

**COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER**

RECUEILS DE RECHERCHES CHARBON

Chaudière de chauffage central à coke

**Technique de
combustion**

**Recueil
N°
14**

BRUXELLES 1969

Aux termes de l'article 55, alinéa 2, c, du traité instituant la Communauté européenne du charbon et de l'acier, la Haute Autorité encourage la recherche intéressant le charbon et l'acier, notamment en accordant des aides financières. La présente brochure rend compte de l'exécution et des résultats de l'un de ces projets de recherche.

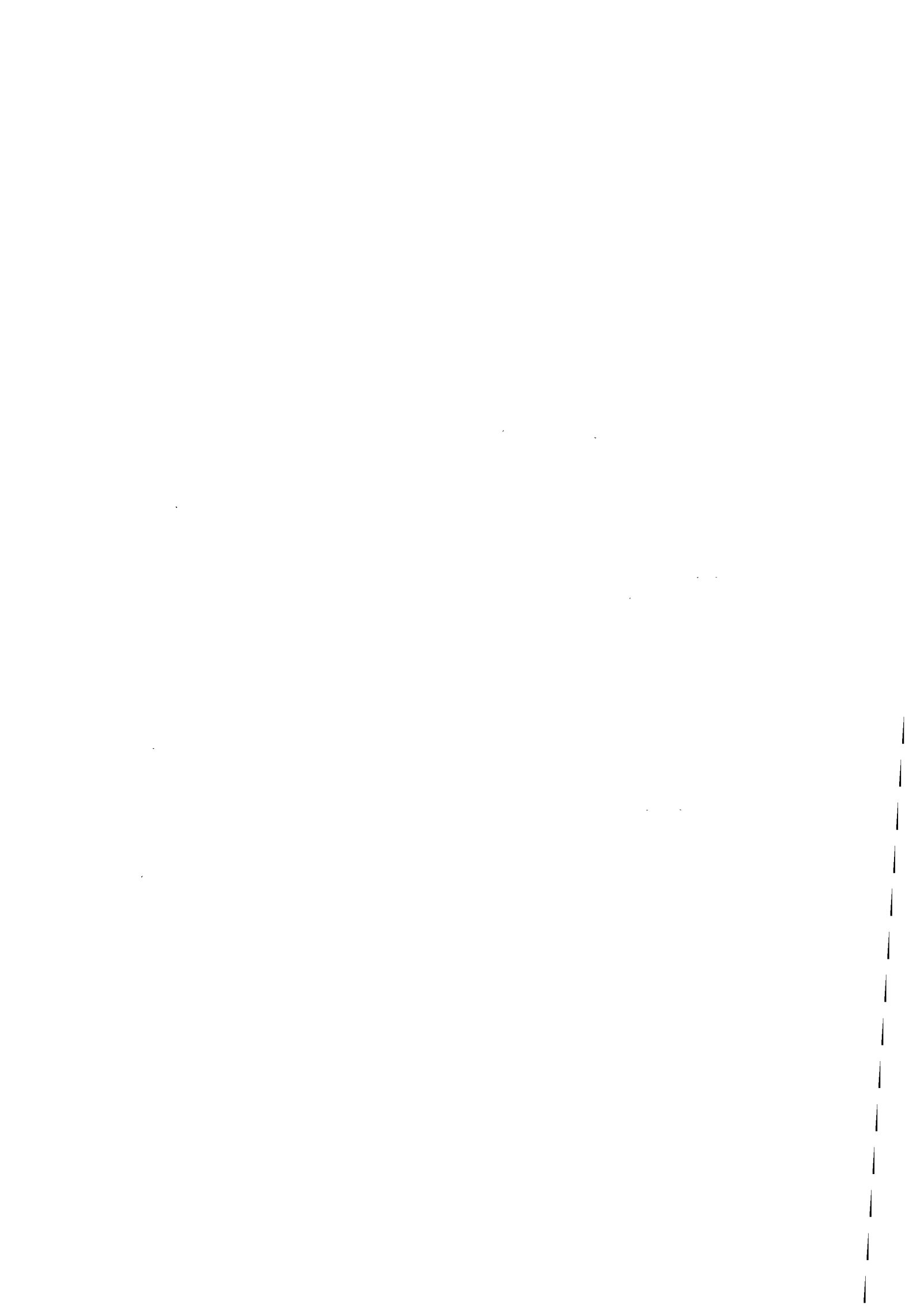
En conséquence du traité de fusion du 8 avril 1965, la Commission unique des Communautés européennes exerce les pouvoirs et les compétences dévolus à l'ex-Haute Autorité.

