

Brevet de Technicien Supérieur ÉLECTROTECHNIQUE

Epreuve d'Avant-Projet

DUREE : 8 heures 30 min.
dont 30 min de repas à prendre sur place

COEFFICIENT : 2

"Ensemble de fusion électrique de fonte grise aux fonderies du Poitou "

Constitution du sujet

- Présentation générale du support technique de l'épreuve
- Les enjeux de l'avant-projet
- Description et utilisation des moyens
- Questionnement

Barème indicatif sur 40 points

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4
Problème technique ⇨										
Nombre de points ⇨	5	4	4	6	5	4	4	4	4	4

- Documents ressources
- Cahier réponses

Notes aux candidats :

1- Traiter **impérativement** les problèmes techniques A1, A3, A4, A5, A6, B1, B2 et B3, traiter **au choix** le problème technique A2 ou le problème technique B4.

2- En raison de l'investissement important nécessaire à la compréhension d'un problème technique dans sa globalité, le jury accordera une bonification de points aux candidats qui traiteront de l'ensemble des questions s'y rapportant.

3- Le développement des réponses devra être rédigé sur feuille de copie en précisant le numéro de la question. Les résultats terminaux devront être inscrits sur le dossier "cahier réponses".

4- Apporter le plus grand soin à la rédaction du travail, notamment aux représentations graphiques ; il en sera tenu compte dans la notation.

PRESENTATION GENERALE DU SUPPORT TECHNIQUE DE L'EPREUVE

Fonderie du Poitou Fonte (FPF) est une entreprise installée à Ingrandes au nord de Châtelleraut dans la Vienne. Elle emploie 460 personnes et elle est spécialisée dans la conception, le développement, la production et la vente de carters cylindres en fonte grise pour l'industrie automobile. C'est une filiale du groupe TEKSID qui dispose de neuf autres sites dans le monde.

Activités et moyens de production

L'entreprise utilise le procédé de fusion électrique qui favorise une meilleure homogénéité dans la qualité du métal. Le recours à des matériaux issus des circuits de recyclage contribue à sa grande compétitivité. Elle produit 80 000 tonnes de fonte par an au moyen de trois fours à induction basse fréquence (50 Hz) de 38 tonnes d'une puissance unitaire de 10,8 MW.

La fonte liquide est amenée vers le moulage (deux fours de maintien en température de 7 tonnes), le noyautage (procédé boîte froide) et la finition (meulage et grenailage spécifique du circuit d'eau, mise en peinture). La capacité de production est supérieure à 2 millions de carters par an.

Les produits fabriqués concernent toute la gamme de carters-cylindres pour automobile (4 cylindres essence 1,2 l ; 1,5 l et 2 l et 4 cylindres diesel 1,9 l) dont les masses vont de 25 à 70 kg.

L'entreprise assure aussi la conception, la réalisation de prototypes et le développement des outillages dans une filière CAO intégrée, en contact direct avec les clients et la production. La démarche qualité totale a été validée par la certification ISO TS 16949.

Clients et ventes

Les quatre familles de produits ci-dessus sont destinées à quatre usines de fabrication de moteurs (CLEON , Française de mécanique, Linamar Mexique et Renault Espagne, par ordre d'importance). Le carter diesel 1,9 l représente 50% des ventes.

Sécurité et environnement

L'entreprise consacre 40% de ses heures de formation à la sécurité ; en outre, tous les opérateurs de la fonderie sont équipés des protections adéquates. L'entreprise située au cœur de la campagne au nord de Châtelleraut respecte l'environnement en mettant en place des solutions pour réduire la production de déchets industriels. Par exemple, 98 % de l'acier utilisé est issu du recyclage et 100 % du zinc récupéré est recyclé puis revendu.

Les fumées issues de la production sont filtrées. Les filtres sont installés au niveau des cheminées des différents secteurs de fabrication (fours de fusion, moulage et finition) et des mesures sont effectuées pour contrôler les taux de fer et d'aluminium. Les eaux industrielles sont rejetées dans une lagune où le taux de zinc et le pH sont contrôlés régulièrement. Les déchets industriels spéciaux sont soit recyclés (zinc sable phénolé) soit éliminés (huiles, produits chimiques).

