squelette d'un noyau

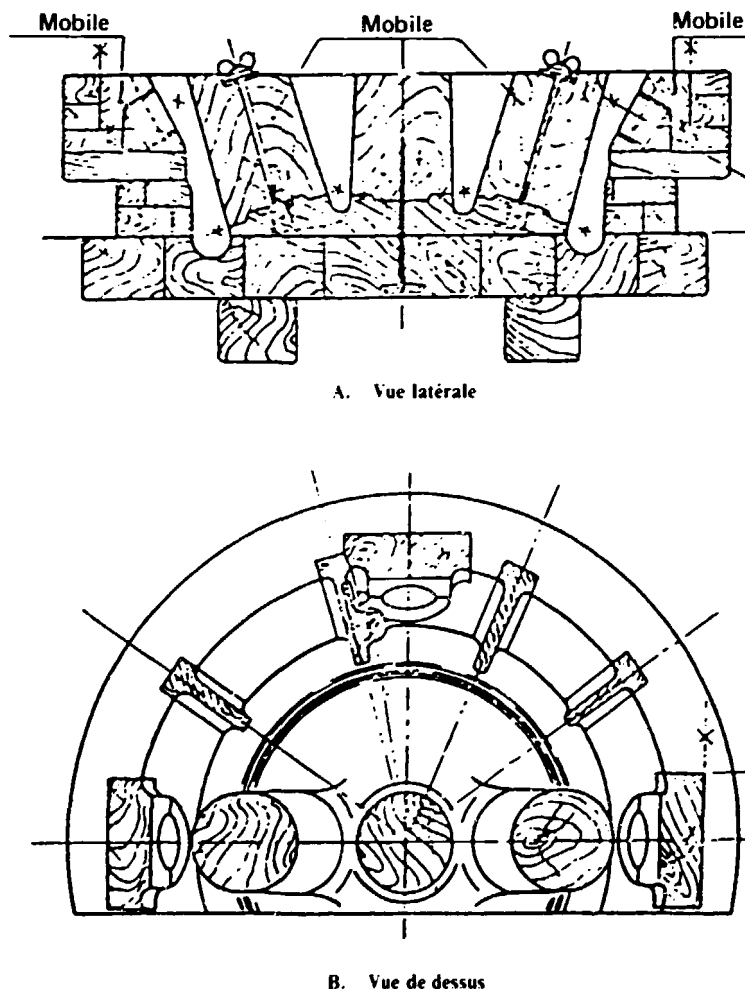


Figure 24. Boîte à noyaux pour culasse de moteur diesel "marine"

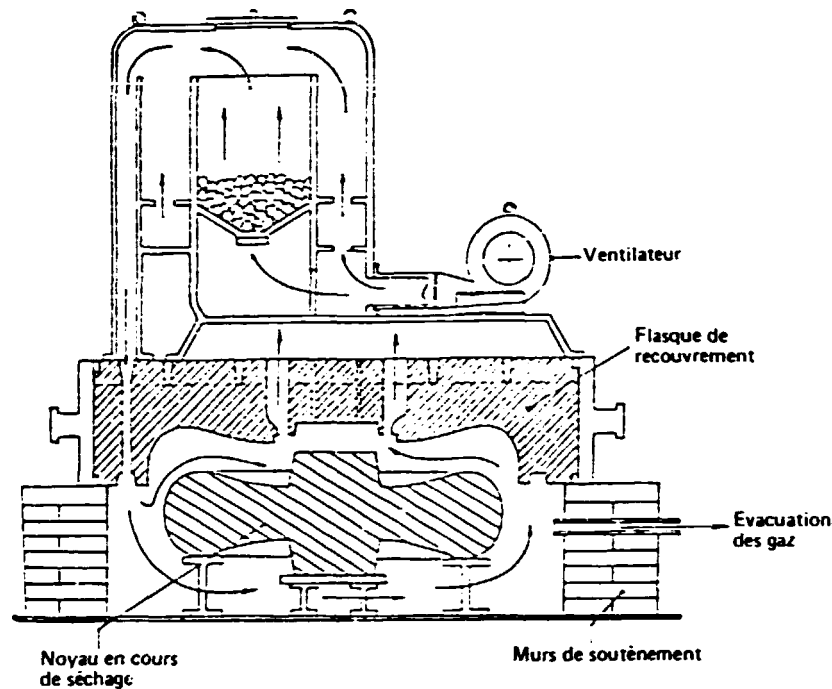


Figure 25. Réchauffeur de noyaux

cela pour des raisons économiques et métallurgiques. En général, les forts tonnages de fonte en fusion se produisent le mieux dans les fourneaux à basse fréquence. Les fourneaux à fréquence moyenne conviennent pour les petites productions, en combinaison avec le cubilot.

Les considérations ci-dessus limitent le choix des fourneaux convenant aux pays en développement aux modèles suivants :

- Fourneau à réverbère rotatif
- Fourneau à résistance électrique rotatif
- Fourneau à conduit fermé horizontal
- Fourneau à induction à creuset, à basse ou moyenne fréquence
- Four à arc électrique

Les considérations sur l'adaptabilité, le coût, les besoins de formation, etc., font que, dans le cas de l'UDPM en question, le choix s'est porté sur le cubilot à air froid pourvu d'un avant-creuset (figure 26). Cet équipement peut être utilisé en combinaison avec un fourneau à induction à moyenne fréquence (pour les moulages en fonte nodulaire).

#### **Choix des méthodes de récupération du sable**

Une installation de récupération de sable vert dans un pays en développement requiert les éléments suivants :

- Bonne sélection du sable à récupérer
- Refroidissement efficace
- Excellente désintégration
- Simplicité d'accès aux trémies
- Emploi de matériel sûr et simple
- Possibilité de mélanger manuellement les liants au sable
- Bonne aération du sable préparé

La réponse à ces besoins peut être obtenue par :

- Secouage sur tamis fixe dans le cas de moulages de grande dimension, sur tamis vibrant pour les moulages de dimensions moyennes à petites
- Double séparation des pièces métalliques (poules et courroies magnétiques)
- Un broyeur à cylindre, simple d'entretien
- Refroidissement supplémentaire par un élévateur refroidisseur
- Une grille rotative de désintégration avec dispositif d'évacuation approprié
- Un broyeur à meules à cycle discontinu et réservoir fixe (capacité 10 t/h)
- Mesure du sable neuf et des additifs par des méthodes volumétriques
- Un aérateur-pulvérisateur pour le sable préparé qui peut être adapté à un transporteur à bande

TABLEAU 41. CARACTERISTIQUES DES MELANGES UTILISES POUR LES MOULES ET LES NOYAUX

Mélange	Emploi	Taille du moule	Modèle	Coût relatif (nombre)	Productivité relative (nombre)	Résistance à la compression (kg/cm <sup>2</sup> )	Déformabilité moyenne (%)	Plasticité
Sable naturel								
Sable, argile, eau	Moule	Illimitée	Bois	1	1	15 à 25	80 (moyenne)	Faible
Ciment-sable								
Sable, ciment, eau	Noyaux et moules	Grande	Bois	1,5	1	10 à 20	50 (mauvaise)	Excellente
Sable synthétique								
Sable, bentonite, charbon bitumineux, eau	Moule	Illimitée	Bois ou métal	2	2	0,9 à 1,5	90 (bonne)	Faible
CO <sub>2</sub>								
Sable, silicate	Noyau	Petite à moyenne	Bois, métal pour grandes séries	2,5	2	15 à 70	50	Bonne
Sable-résine								
Sable, résine, catalyseur	Noyaux et moules	Illimitée	Bois, résine, métal	2,5	4	40 à 70	90	Bonne
Sable-furanne								
Sable, résine furannique, catalyseur	Noyaux et moules	Petite à moyenne	Bois, résine, métal	3	5	50 à 80	90	Bonne
Hot box								
Sable, résine, catalyseur	Noyau	Petite à moyenne	Fonte	2,5	4	50 à 60	90	Bonne
Cold box								
Sable, résine, durcisseur	Noyau	Petite à moyenne	Bois, résine, métal	3,5	5	50 à 80	90	Bonne
Sable fluide								
Sable, silicate surfactant, silicate	Noyau	Moyenne à grande	Bois, résine, métal	3	6		80	Excellente
Sable-huile								
Sable, huile et résines alkydes	Noyau	Petite à moyenne	Bois, résine, métal	2	1	9 à 12	90	Moyenne
Moulage en carapace								
Sable, résines phénoliques	Noyaux et moules	Petite à moyenne	Métal	8	5	40 à 70	85	Bonne