LES ENJEUX DE L'AVANT PROJET

Afin de maintenir son rang mondial vis-à-vis de la concurrence, l'entreprise doit, d'une part augmenter ses capacités de production et, d'autre part, mettre en œuvre des procédés de fabrication conformes aux réglementations environnementales en vigueur.

Ces deux enjeux sont les axes principaux de l'avant projet. Nous verrons, dans un premier temps, les possibilités d'augmenter la capacité de production pour nous intéresser ensuite aux traitements des Déchets Industriels Spéciaux (DIS), notamment ceux issus des procédés de fusion.

L'augmentation de la capacité de production est directement liée au débit horaire de fusion. L'entreprise souhaite porter ce débit de 33 tonnes/heure à 36 tonnes/heure tout en conservant la structure existante des fours. En effet, le remplacement des unités de fusion représente un investissement lourd qui n'est pas programmé à moyen terme sachant que les unités actuelles peuvent encore être amorties et que leur durée de vie moyenne ne sera pas atteinte dans un avenir proche.

L'augmentation du débit horaire de fusion sera l'objet de la première partie. Si ce débit peut être porté à la valeur voulue, il faudra ensuite s'assurer que l'approvisionnement en matière première est compatible avec cette nouvelle performance.

L'étude de l'approvisionnement sera l'objet de la deuxième partie. La matière première est acheminée vers les trois fours de fusion via un convoyeur à bennes (hors étude) alimenté par un pont roulant de 8 tonnes.

Nous verrons les capacités d'apport en matière première ainsi que la rénovation du pont roulant. En effet, celui-ci présente de plus en plus souvent des défaillances légères dues à un équipement électromécanique vieillissant et sa maintenance est rendue difficile car certaines pièces ne sont plus fabriquées (variateurs de direction).

Enfin, nous étudierons le traitement des fumées de zinc issues des procédés de fusion dans le but d'être conforme à la certification ISO14001 relative aux Déchets Industriels Spéciaux.

ENSEMBLE DE FUSION ELECTRIQUE DE FONTE GRISE AUX FONDERIES DU POITOU

FOURS A INDUCTION de 38T 10 800 kW 50Hz

DESCRIPTIONS ET UTILISATIONS DES MOYENS

SOMMAIRE

Chapitre 1 : Ensemble de fusion électrique	3
Généralités	4
Déroulement d'un cycle de fusion.....	4
Consommation d'énergie pour mise à température du métal liquide.....	5
Installation électrique	6
Régulation de puissance	7
Chapitre 2 : Préparation des charges – chargements	9
Déroulement des opérations de fonderie	10
Caractéristiques techniques du pont roulant.....	11
Synoptique général du circuit de fonderie.....	12
Schéma détaillé du pont roulant	13
Nomenclature du pont roulant	14
Schéma détaillé du treuil de levage	15
Chapitre 3 : Ensemble de traitement des fumées	17
Généralités	18
Extraction des fumées.....	19
Filtration des fumées	20
Pilotage de l'ensemble de traitement des fumées.....	21
Annexes	22
Annexe 1 : Schéma d'un four	23
Annexe 2 : Schéma d'une bobine d'induction.....	24
Annexe 3 : Descriptif d'un régulateur d'induction.....	25
Annexe 4 : Schéma de câblage du détecteur 3SQI250	26

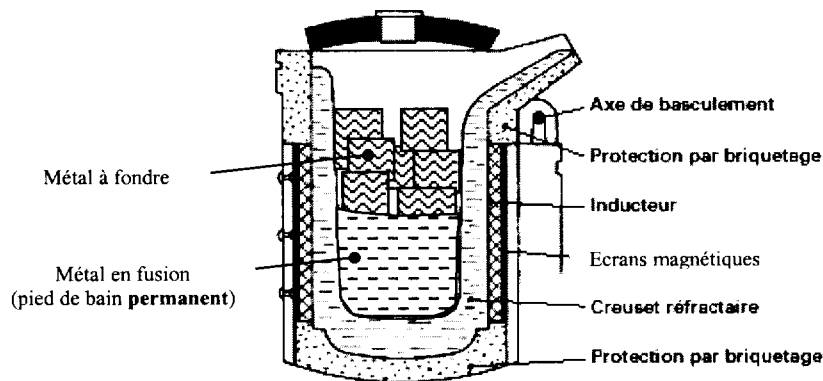
Chapitre 1 : Ensemble de fusion électrique

Ce chapitre décrit la conduite et l'alimentation en énergie électrique d'un four.