TABLEAU 42. CARACTERISTIQUES DES APPAREILS DE FUSION A COMBUSTIBLE

Type de fourneau	Source de chaleur	Charge	Capacité	Garniture et durée	Remarque
<b>Cubilot</b>					
Air froid	Coke	Fonte en gueuses, résidus de fonderie, acier de rebut, coke, alliage à base de fer	1 à 15 t/h (continu)	Généralement acide, la garniture doit être faite quotidiennement	Un récipient est requis en cas de surchauffe et en tant que fourneau de maintien
Coke avec soufflante	Coke enrichi par O <sub>2</sub>				
Charbon de bois	Charbon de bois (expérimental)	Charbon de bois	0,6 à 0,8 t/h (continu)	Acide ou sable	Avant-creuset indispensable
Air chaud avec refroidissement par air	Coke		4 à 100 t/h (continu)	Garniture acide ou carbone tassé. La durée peut dépasser une semaine. La garniture de base donne de bons résultats et dure longtemps	Un récipient est requis, soit un conduit électrique ou un fourneau sans noyaux ou un fourneau à réverbère statique (récipient et garniture facultatifs)
Air chaud et refroidissement par eau					
Avec O <sub>2</sub>	Coke avec O <sub>2</sub>	Le coke peut servir à fournir le carbone			
Avec brûleurs additionnels	Coke avec gaz naturel, coke avec huile lourde ou coke avec carbure de calcium				
Avec double rangée de tuyères	Coke				
<b>Gaz</b>					
Gaz naturel	Gaz naturel	Le coke agit comme matériau de combustion	4 à 5 t/h		
Propane ou huile lourde	Propane ou mazout				
<b>Creuset</b>					
	Coke, gaz ou mazout	Ferraille, fonte en gueuses et alliages à base de fer	Jusqu'à 1 tonne (lots)	Le creuset peut être réalisé en graphite ou il peut avoir un châssis métallique à garniture tassée	Pour les petites quantités de fonte, y compris les alliages, l'air peut être préchauffé. Le creuset peut être fixe ou basculant
<b>Fourneau à réverbère statique</b>					
	Houille compacte, gaz ou huile lourde	Ferraille, fonte en gueuses et alliages liquides à base de fer	Jusqu'à 50 tonnes (lots)	Acide (silice ou silico-alumineux)	Le préchauffage éventuel de l'air accroît la production et permet des quantités plus importantes
<b>Fourneau à réverbère rotatif</b>					
	Charbon pulvérisé, gaz, mazout, mélange gaz-mazout	Fonte à forte teneur en carbone	Jusqu'à 10 t (charges solides en lots). Les procédés continus utilisent des charges liquides	Généralement acide. La durée de la garniture est de 250 à 400 charges	Bonne désoxydation et bon dégazage. Convient pour la fonte malléable (récupérateur et inclinaison facultatifs)



TABLEAU 43. CARACTERISTIQUES DES FOURNEAUX A FUSION ELECTRIQUE

Type de fourneau	Source de chaleur	Caractéristiques électriques	Capacité	pH	Garniture	Consommation énergie (kWh/t)	Caractéristiques d'utilisation
Fourneau rotatif Arc indirect	Un arc entre deux électrodes horizontales	Problèmes de réseau	Jusqu'à 1,5 t	Neutre. Généralement pas de laitier étant donné la saturation en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère du fourneau	Alumine avec garniture de corundon	De 550 à 700	Fusion de fonte grise de qualité pour fonderies de petite taille et de taille intermédiaire. L'emploi de courant monophasé peut entraîner des problèmes dans le réseau. Les électrodes nécessitent 3 à 5 m <sup>3</sup> /h d'eau de refroidissement
Résistance graphite	Energie dissipée dans barre de graphite	La charge est constante; 50-700 kVA, 20-80 V					
Fourneau à conduit d'induction	La chaleur est engendrée dans un conduit secondaire par induction et puis transférée à la charge par conduction et convection	De 80 à 2 000 kW pour la fusion; de 100 à 2 000 kW ou davantage pour le maintien aux fréquences inférieures. 1 ou 2 inducteurs	10 t pour la fusion; 100 t pour le maintien	Acide, basique ou neutre, selon la nature de la garniture	Creuset normalement garni de briques de corundon et de briques isolantes  Les conduits et l'inducteur ont des garnitures en corundon, zircon et magnésite	500 à 620 pour la fusion; 20 à 40 pour le maintien; 35 à 70 pour la surchauffe	Généralement utilisé comme fourneau de maintien, rarement comme fourneau de fusion. En cas de combinaison avec un cubilot, sa capacité est de deux fois la production horaire. Modèles à conduit vertical, conduit horizontal et conduit ouvert. Le remplacement de l'inducteur provoque l'arrêt du fourneau et pourrait être nécessaire tous les deux ou trois mois. Le remplacement du revêtement est nécessaire moins fréquemment

**Fourneau à induction sans noyaux**

**Basse fréquence**

Un courant alternatif passe dans un bobinage entourant le creuset. Un courant induit engendre la chaleur

50-60 Hz  
300-25 000 kW

Jusqu'à 60 t

**Thyristor ou convertisseur rotatif**

500-4 000 Hz

Jusqu'à 3 000 kg

**Moyenne fréquence (ou trois fréquences)**

150-300 Hz

Jusqu'à 300 kg

**Fourneau triphasé à arc direct**

Un arc entre les électrodes et la charge

Tension maximale 380 V. Le rapport de la puissance par rapport à la capacité (kVA/t) est important. Généralement 400 kVA par t.

5 à plus de 50

Généralement acide  
ou neutre

Verre et  $\text{SiO}_2$  très pur  
lié avec de l'acide  
chlorique frotté et  
tassé (on utilise  
également des gar-  
nitures d'alumine  
de magnésium ou  
de briques  
d'aluminium)

Fusion basse  
fréquence 520-  
650  
Fusion  
moyenne fré-  
quence 650-760

S'utilise comme four de  
fusion ou de maintien,  
en continu ou non. La  
charge peut être froide,  
préchauffé ou liquide.  
Il s'agit du fourneau le  
plus souple d'emploi et  
le plus efficace pour les  
fers alliés (ou l'acier).  
Le refroidissement par  
serpentin et un bon  
entretien sont requis

Acide ou basique

Toit en briques  
d'alumine. Flancs  
en dolomite, mag-  
nésite ou silice  
tassée. Sol générale-  
ment à garniture de  
base

Environ 600

Le fourneau convenant le  
mieux à la transforma-  
tion de la charge en  
métal liquide de bonne  
qualité. De grandes  
quantités d'électricité  
sont requises pour la  
fusion. Les électrodes  
en graphite s'usent à un  
taux d'environ 5 kg/t.  
Elles peuvent casser, ce  
qui entraîne une  
interruption

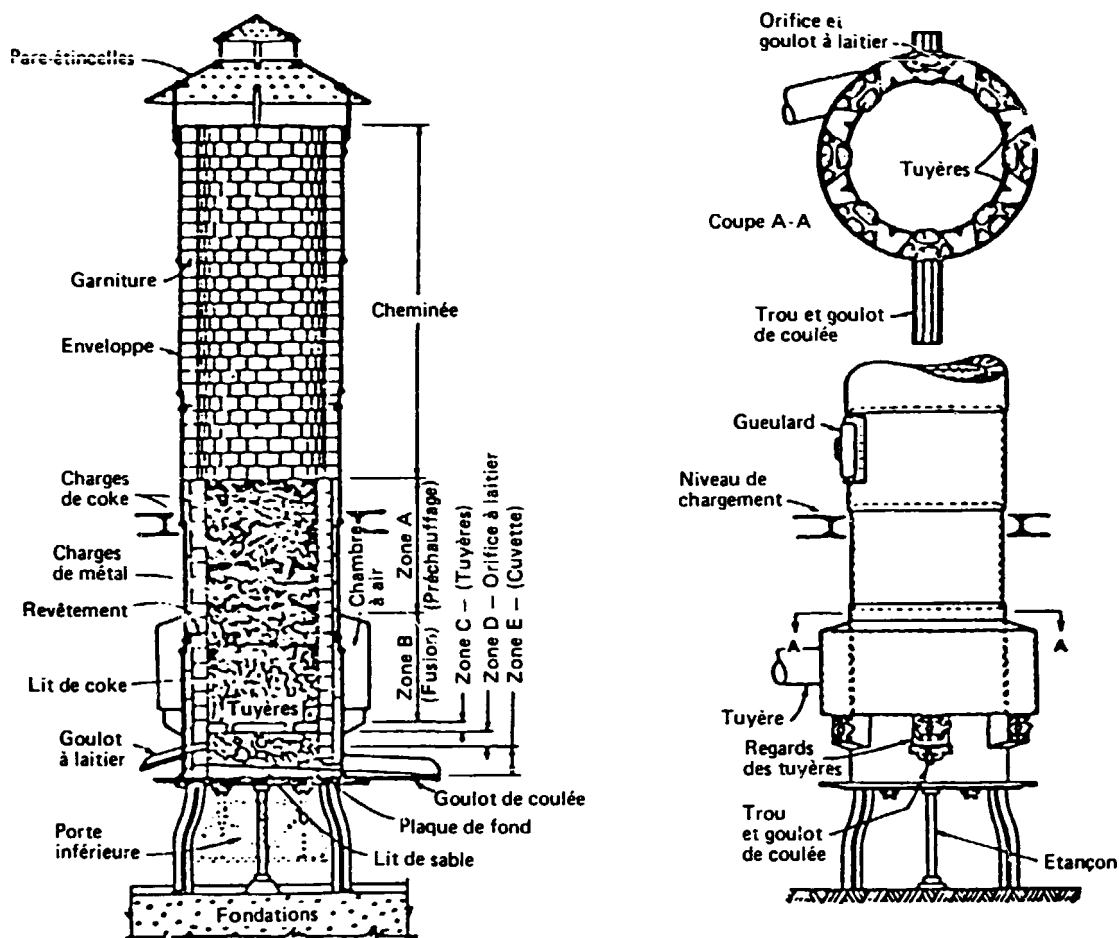


Figure 26. Cubilot classique à air froid

Bacs et trémies de faible volume, de formes appropriées, pourvus de vibreurs et d'extracteurs spécialement conçus

La récupération du sable enlevé pendant le processus de moulage à l'aide d'un mélangeur continu ne sera pas prise en considération en raison du faible volume et de la disponibilité supposée du matériau de base.

La figure 27 représente les diverses opérations de récupération du sable de moulage. La figure 28 représente un système de récupération pour sable à liant chimique. La figure 29 représente un équipement de récupération du sable. La figure 30 représente des broyeurs à meule. La figure 31 est une esquisse d'une installation de récupération, de mélange avec du sable neuf et de broyage à la meule. Dans le tableau 44 sont réunis les appareils de récupération du sable.

#### Opérations de nettoyage

Les caractéristiques des opérations de nettoyage sont résumées dans le tableau 45. Dans le

cas des pays en développement, le dégrossissage, la séparation des appendices tels que trous de coulée et événements, doit se faire à la main. Les figures 32 et 33 représentent des machines de nettoyage.

Les moulages de grandes dimensions doivent être nettoyés au jet de sable. Pour prévenir la silicose (et la nécessité d'utiliser des éléments de protection importants), les commandes des tubes de sablage doivent se trouver à l'extérieur du local où les pièces sont nettoyées.

Une décapeuse continue à tablier et chargement manuel (ou, le cas échéant, une décapeuse à table rotative) semble la plus appropriée. Les meules fixes pour les petits moulages et les meules portatives ou suspendues pour les grands moulages s'utilisent conjointement avec des marteaux pneumatiques. La figure 34 représente une machine à ébarber.

Certaines opérations de soudage pour remédier à des défauts peuvent être envisagées à une date ultérieure, lorsque les besoins seront mieux définis.

Les dispositifs de mesure, équipements de contrôle, dispositifs de mesure de la composition

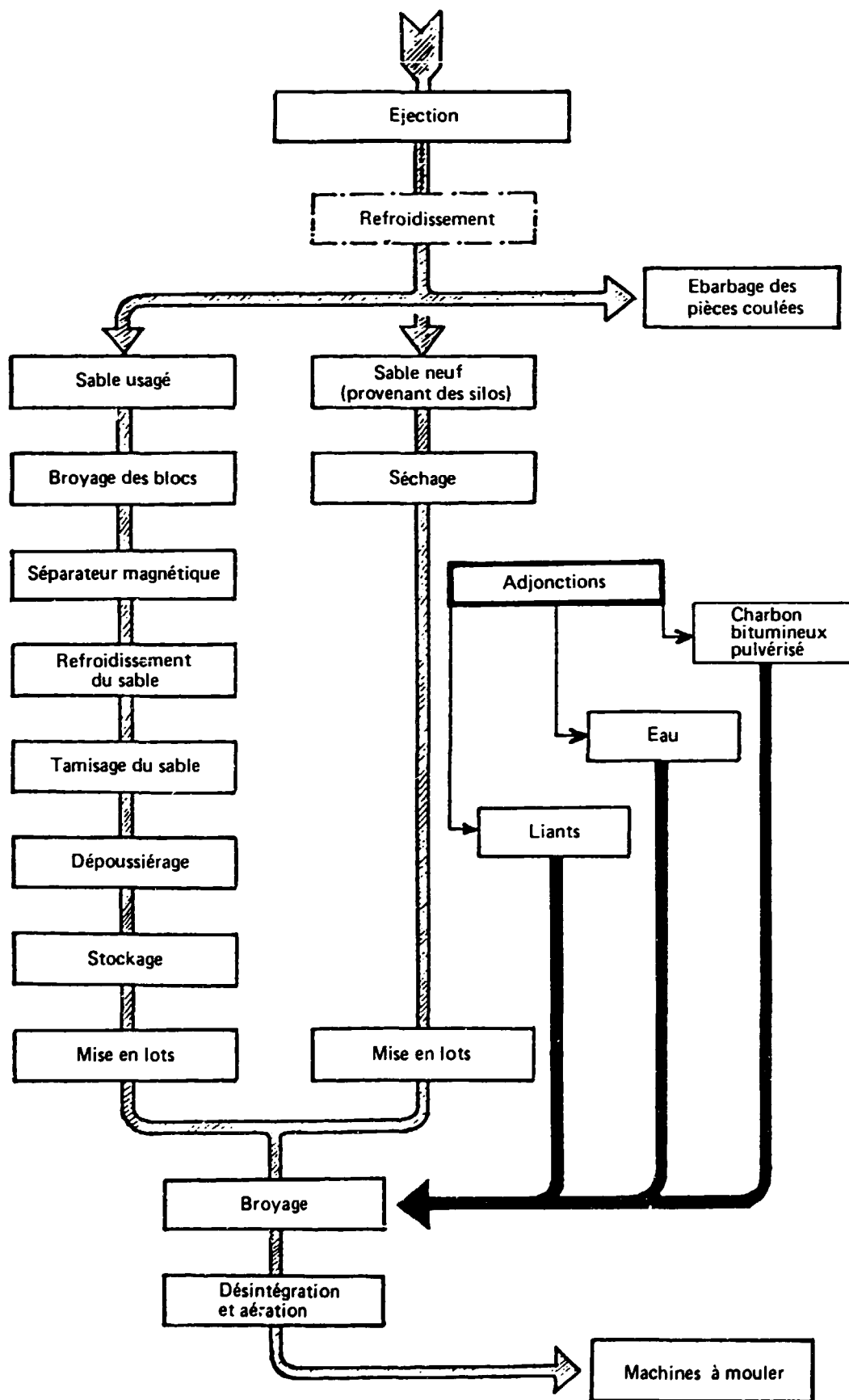


Figure 27. Processus de récupération du sable de moulage

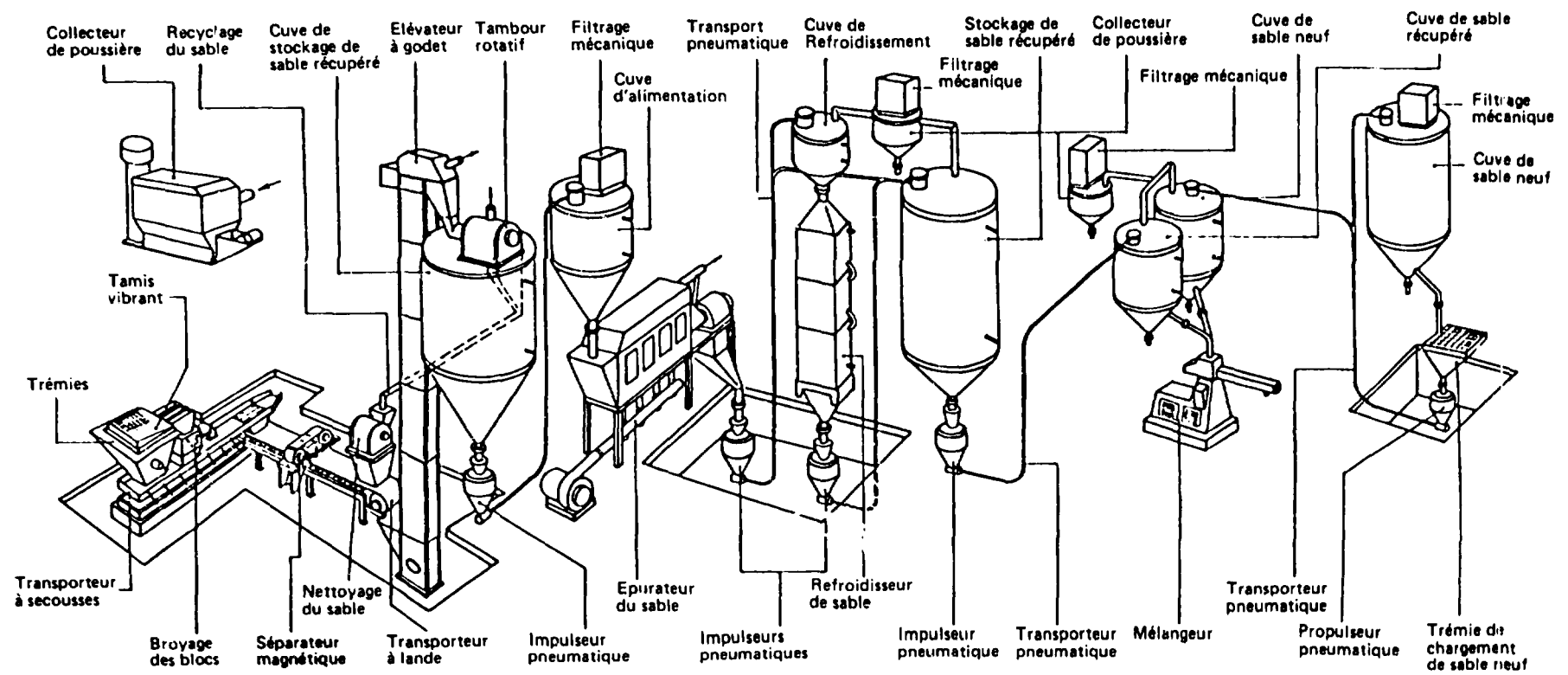
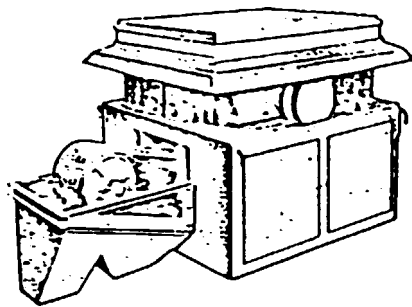
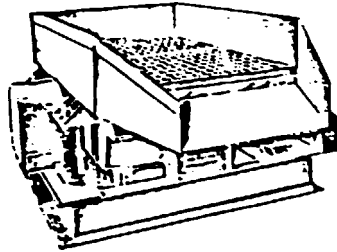