Sujet	Page
Généralités	4
Déroulement d'un cycle de fusion	4
Consommation d'énergie pour mise à température du métal liquide	5
Installation électrique	6
Régulation de puissance	7

Généralités

Les fonderies du Poitou utilisent trois fours à inductions d'une capacité de 38 tonnes et d'une puissance de 10800 kW chacun, pour alimenter leurs lignes de moulages. Chaque four (voir annexe 1) est constitué d'un inducteur refroidi à l'eau entourant un creuset constitué d'un garnissage en matériau réfractaire et d'écrans canalisant le flux de fuite magnétique.



La bobine ou inducteur (voir annexe 2) est l'organe essentiel du four qui induit le courant dans la charge. Elle est constituée d'un enroulement de 60 spires en 3 corps en cuivre pur électrolytique **alimenté en monophasé**.

Le matériau fondu est soumis aux forces de striction générées par la présence simultanée du champ électromagnétique et des courants induits. Celles-ci entraînent la formation d'un dôme et, par conséquent, la mise en mouvement du métal liquide. Le brassage qui en résulte permet une rapide absorption des composants et présente l'avantage de favoriser l'homogénéité du bain. En revanche, il présente l'inconvénient **d'user les parois réfractaires** du creuset et donc d'en réduire la durée de vie.

Déroulement d'un cycle de fusion

- L'opérateur affiche au pupitre de commande du four, la quantité d'énergie nécessaire pour amener la charge de métal à la température de coulée.
- La charge de 3,2 tonnes de métal à fondre est immergée dans le **pied de bain permanent du four (34,8 tonnes de métal liquide)** et la chauffe s'effectue à puissance constante (ajustable par l'opérateur en fonction du débit horaire de fusion voulu).
- Lorsque le four a consommé une quantité d'énergie égale à celle affichée par l'opérateur, la chauffe est automatiquement arrêtée.
- Le creuset est basculé pour évacuer 3,2 tonnes de métal en fusion vers les lignes de moulage.

Consommation d' énergie pour mise à température du métal liquide

Pour amener le métal à température de coulée, il est nécessaire de connaître la quantité d'énergie à lui fournir par tonne pour élever sa température de 100 °C. Cette énergie massique de réchauffage W exprimée en kWh/t (kilowattheure par tonne) est une fonction de la forme :

$$W = \frac{a x}{b x - 1}$$

où :

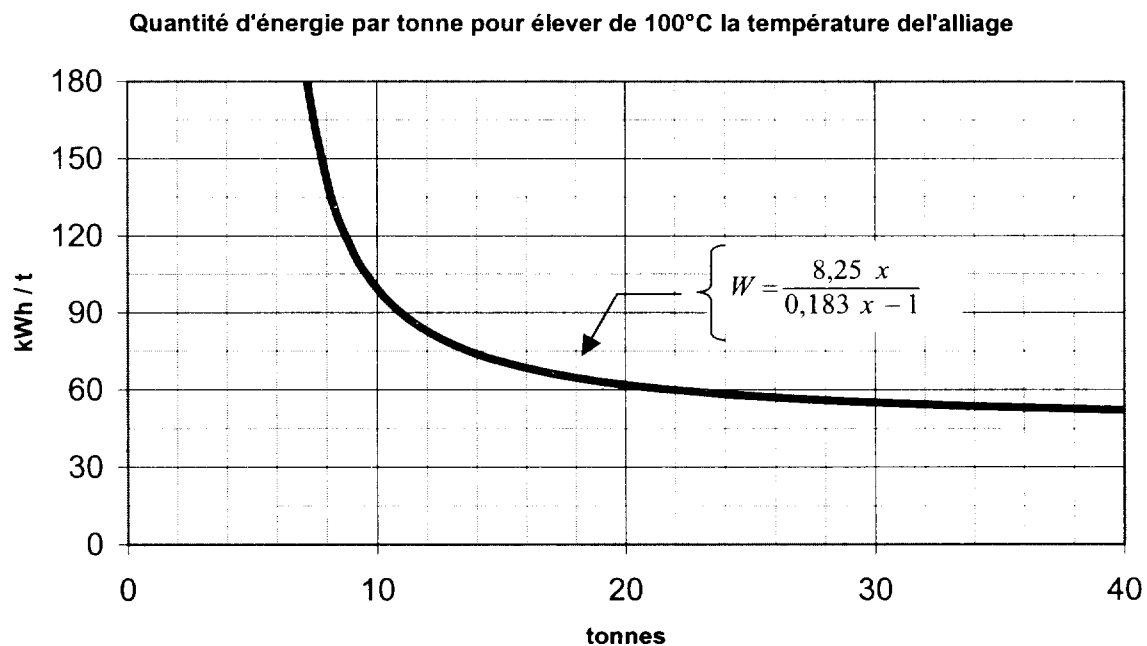
- x est la quantité de métal en tonnes, contenue dans le creuset,
- a, b sont des constantes qui dépendent du four.