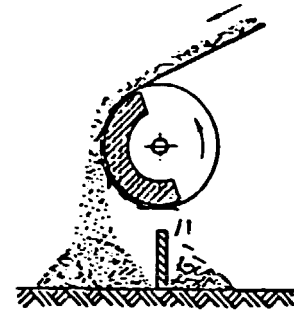
Figure 28. Système de récupération de sable aggloméré chimiquement



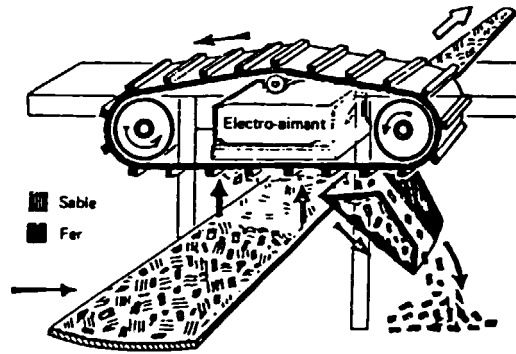
A. Crible vibrant avec séparateur électro-magnétique



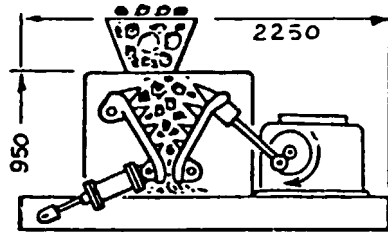
B. Grille vibrante à démonter



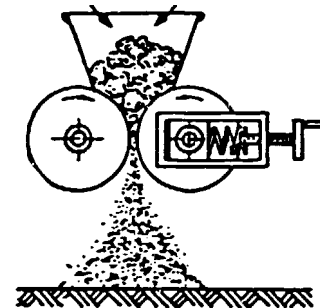
C. Séparateur à poulie magnétique



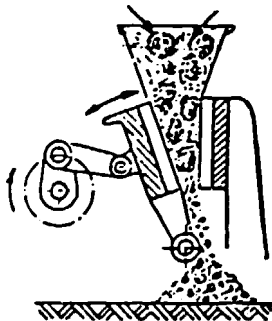
D. Séparateur magnétique à courroie



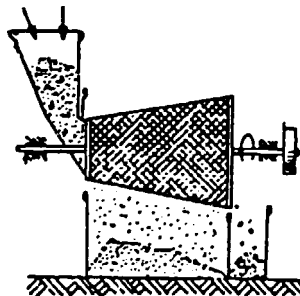
E. Broyeur



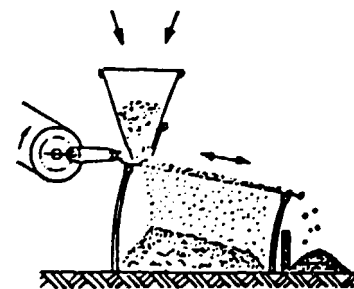
F. Autre type de broyeur



G. Marteau mécanique



H. Tambour rotatif



I. Tamis vibrant

Figure 29. Equipement de récupération du sable

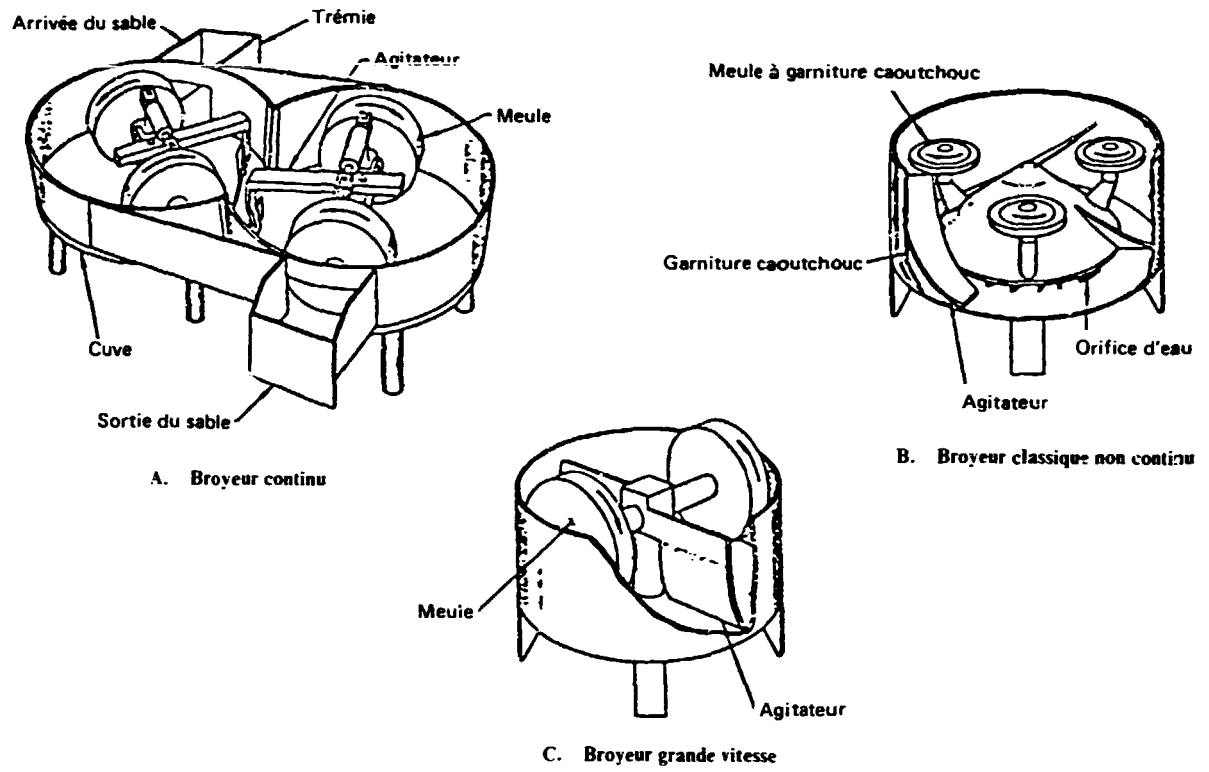


Figure 30. Broyeur à sable

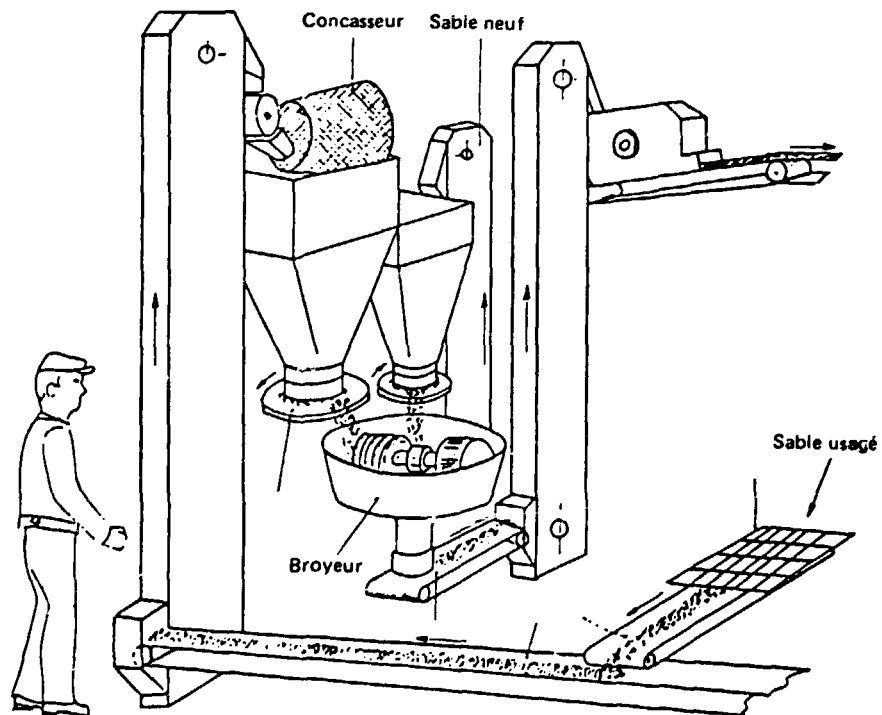


Figure 31. Schéma d'une installation continue de récupération du sable usagé de mélange avec du sable neuf et de broyage

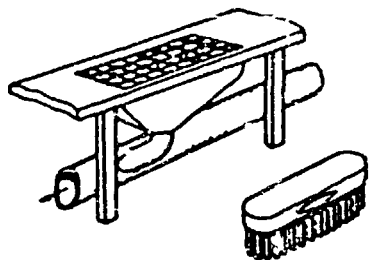


TABLEAU 44. MACHINES ET CARACTERISTIQUES DE RECUPERATION DU SABLE

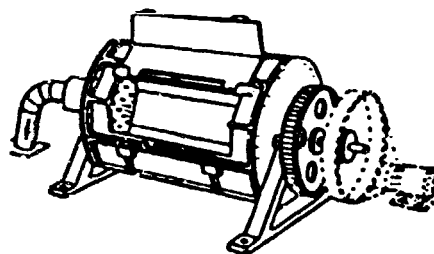
<i>Opération</i>	<i>Machine ou technique</i>	<i>Caractéristiques concernant les pays en développement</i>
Ejection	A la main ou sur grille fixe Grille vibrante ou crible	Pièces de petites et moyennes dimensions sur crible. Pièces de grandes dimensions sur grille fixe. L'éjection manuelle permet d'éviter des coûts élevés
Broyage des blocs	Rouleaux broyeurs à compression élastique Broyeurs à marteaux Désintégrateur	Le broyage du sable non étuvé requiert l'emploi d'un désintégrateur
Séparation magnétique	Poulie magnétique Séparateur magnétique à courroie	
Refroidissement	Tuyau de refroidissement rotatif (pièces et sable ensemble) Élévateur de refroidissement Refroidisseur à eau, à serpentin	Moulage homogène, installations sous le niveau du sol
Tamissage	Tamis rotatif Tamis vibrant Diverses finesses	Le tamis rotatif est généralement utilisé dans les usines moyennes à grandes. Les tamis à secousses conviennent davantage pour les petites usines
Dépoussiérage	Par aspiration au niveau des tamis. Autres procédés	La poussière doit être séparée du sable, ce qui requiert un bon dispositif d'aspiration
Transport et remisage	Transporteurs à bande, élévateurs, monte-charge. Les transporteurs sont généralement utilisés pour le transport horizontal du sable vert. Les systèmes pneumatiques s'utilisent souvent pour les sables liés chimiquement. Le stockage se fait dans des silos de diverses formes	Les élévateurs permettent de gagner de la place. Les bennes ont tendance à tasser le sable. Les transporteurs pneumatiques ne sont conseillés que pour le transport du sable neuf depuis les bacs de stockage jusqu'à la trémie du mélangeur en continu
Adjonction de liants	Vaste choix de liants	La méthode semi-manuelle est la plus sûre. Requiert du personnel spécialisé
Broyage	Cuve fixe à cycle continu Cuve rotative à cycle continu Cuve fixe à cycle discontinu Cuve rotative à cycle discontinu Super broyeur	De nombreux types conviennent, mais de préférence un broyeur à cuve fixe et cycle discontinu permettant le réglage préliminaire des séquences de travail. La durée des cycles est très importante dans le cas de la répartition manuelle
Désintégration et aération	Possibilité d'utiliser divers moyens pour l'aération du sable au cours du transport	Conseillé pour les petites installations

TABLEAU 4: CARACTERISTIQUES DES OPERATIONS DE NETTOYAGE

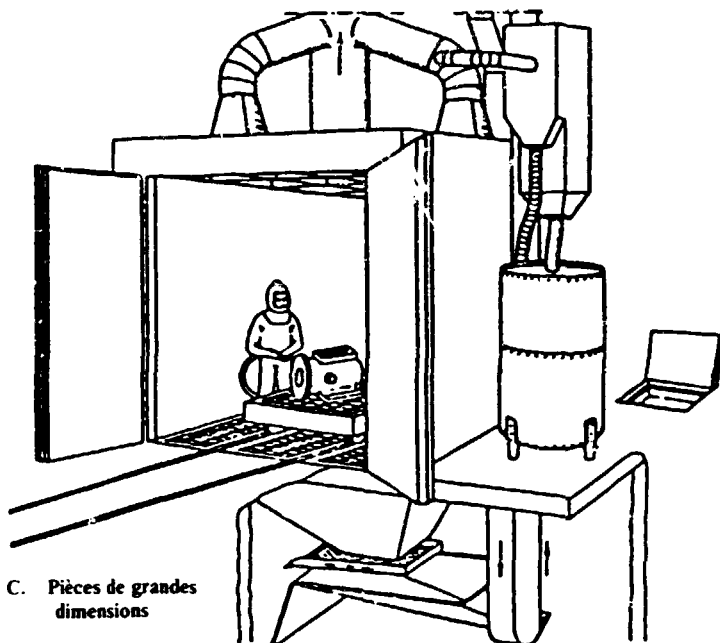
<i>Opération</i>	<i>Techniques</i>	<i>Remarques concernant l'adaptabilité aux pays en développement</i>
Dégrossissage	A la main, au marteau A la machine, au moyen de scies circulaires, disques abrasifs, presses et autre matériel	Sauf dans quelques cas particuliers, les disques abrasifs et outils portatifs conviennent le mieux
Sablage (un soin particulier doit être donné au dénoûssiérage de la grenaille d'acier abrasive)	En chambre à surpression  Table rotative ou courroie rotative avec ventilateur à matériau abrasif Table suspendue ou courroie monorail avec ventilateur à matériau abrasif Au tonneau, où l'on place pêle-mêle les pièces et les abrasifs	Méthode conseillée pour les pièces de moyenne à grande dimension (plus de 50 kg). Méthode peu onéreuse Le modèle pourvu d'une petite chambre semble le plus approprié Moyen avantageux mais onéreux destiné à la production en continu Convient pour les pièces brutes. Méthode peu onéreuse, bruyante et pas très productive
Finition		
Ebarbage	Outil pneumatique à main sur banc ou transporteur	Les outils pneumatiques s'utilisent au banc pour les petites pièces et au sol pour les grandes pièces
Opérations à la presse	Machine destinée à l'enlèvement des appendices venant de fonte. Technique généralement utilisée dans la production en grande série	Uniquement pour moulages en fonte nodulaire
Meulage	Meule pneumatique portative Meule fixe pivotante et meule spéciale à roues multiples	Les meules portatives s'utilisent pour les pièces de moyenne et grande dimension. Les meules fixes sont recommandées pour les petits moulages
Traitement thermique	Fourneau à simple ou double sole Fourneau continu Atmosphère normale ou neutre	Un fourneau à double sole peut être utilisé pour les traitements spéciaux et au graphite sphéroïdal. L'étanchéité peut être assurée par du sable et du mastic
Contrôle		
Analyse de la composition du coulage	Chimie, spectrographie et autres moyens	
Visuel	Eclairage et loupe	Nécessité d'établir des normes
Dimensionnel	Instruments, dispositifs d'inspection, instruments de marquage	A fabriquer sur place
Uniformité de surface	Fluide pénétrant — différentes techniques pour créer et détecter les champs magnétiques	Les fluides utilisés doivent toujours être appliqués à la plupart des cas. Un examen soigneux peut nécessiter l'emploi d'un magnétoscope
Structure métallurgique	Microscope à réflexion	Microscope optique avec grossissement de 1 000 à 2 000 fois
Intégrité interne	Radiations, y compris rayons X et vibrations ultrasoniques	Un appareil à rayons X (300 kW) peut être utile en cas de production en grande série
Sable de moulage	Instrument pour le contrôle de la dureté, de l'humidité, de la résistance, de la perméabilité et de la finesse	