Pour le four employé, la formule générale devient :

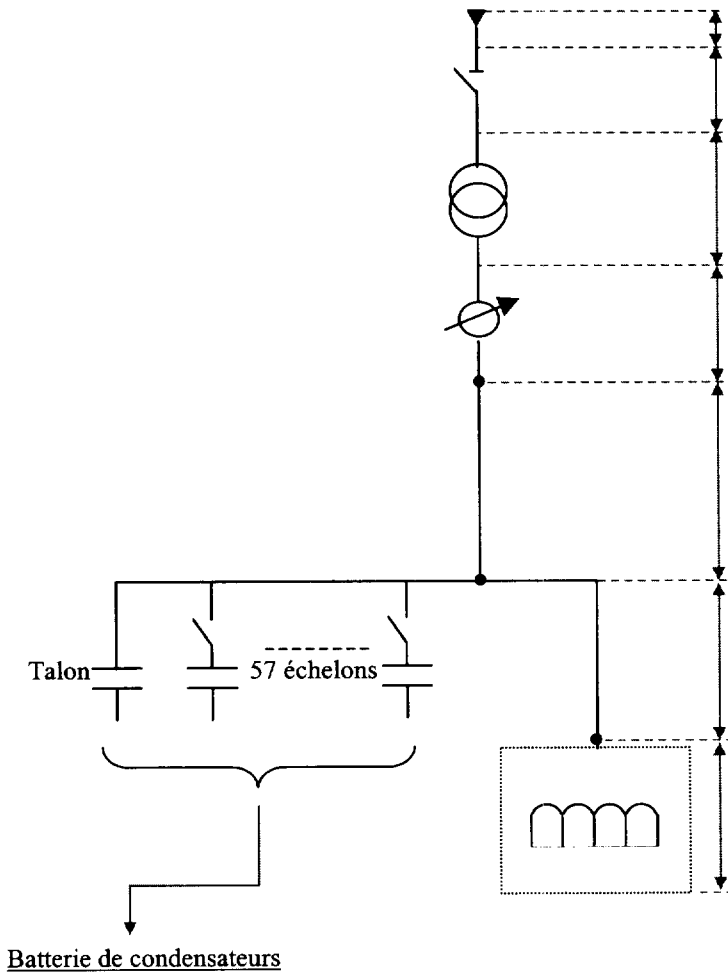
$$W = \frac{8,25 x}{0,183 x - 1}$$

Remarque 1 : en connaissant W , on peut ajuster avec une grande précision la température de coulée du métal à fondre. On peut éviter tout dépassement de la température en injectant la quantité d'énergie tout juste nécessaire.

Remarque 2 : cette courbe montre qu'il ne faut pas travailler avec un niveau trop bas de métal liquide dans le creuset et donne à l'utilisateur une bonne image du pied de bain minimal.