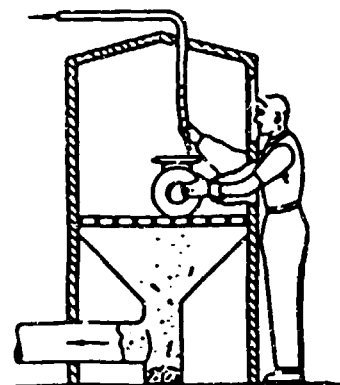
A. Etabli pour désabirge des moules



B. Touneau de finition

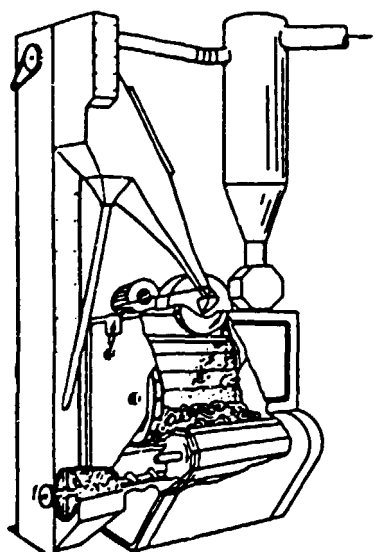


C. Pièces de grandes dimensions

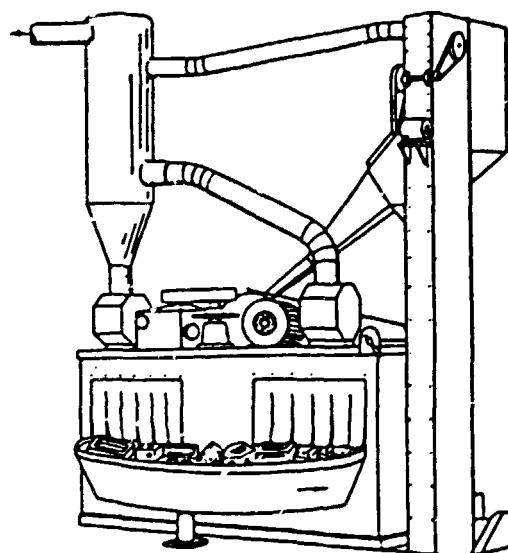


D. Petite cabine de protection des ouvriers

Figure 32. Nettoyage manuel des moules



A. Décapeuse à jet de sable, avec tablier sans fin



B. Décapeuse à table tournante avec collecteur de poussière (fonctionnement continu)

Figure 33. Nettoyage mécanique des moules

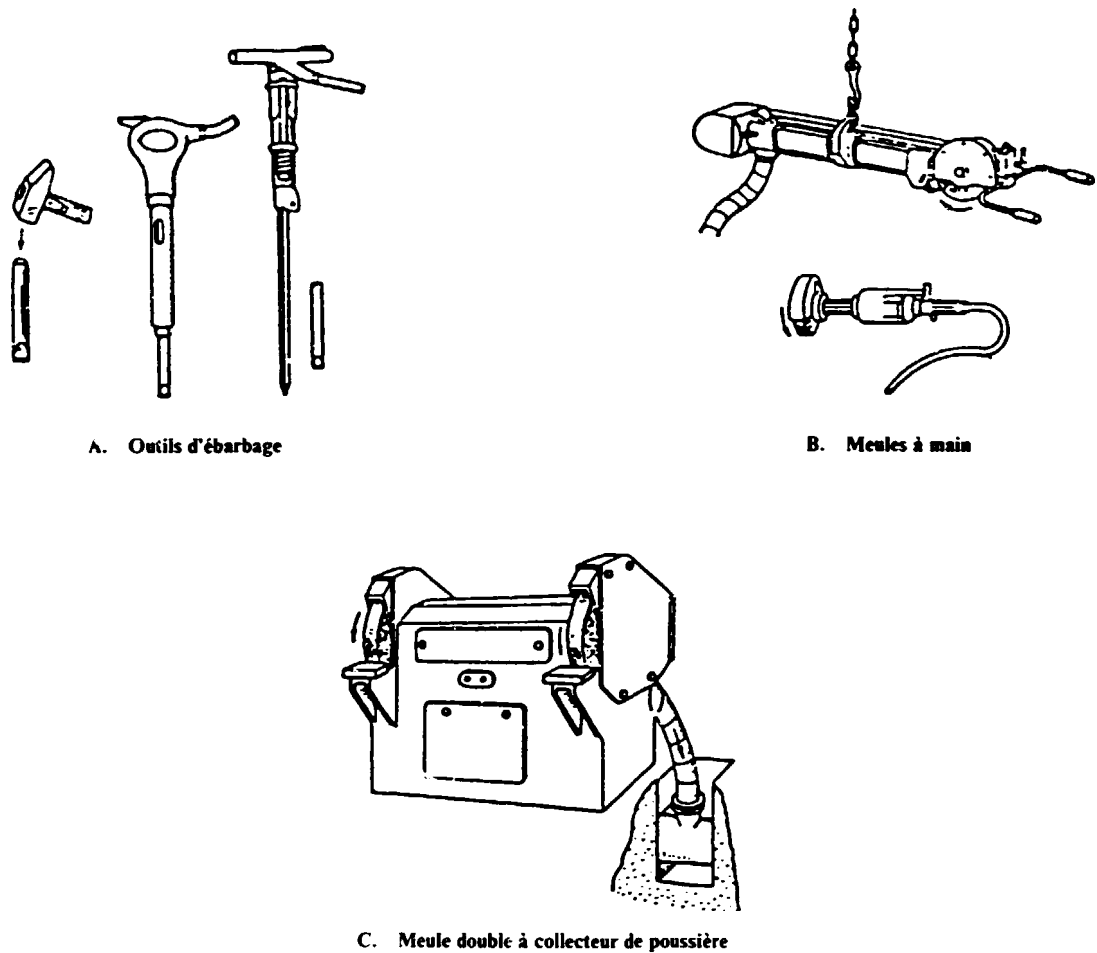


Figure 34. Matériel d'ébarbage

chimique, de l'intégrité des pièces (magnétoscope), de la nodularité (microscope métallographique) ainsi que les dispositifs de mesure de l'humidité, de la cohésion, de la finesse, de la perméabilité et de l'indice de réfraction des sables sont également requis.

#### *La fonderie de métaux non ferreux*

Cet atelier produisant des moulages en métaux non ferreux requiert les éléments suivants :

a) Moulage manuel des pièces légères, effectué au banc au moyen de modèles séparés, sur des planches à mouler ou en châssis, par une seule personne;

b) Moulage de pièces plus grandes en châssis ou en machine à secousses. Le foulage se fait au fouloir pneumatique;

c) Pour les moulages en série (soupapes, pistons, outils) de petits bancs de moulage;

d) Pour les noyaux, un appareil d'une capacité de cinq litres et le moulage manuel. Pour les noyaux de grande dimension, le mélangeur continu de la fonderie de fer peut être utile;

e) Un fourneau à mazout de 135 litres avec double creuset suffit pour produire la quantité et la qualité de métal nécessaire;

f) L'appareil le plus important pour l'ébarbage est la scie à ruban.

## Appendice I

## ESTIMATION DES BESOINS EN CAPITAUX DE LA Fonderie

La liste qui suit comprend le détail des coûts de matériel, de machines, de bâtiments et de terrain de la fonderie principale :

<i>Elément</i>	<i>Coût (Milliers de dollars)</i>	<i>Elément</i>	<i>Coût (Milliers de dollars)</i>
Cubilot de fusion et de coulée	86	Moulage sans étuvage	60
Cubilot à air froid (double paroi) d'une capacité de 2,5 t/h avec dispositif de pesage et de chargement, soufflante, commande de débit d'air, appareil de récupération et de pesage du fer fondu, commande de dégagement, monorail de coulée		Silo à sable neuf	
Fourneau à induction	140	Mélangeur continu (3 à 4 t/h)	
Fourneau de fusion à induction à moyenne fréquence (capacité du creuset 1,5 t, production horaire 0,6 t, consommation maximale 450 kW, refroidissement par eau en circuit fermé avec échangeur de chaleur), transformateur de courant, dispositif de sécurité, condensateur et matériel de commande en cabine. Un creuset avec dispositif d'inclinaison hydraulique		Bac de stockage du sable neuf	
Autres matériels de fusion et de coulée	9	Table vibrante	
Station de réchauffage à cuiller		Rouleaux	
Bac à rebut et bac à alliage		Tables de transfert	
Cuillers de coulée et équipements divers		Dispositif de levage pour manutention des moules	
Total fusion et coulée	235	Moulage en fosse	5
Equipements pour sable neuf	33	Outils à main	
Gravier pour le recouvrement du sol, bacs, élévateur pour le remplissage du silo, silo (65 m <sup>3</sup> ), transporteur pneumatique		Fosse avec panneaux mobiles	
Equipement pour sable vert	276	Marteau pneumatique	
Tamis vibrant		Total moulage	215
Transporteur à courroie pour le sable usagé		Atelier des noyaux	35
Séparateur électromagnétique		Broyeurs à sable (2)	
Elévateur		Machine à fabriquer les noyaux en sable auto-durcisseur, commandée manuellement (commande automatique du gaz)	
Tamis rotatif		Appareil de fabrication des noyaux d'une capacité de 5 litres	
Silos pour sable usagé		Appareil à fabriquer les noyaux (capacité 12 litres avec dispositif de retrait mécanique)	
Dispositifs de refroidissement du sable		Bancs à noyaux avec bacs à sable (4)	
Trémis à sable récupéré avec distributeur volumétrique		Four à noyaux avec élément chauffant (deux compartiments)	
Appareils d'alimentation à vis pour liant		Rateliers à noyaux pour étuvage	
Meule à sable (8 t/h)		Chariot à fourche manuelle pour chargement des étuves	
Mélangeur spécial		Atelier d'ébarbage et de nettoyage	90
Aérateurs		Décapeuse à tablier sans fin	
Gravier et courroie		Pièce de sablage	
Structure de support		Meules fixes	
Equipement pour sable non étuvé	18	Ebarbeuse abrasive (fonte nodulaire)	
Tamis vibrant		Bancs d'ébarbage	
Courroie pour sable usagé		Meule pivotante	
Elévateur et trémie pour retrait du sable usagé		Meules portatives	
Total sable	327	Soudage à l'arc (pour usage ultérieur)	
Moulage en sable vert	150	Autres outils portatifs	
Deux machines à secousses-compression (pression maximale de compression statique de 6 atmosphères, taille maximale de châssis 700 x 850 mm)		Ponts roulants	90
Dispositifs de levage		Pont roulant (envergure 14,5 m, commandé depuis le sol)	
Transporteurs à rouleaux		Ponts roulants (2) pour les deux ateliers (envergure 14,5 m, commandés depuis le sol)	
Eléments d'angle		Pont roulant pour le fourneau (4,5 m)	
Boîtes de moulage		Inspection et essais en laboratoire	100
		Banc de marquage	
		Magnétoscope	
		Equipement du banc de marquage	
		Microscope et matériel micrographique	
		Quantomètre	
		Matériel de laboratoire pour analyse du sable	
		Matériel d'inspection	
		Modelage (bois ou résine)	170
		Rectifieuses (2)	
		Rectifieuse à reproduire	
		Raboteuse à bois	
		Surfaceuse	
		Machine à pierrer	
		Scie à ruban	
		Tour	

Elément	Coût (Milliers de dollars)	Elément	Coût (Milliers de dollars)
Machine d'épaisseur		Groupe électrogène de secours de 100 kW et autres installations électriques	
Perceuse		Système de distribution d'eau (réservoir 1 000 m <sup>3</sup> )	
Meule		Système hydraulique-sanitaire	
Barres de marquage (2)		Gaz, huile lourde et autres carburants, systèmes de distribution	
Etablis (7)		Bâtiments de la fonderie principale	400
Matériel de l'atelier d'usinage	323	Atelier de fusion (hauteur 16 m)	
Tour parallèle		Atelier de fonderie (hauteur 12 m)	
Rectifieuse universelle		Salle de nettoyage (hauteur 9 m)	
Planeuse		Local de préparation du sable	
Perceuse radiale		Modelage, entretien des machines et magasin général	140
Perceuses à colonnes (2)		Bureaux (à 300 dollars/m <sup>2</sup> )	300
Perceuse d'établi		Cabines pour transformateurs et compresseurs	30
Scie renforcée		Total bâtiments	870
Rectifieuse double		Routes et arrangements du terrain (y compris zone de rebut)	50
Tours revolver (2)		Clôture	25
Presse (15 t)		Réseau d'égouts	15
Affûteuse universelle		Total préparation du terrain	90
Équipement de soudure à l'arc 7 kW			
Poste de soudure oxyacétylénique portatif			
Perceuse portative			
Marbre (1 500 × 1 500 mm)			
Etablis avec étaux (8)			
Jeux de clés, de limes, matériel divers (5 jeux)			
Jeux d'outillage et d'instruments électriques et d'entretien (3 jeux)			
Outillage et équipement	176		
Instruments	35		
Armoires, containers, supports, etc.	157		
Total atelier usinage et entretien	691		
Matériel de manutention	125		
Chariots élévateurs à fourche (3)			
Chargeurs de batterie (3)			
Camions (2)			
Voitures (2)			
Pelle mécanique			
Basculeur			
Système d'évacuation et de dépoussiérage	120		
Collecteur humide pour préparation du sable (1 000 m <sup>3</sup> /mn)			
Collecteur humide pour tamis (réservoir à boue)			
Système de dépoussiérage pour appareil de grenailage			
Système de dépoussiérage pour meules			
Installations générales	190		
Compresseurs d'air de 3 000 m <sup>3</sup> /mn avec dessiccateur et unité de réfrigération (2)			
Équipement électrique: transformateurs 500 kVA (moyenne et basse tension)			

Le matériel suivant sera nécessaire pour la fonderie de métaux non ferreux additionnels: pour la fusion, un creuset à mazout (135 l) avec équipement de commande, trois cuillers à couler et une station de chauffage, plus entretien des garnitures et du matériel réfractaire. Pour le moulage, une machine à mouler à secousses; pour les moulages en sable, des bennes, mélangeurs, élévateurs, aérateurs; des aérateurs pour le moulage en sable, un banc pour le moulage à la main, deux bancs pour le moulage en coquille avec opération manuelle, châssis et matériel annexe. Pour la fabrication des noyaux, un local, des mélangeurs, une trémie, des établis pour deux postes de travail avec le procédé sans étuvage et le matériel auxiliaire. Pour l'atelier de nettoyage et d'ébarbage, une scie à ruban, des bancs de dégrossissage et d'ébarbage, deux meules, matériel d'atelier. Pour l'inspection, matériel de laboratoire pour l'inspection du sable et des moulages. Dispositifs de levage: au nombre de deux, pour la coulée. Le coût total du matériel nécessaire à la fonderie de métaux non ferreux est de 106 000 dollars.

Les coûts figurant ci-dessus ont été réunis dans le tableau 46 avec les coûts de transport et d'installation correspondants.

TABLEAU 46. ESTIMATION DU COUT TOTAL EN CAPITAL DE LA FONDERIE

(Milliers de dollars)

Groupe	Équipement	Transport et installations	Total
Fusion et coulée	235	127	362
Sable	327	130	457
Moulage	215	32	247
Atelier de noyaux	35	10	45
Atelier d'ébarbage et de nettoyage	90	34	124
Ponts roulants	90	25	115
Inspection et laboratoire d'essais	100	15	115
Modelage	170	25	195
Atelier d'usinage et d'entretien	691	89	780
Matériel de manutention	125	10	135

<i>Groupe</i>	<i>Equipement</i>	<i>Transport et installations</i>	<i>Total</i>
Evacuation et dépoussiérage	120	40	160
Services généraux	190	40	230
Bâtiments	870	30	900
Préparation du terrain	90	10	100
Fonderie de métaux non ferreux	106	32	138
<b>Total</b>	<b>3 454</b>	<b>649</b>	<b>4 103</b>

## Appendice II

## COUTS DE FORMATION ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE DE LA FONDERIE

Les coûts de formation à l'étranger pour la fonderie comprennent la formation du groupe préliminaire en usine pour un directeur général, un directeur général adjoint, six ingénieurs et six instructeurs, soit un total de quatorze personnes pour une durée de quatre mois. La répartition se présente comme suit :

	<i>Coût par stagiaire (dollars)</i>	<i>Coût total (dollars)</i>
Déplacements	3 000	42 000
Indemnité journalière de subsistance	4 000	56 000
Formation	6 000	84 000
<b>Total</b>		<b>182 000</b>

La formation en usine à l'étranger pour huit instructeurs et huit ingénieurs (total 16) pour une durée de quatre mois sur une période de cinq ans coûtera 208 000 dollars.

Le coût d'un programme de formation et d'assistance technique figure au tableau 47, celui du programme local dans le tableau 48. La répartition de ces coûts sur cinq ans est résumée dans le tableau 49.

TABLEAU 47. PROGRAMME D'ASSISTANCE TECHNIQUE POUR LA FONDERIE<sup>a</sup>

	<i>Besoin en personnel (personnes-année)</i>	<i>Coût par année (milliers de dollars)</i>					<i>Coût total (milliers de dollars)</i>
		<i>An 1</i>	<i>An 2</i>	<i>An 3</i>	<i>An 4</i>	<i>An 5</i>	
Directeur du projet (agissant comme directeur général au cours des trois premières années)	5	80	90	90	100	100	460
Directeur-instructeur de fonderie	4	40	80	80	90	45	335
Instructeur de moulage	3	35	70	80	40		225
Instructeur de fusion et de coulage	3	35	70	80	40		225
Instructeur pour conducteurs de machines-outils	3	35	70	80	40		225
Instructeur pour mécaniciens de machines-outils	4		70	80	80	80	310
Instructeur de modelage	5	70	80	80	80	80	390
Ingénieur de fonderie	3	70	80	80			230
Ingénieur pour la création des pièces de fonderie	4		80	80	90	90	340
Ingénieur industriel-économiste	3	35	80	80	40		235
Métallurgiste	2		80	80			160
Ingénieur de marketing	2	70	80				150
A court terme (4-6 mois chacun)							
Experts en ingénierie spéciale (pour laiton, conception de pièces spéciales, conception de l'usine, etc.)	4		20	80	80	150	330
Projet préliminaire au cours de la première année (achat de matériel, activités de construction, recrutement, etc.)							150
<b>Total assistance technique</b>	<b>45</b>	<b>470</b>	<b>950</b>	<b>970</b>	<b>680</b>	<b>545</b>	<b>3 765</b>

<sup>a</sup> 8 autres personnes-année d'experts en atelier et 8 personnes-année d'experts en ingénierie sont requises pour la mise sur pied d'un atelier de fabrication d'outillage.

TABLEAU 48. PROGRAMME DE FORMATION SUR PLACE POUR LA FONDERIE

Fonction	An 0		An 1		An 2		An 3		An 4		An 5		Dollars (par an)
	Besoins en per- sonnel	Milliers de dollars	Besoins en per- sonnel	Milliers de dollars	Besoins en per- sonnel	Milliers de dollars	Besoins en per- sonnel	Milliers de dollars	Besoins en per- sonnel	Milliers de dollars	Besoins en per- sonnel	Milliers de dollars	
Directeur général et adjoint	2	16											8 000
Secrétaire-comptable	1	6											
Instructeurs homologues/ superviseurs (moulage, modelage, machines-outils)	8 pour ½ an, 2 pour 1 an	18	12	40	12	42	14	56	14	62	14	68	3 000
Ingénieurs et techniciens homologues (un ingénieur et un technicien pour chaque expert)	6 pour ½ an	15	6	30	2	10	2	10	2	10	2	10	5 000
Modèleurs stagiaires	10	10	18	20	15	20							
Stagiaires et ouvriers de fonderie	18 × ½ an	9	20	22	20	30							1 000
Stagiaires et mécaniciens sur machines-outils et autres ouvriers qualifiés	20 × ½ an	10	20	22	30	45							
Comptables adjoints et autres secrétaires	2	5											2 500
Employés de bureau, conducteurs et ouvriers	4	4											1 000
<b>Total</b>		<u>93</u>		<u>134</u>		<u>147</u>		<u>66</u>		<u>72</u>		<u>78</u>	



TABLEAU 49. TOTAL DES COÛTS DE FORMATION POUR LA FONDERIE, PAR ANNEE

(Milliers de dollars)

	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	Total
Formation du groupe initial en usine, à l'étranger		—	—	—	—	
Perfectionnement des ingénieurs et instructeurs homologues, à l'étranger	182	52	52	52	52	390
Programme d'assistance technique	150	950	970	680	545	3 765
	470					
Formation sur place	225	149	66	72	88	600
Total	1 027	1 151	1 088	804	685	4 755

## Appendice III

## PRODUCTION ET PERSONNEL DE LA FONDERIE

TABLEAU 50. PRODUCTION DE MOULAGES BRUTS PAR ANNEE<sup>a</sup>

	An 2		An 3		An 4		An 5	
	Quantité (t)	Pourcentage du total	Quantité (t)	Pourcentage du total	Quantité (t)	Pourcentage du total	Quantité (t)	Pourcentage du total
Fonte grise	500	90	1 000	89,5	1 250	88	1 360	83
Fonte nodulaire	50	9	100	9	150	10	240	15
Non-ferreux	6	1	16	1,5	25	2	30	2
Total	556		1 116		1 425		1 630	

<sup>a</sup>Pas de production au cours de la première année.