Installation électrique d' un four



Réseau 90 kV

Disjoncteur 160A

Transformateur monophasé 14020 kVA

Primaire 90 kV 156 A

Secondaire 3070 V 4566,7 A

Régulateur d'induction ± 250V

Intensité maxi 4385 A

Canalisation L1

section 2 x 6 conducteurs 1000 mm²

âme aluminium

isolant PVC

pose 6 conducteurs jointifs sur tablettes perforées

Canalisation L2

Four à induction ELPHIAC

Capacité 38 tonnes

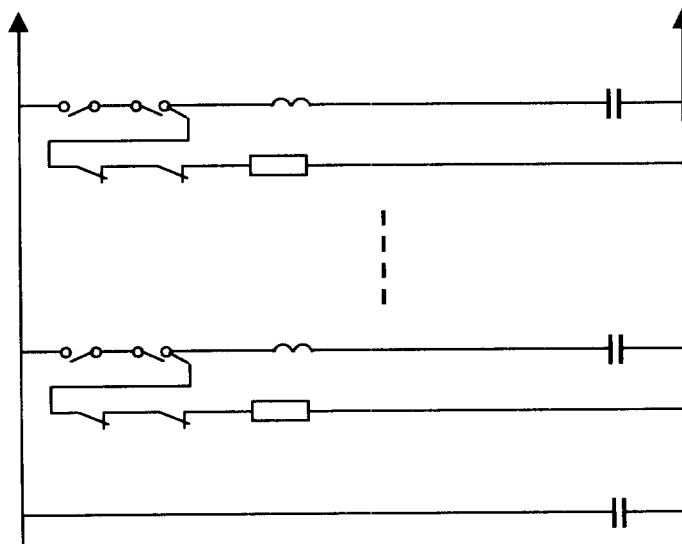
Imax 28000 A

Facteur de puissance

four neuf 0,158

four usé 0,137

Batterie de condensateurs



57^{ème} Échelon

666,6 kVar / 2920 V

1^{er} Échelon

666,6 kVar / 2920 V

Talon

43319 kVar / 2920 V

Chaque installation comprend :

- dans le poste de 90 kV
 - le sectionneur 90 kV
 - le transformateur 90kV/3kV avec un régleur tension en 5 prises (1000 à 3000V) réglable hors charge
 - le régulateur d'induction réglable en charge

- dans la salle des condensateurs
 - deux modules batterie de résonance avec les contacteurs de réglage
 - un module : contacteur de ligne (non représenté sur le schéma précédent),
 - châssis relayage de commande de climatiseurs
 - châssis relayage de commande couplage
 - châssis relayage de commande contacteur de ligne,
 - châssis relayage de commande résonance.

- les fours

Pour fournir à l'inducteur la puissance réactive demandée, on intercale entre le transformateur et l'inducteur un système formant, avec ce dernier, un circuit oscillant. L'inducteur apparaissant comme une inductance L , il convient de lui associer une capacité C qui sert à adapter l'impédance du four.

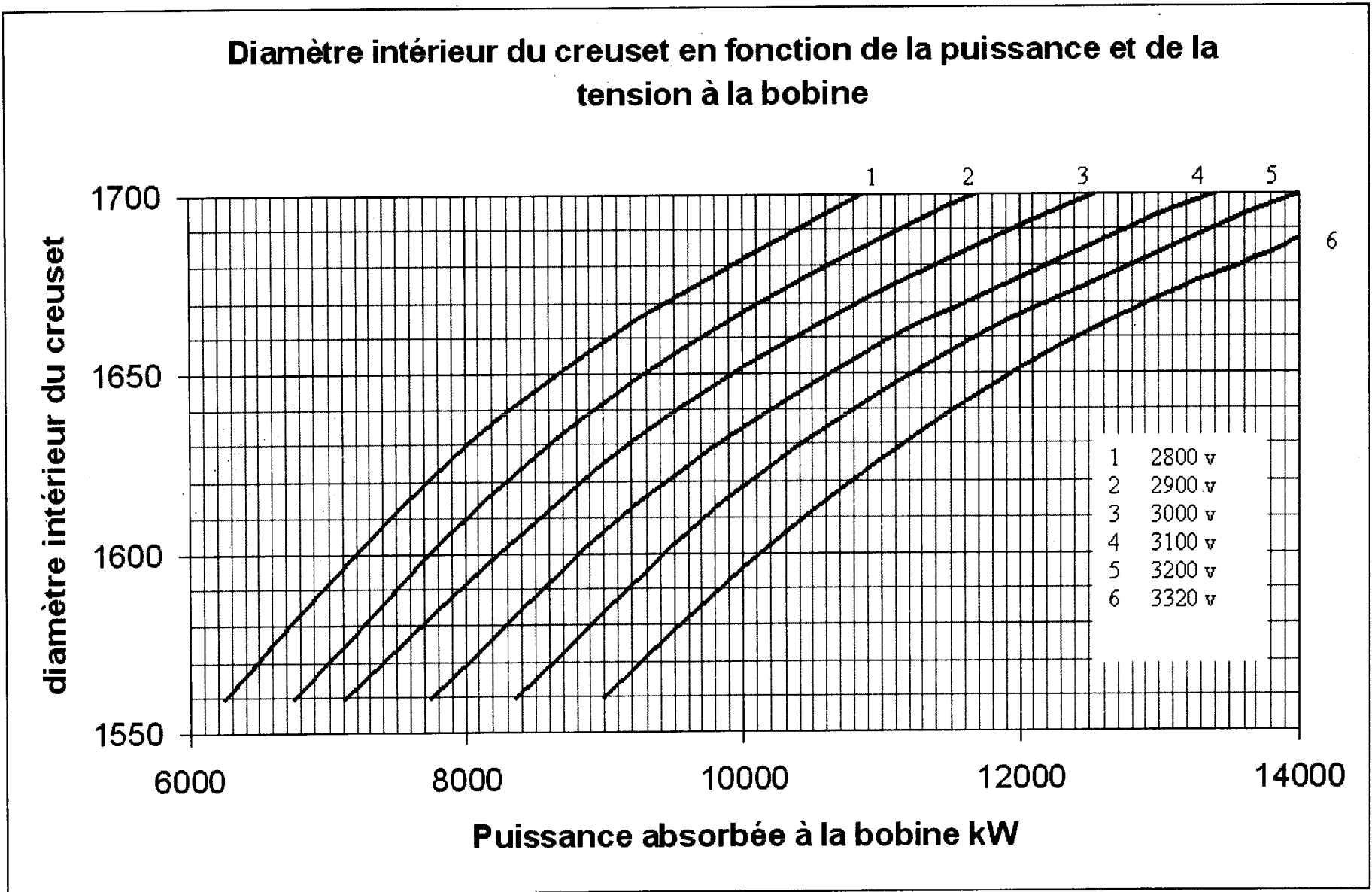
La capacité C est constituée :

- d'une part, d'un ensemble de condensateurs fixes (le talon),
- d'autre part , d'un ensemble de condensateurs commutables

Régulation de puissance

Le régulateur d'induction (voir annexe 3) ajuste la tension aux bornes de l'inducteur afin d'annuler l'écart existant entre la puissance absorbée par le four et la puissance de consigne fixée par le conducteur du four. **Par conséquent la puissance électrique absorbée par le four est constante et égale à la consigne fixée par le conducteur du four.**

Le graphique de la page suivante montre la relation existant entre l'usure du creuset, la tension d'alimentation et la puissance absorbée par un four.



Chapitre 2 : Préparation des charges - chargements

Sujet	Page
Déroulement des opérations de fonderie	10
Caractéristiques techniques du pont roulant	11
Synoptique général du circuit de fonderie	12
Schéma détaillé du pont roulant	13
Nomenclature du pont roulant	14
Schéma détaillé du treuil de levage	15

Déroulement des opérations de fonderie

Un wagon permet l'approvisionnement en matière première et amène les packs de tôle en provenance de l'extérieur de l'usine, ou bien les rebuts en provenance des opérations de fonderie précédentes. Le pont roulant situé au dessus permet de transférer les matériaux du wagon vers les réserves de stockage d'une part, puis de celles-ci vers les cinq vibrants. Ce sont des bacs disposés en hauteur et animés d'un mouvement vibratoire qui permet de faire tomber progressivement les matériaux dans les bennes de transfert. Elles sont suspendues à un rail et sont amenées par celui-ci à un ascenseur qui va les mettre en position supérieure de manière à pouvoir passer au dessus des fours et déverser leur contenu. La fonte une fois liquide est alors transférée vers la coulée de manière à réaliser les pièces à mouler. La benne vide continue son circuit vers un descenseur qui la remet au niveau inférieur de façon à recevoir un nouveau chargement sous un vibrant et le cycle recommence.