TABLEAU 51. NOMBRE D'EMPLOYES A LA PRODUCTION DE MOULAGES, PAR ANNEE

Catégorie	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Spécialisés		20	20	24	30
Semi-spécialisés		37	37	45	48
Non-spécialisés		45	45	52	52
Superviseurs		10	10	12	12
Personnel de direction et ingénieurs		10	10	11	12
Total		122	122	144	154

TABLEAU 52. NOMBRE DE PERSONNEL ET GENRE D'ACTIVITE DANS LA FONDERIE A PLEINE PRODUCTION

Département	Total	Catégorie		
		Spécialisés	Semi-spécialisés	Non spécialisés
Moulage	30	5	15	10
Fusion	13	3	7	3
Coulage	8	—	4	4
Tamisage	6	—	1	5
Sable	7	2	3	2
Fabrication de noyaux	8	3	3	2
Nettoyage	26	2	6	18
Entretien	8	8	—	—

TABLEAU 52 (suite)

Département	Total	Catégorie		
		Spécialisés	Semi-spécialisés	Non spécialisés
Magasin	5	1	2	2
Sablage	4	—	2	2
Laboratoire d'inspection	8	3	4	1
Activités générales	7	3	1	3
Total personnel de production	130	30	48	52
Atelier de modelage	16	10	5	1
Atelier d'usinage	10	6	4	—
Total	156	46 (29%)	57 (37%)	53 (34%)

TABLEAU 53. SALAIRES PAR EMPLOYE DE LA FONDERIE, PAR ANNEE

(Milliers de dollars)

Catégorie	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Spécialisés	1,5	2,0	2,5	2,8	3,0
Semi-spécialisés	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0
Non-spécialisés	1,0	1,1	1,4	1,6	1,8
Superviseurs	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Ingénieurs	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Direction et personnel de bureau	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0
Total	17,0	19,3	22,4	24,7	26,8

TABLEAU 54. TOTAL DES SALAIRES POUR LA PRODUCTION DE MOULAGES BRUTS, PAR ANNEE

(Milliers de dollars)

Catégorie	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Spécialisés	—	40	50	67,2	90
Semi-spécialisés	—	44,4	55,5	81	96
Non-spécialisés	—	49,5	63	83,2	93,6
Superviseurs	—	35	40	54	60
Ingénieurs	—	11	12	13	21
Direction et personnel de bureau	—	55	56	67,5	72
Total	165 <sup>a</sup>	235	276	366	432

<sup>a</sup>Coût de formation seulement.

TABLEAU 55. SALAIRES ET FRAIS GENERAUX POUR LES ATELIERS ET LES SERVICES D'INGENIERIE DANS LA FONDERIE, PAR ANNEE

	An 1		An 2		An 3		An 4		An 5	
	Nombre d'ouvriers	Montants (milliers de dollars)	Nombre d'ouvriers	Montants (milliers de dollars)	Nombre d'ouvriers	Montants (milliers de dollars)	Nombre d'ouvriers	Montants (milliers de dollars)	Nombre d'ouvriers	Montants (milliers de dollars)
Atelier de modelage	4	6	8	16	8	20	10	28	10	30
Atelier d'usinage et d'entretien	4	6	8	16	10	25	10	28	10	30
Ingénieurs et techniciens	2	11	8	48	10	70	12	90	12	96
Frais généraux <sup>a</sup>	—	40	—	80	—	90	—	100	—	100
Total	10	63	24	160	28	205	32	246	32	256

<sup>a</sup>Calculés comme étant de 5 000 dollars par machine.

## Appendice IV

## DEPENSES ET RECETTES DE LA FONDERIE

TABLEAU 56. COUTS DE MATERIAUX  
(Dollars par tonne de moulage brut)

	Fonte grise	Fonte nodulaire	Non-ferreux
<b>Matériaux bruts</b>			
Fonte en gueuses, agents de cémentation, alliages ferreux et non ferreux	195	235	1 750
<b>Matériaux auxiliaires</b>			
Sable, liants, matériaux fondants, enduits pour moules et noyaux, meules, roues abrasives, etc.	70	95	150
Energie pour la fusion et le raffinage du métal en fusion, pour le séchage des noyaux et le moulage à la main, y compris le coke pour le cubilot	110	165	120
<b>Matériaux non récupérables</b>			
Gaz, mazout, énergie, installations générales y compris refroidissement, dépoussiérage, éclairage. Egalement eau, huile lourde et autres produits	117	147	120
<b>Matériaux d'entretien</b>			
Matériaux réfractaires, garnissage, réparation de modèles, pièces de rechange	140	150	150
<b>Total</b>	<b>632</b>	<b>792</b>	<b>2 290</b>

TABLEAU 57. COUT DE PRODUCTION DE LA FONDERIE, PAR ANNEE  
(Milliers de dollars)

	An 1	An 2 <sup>a</sup>	An 3	An 4	An 5
<b>Matériaux bruts et auxiliaires</b>	—	160	247	329	396
<b>Matériaux non récupérables et d'entretien</b>	—	90	134	185	245
<b>Salaires</b>	165	235	276	366	432
<b>Imprévus (8 % des coûts de fabrication)</b>	17	70	62	83	101
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>555</b>	<b>719</b>	<b>963</b>	<b>1 174</b>

<sup>a</sup>Pour la deuxième année (lorsque la production débute), on considère que le rendement de la production est de 50 % du rendement maximal et que le taux de rebut est également de 50 %. Les imprévus ont été portés à 15 %. Au cours des années suivantes, il a été tenu compte d'une augmentation du rendement et d'un taux de rebut de 10 %.

TABLEAU 58. RECETTES PROVENANT DE LA VENTE DES SERVICES D'ATELIER ET D'INGENIERIE, PAR ANNEE  
(Milliers de dollars)

Type de service	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Atelier	9	35	86	151	182
Ingénierie	4	34	90	180	227
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>69</b>	<b>176</b>	<b>331</b>	<b>409</b>

TABLEAU 59. INVESTISSEMENTS ET AMORTISSEMENT, PAR ANNEE  
(Millier. de dollars)

	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
<b>Investissements</b>					
Bâtiments et préparation du terrain	1 000	—	—	—	—
Installations générales	525	—	—	—	—
Equipement technique	1 500	420	350	305	—
Total	3 025	420	350	305	—
<b>Amortissement</b>					
Bâtiments et préparation du terrain	40	40	40	40	40
Installations générales	26	26	26	26	26
Equipement technique	150	192	227	275	275
Total	216	258	293	341	341

### Série "Mise au point et transfert des techniques"

- \*N° 1 Systèmes nationaux d'acquisition des techniques (ID/187), numéro de vente : F.78.II.B.7. Prix : 8 dollars des Etats-Unis
- N° 2 UNIDO Abstracts on Technology Transfer (ID/189)
- \*N° 3 Fabrication de véhicules bon marché dans les pays en développement (ID/193), numéro de vente : F.78.II.B.8. Prix : 3 dollars des Etats-Unis
- N° 4 Manuel sur le matériel d'essais et le contrôle de la qualité dans l'industrie textile (ID/200)
- \*N° 5 Techniques d'utilisation de l'énergie solaire (ID/202), numéro de vente : F.78.II.B.6. Prix : 10 dollars des Etats-Unis
- N° 6 Les techniques audiovisuelles au service de l'industrie (ID/203)
- N° 7 Techniques provenant des pays en développement (I) (ID/208)  
Techniques provenant des pays en développement (II) (ID/246)
- N° 8 Procédés de fabrication des engrais phosphatés (ID/209)
- N° 9 Procédés de fabrication des engrais azotés (ID/211)
- \*N° 10 Briqueterie : profil d'une industrie (ID/212), numéro de vente : F.78.II.B.9. Prix : 4 dollars des Etats-Unis
- N° 11 Profils techniques sur l'industrie sidérurgique (ID/218)
- N° 12 Principes directeurs pour l'évaluation des accords de transfert de technologie (ID/233)
- N° 13 Manuel des engrais (ID/250). (Sous presse.)
- N° 14 Etudes de cas d'acquisition de technologie (I) (ID/257)
- N° 15 L'autosuffisance technologique des pays en développement : vers l'adoption de stratégies opérationnelles (ID/262)
- N° 16 Unités de développement de la production métallurgique (ID/271)

En Europe, en Amérique du Nord et au Japon, toutes les publications citées ci-dessus peuvent être obtenues gratuitement, à l'exception de celles qui sont marquées d'un astérisque et qui sont mises en vente, séparément, dans ces régions, au prix indiqué. Dans les autres régions, toutes les publications, sans exception, peuvent être obtenues gratuitement.

Pour obtenir des numéros gratuits, il suffit d'adresser une demande au rédacteur en chef du *Bulletin d'information de l'ONUDI*, boîte postale 300, A-1400 Vienne (Autriche), en indiquant le titre et la cote du ou des documents souhaités.

Il est possible de commander les numéros mis en vente, en indiquant le titre et le numéro de vente, aux vendeurs autorisés des publications des Nations Unies ou à l'un des services suivants :

*Pour l'Europe*  
Section des ventes  
Office des Nations Unies  
CH-1211 Genève 10  
(Suisse)

*Pour l'Amérique du Nord et le Japon*  
Section des ventes  
Nations Unies  
New York, New York 10017  
(Etats-Unis d'Amérique)