Fonctionnement du pont roulant

Le pont roulant se déplace en permanence au dessus de la zone d'approvisionnement qu'il couvre parfaitement en combinant le déplacement du chariot **B** (mouvement de direction) et le déplacement du pont **A** (mouvement de translation). L'électro-aimant **1** permet de « saisir » la charge à transporter.

Le mouvement de translation du pont **A** est obtenu grâce à l'action combinée de deux moteurs **18** situés à chaque extrémité de celui-ci . Le mouvement de rotation est transmis par un accouplement **19** à un réducteur **17** qui actionne en sortie un galet moteur **21** roulant sur un rail et permettant ainsi le déplacement du pont (sens longitudinal) sur les rails **23**. Un frein à disque **20** est disposé sur l'arbre moteur. Chaque galet moteur est accompagné d'un galet porteur **22**.

Le mouvement de direction du chariot **B** est obtenu de la même manière (Le moteur **14** agit sur le réducteur **11** par l'intermédiaire de l'accouplement **10**, ce qui entraîne les galets moteurs **13** sur les rails **16**, les galets **15** étant simplement porteurs). Le déplacement se fait dans le sens transversal. Un frein à disque **12** est disposé sur l'arbre moteur.

Le levage est obtenu grâce à un moteur **4** actionnant un réducteur **6** au moyen d'un accouplement **5**. Le mouvement de rotation est transmis au tambour **9** qui enroule simultanément les deux brins du câble **3** (les deux extrémités sont fixées sur le tambour). Ces deux brins soutiennent les deux poulies **2** du moufle grâce à la poulie folle **8** fixée en haut sur le bâti. Ceci revient à faire soulever la charge par quatre brins de câble en tout. L'électro-aimant est suspendu au moufle par un crochet et des élingues. Un frein à disque **7** est disposé sur l'arbre moteur comme dans les deux motorisations précédentes.

Une cabine de commande **C** est accrochée sous le pont et se déplace le long de celui-ci au moyen d'un rail, grâce à une motorisation indépendante des précédentes. Les trois mouvements du pont (translation, direction, levage) sont commandés à partir de cette cabine par le technicien qui s'y trouve. Par raison de sécurité, il la positionne toujours suffisamment éloignée du palan de façon à ne pas être heurté par la charge ou l'électro-aimant. Cela lui permet aussi d'avoir une vue d'ensemble de l'opération de transfert à réaliser (du wagon vers les réserves ou des réserves vers les vibrants).

Caractéristiques techniques du pont roulant**Système de levage (1 moteur et 1 réducteur)**

- Capacité de levage : 8 tonnes
- Force d'attraction de l'électro-aimant : 37500 N
- Vitesse maximale de levage 0,375 m/s
- Course maximale de levage $h = 10$ m
- Masse de l'électro-aimant 4750 kg
- Masse des chaînes $m_c = 150$ kg
- Masse du mouflage $m_f = 100$ kg
- Diamètre d'enroulement du tambour 600 mm
- Inertie du tambour $I_T = 40$ kg.m²
- Longueur du tambour $L = 1,33$ m
- Réduction du réducteur $r = 1/63$
- Rendement du réducteur $\eta_r = 0,8$
- Rendement du treuil (tambour + mouflage) $\eta_t = 0,9$
- Inertie du frein $I_f = 0,08$ kg m²
- Inertie de l'accouplement $I_a = 0,005$ kg m²
- Inertie du réducteur ramené sur l'axe moteur $I_r = 0,04$ kg m²
- Diamètre des poulies du moufle $D_i = 600$ mm

Mouvement de direction du chariot (1 moteur et 1 réducteur)

- Masse maximale à transférer $m = 8$ tonnes
- Vitesse maximale de déplacement 60m/min
- Course maximale 24,2 m
- Réducteur réduction 1/20
- Temps de mise en régime $t = 3$ s
- Diamètre primitif du galet moteur $D = 250$ mm

Mouvement de translation du pont (2 moteurs et 2 réducteurs)

- Vitesse maximale de déplacement 90 m/min
- Course maximale 60 m
- Réducteur réduction 1/25
- Temps de mise en régime $t = 3$ s
- Diamètre primitif du galet moteur $D = 315$ mm

Synoptique général du circuit de fonderie