**RAPPORT DÉFINITIF SUR LA MISE AU POINT, À LA STATION CENTRALE D'ESSAIS,
D'UNE CHAUDIÈRE DE CHAUFFAGE CENTRAL CONÇUE POUR BRÛLER DU
COKE ET MUNIE DE DISPOSITIFS SPÉCIAUX POUR L'ÉVACUATION DES CENDRES
ET POUR AUGMENTER LA COMMODITÉ DU SERVICE**

C. J. Naarding

Table des matières

	Page
I — But	7
II — Réalisation	7
III — Résultats	7
IV — Introduction	8
V — Chronologie des recherches	9
VI — Description de la chaudière	10
VII — Résultats trouvés pour certaines grandeurs thermiques	11
VIII — Résultats des essais pratiques effectués dans des immeubles	12
IX — Situation en ce qui concerne les brevets	13
X — Divers stades de la mise au point de quelques détails d'exécution de la chaudière	14
XI — Résumé	16
Annexe	17



I — BUT

Ces essais ont eu pour but de mettre au point une chaudière de chauffage central destinée à brûler du coke (calibre 30-40 mm et 40-60 mm) et qui, par rapport à la chaudière classique à coke constituée de sections en fonte, présente de sérieux avantages, notamment :

- 1) Évacuation mécanique des cendres, sans production de poussières directement dans la poubelle normalisée, d'une contenance de 35 l, utilisée par de nombreux services communaux d'immondices, notamment à Heerlen ;
- 2) Suppression des inconvénients dus à la formation de mâchefers, même lors de longues périodes de chauffe, au maximum de la charge ;
- 3) Réduction de la durée de l'entretien par 24 heures ;
- 4) Réglage simple et sûr de la charge ;
- 5) Pour de faibles charges, possibilité de réaliser un chauffage de longue durée (environ 48 heures) sans surveillance et avec une bonne possibilité de réglage jusqu'à environ 10 % de la capacité ;
- 6) Rendements comparables à ceux obtenus pour les chaudières classiques ;
- 7) Prix d'achat comparable, et ce malgré les dispositifs supplémentaires ci-dessus, à celui de la chaudière classique conçue pour utiliser le coke.

II — RÉALISATION

Des recherches approfondies, effectuées sur des chaudières expérimentales, tant en laboratoire que dans des immeubles, ont permis de mettre au point un type de chaudière qui, ainsi qu'on le montre plus loin, satisfait en grande partie aux exigences énoncées sous I.

Il s'agit d'une chaudière de 30 000 kcal/h (diamètre sans calorifuge 700 mm) et d'une chaudière de 22 000 kcal/h (diamètre sans calorifuge 600 mm), toutes deux d'un principe identique. Le type définitif qu'on a réalisé est celui de 22 000 kcal/h. Les schémas et les photographies reproduits en annexe en montrent le principe de construction.

III — RÉSULTATS

- 1) Posée sur trois pieds en acier, la chaudière ménage, au-dessus du niveau du sol, un espace qui permet de loger une poubelle du type normalisé.

Le décrassage du feu se fait en faisant pivoter les barreaux en fonte de la grille à l'aide d'un levier commandé à la main, grâce à un encliquetage. Les cendres tombées sont rassemblées dans le fond de la chaudière à l'aide de racleurs jusqu'à une ouverture et déversées dans la poubelle placée sous cette ouverture au moyen d'un dispositif étanche.

- 2) La surface de grille est relativement grande, eu égard à la capacité des deux chaudières, aussi est-il possible de faire fonctionner celles-ci avec une assez basse consommation unitaire

à la grille. Exprimée en kcal/h et par m² de surface de grille, celle-ci atteint environ 110 000 pour l'une et l'autre chaudière. Ceci correspond, pour le coke utilisé dont le pouvoir calorifique est de 6 900 kcal/kg, à une consommation de 16 kg/h par m².

Cette faible consommation unitaire à la grille, par rapport aux chaudières classiques à coke, permet d'éviter la formation de mâchefers quelles que soient les conditions de fonctionnement.

- 3) La forte réserve de combustible, conséquence du principe adopté (conduire la combustion de haut en bas), ainsi que la grande surface de grille permettent de se contenter, par temps froid normal, d'un seul remplissage par 24 heures.

Des essais en laboratoire ont montré qu'un remplissage complet de coke permet de chauffer à pleine charge pendant 8 à 9 heures (pour les chaudières classiques, cette durée est de 2 à 3 heures). D'après les essais en service, un dégrassage par 24 heures suffit, dans les mêmes conditions. On évalue la durée moyenne de celui-ci à 15 à 20 minutes. Par temps très froid, il est nécessaire d'alimenter et de dégrasser deux fois par 24 heures, tandis que, au printemps et à l'arrière-saison, une fois par 48 heures suffit. Suivant la température extérieure, la poubelle doit être remplacée deux ou trois fois par semaine.

4) La chaudière est équipée d'un thermostat de réglage, de construction Box, établi sur le circuit des fumées ; suivant la température de celles-ci, cet appareil règle l'amenée d'air à la chaudière par une ouverture triangulaire qui peut être obturée totalement ou partiellement au moyen d'une lamelle flexible en caoutchouc. On a choisi le réglage d'après la température des fumées pour éviter la surcharge et, partant, la formation de mâchefers pendant la période de réchauffage de la masse d'eau. Un thermostat qui agirait d'après la température de l'eau ne convient pas. En pratique, ce type de réglage s'est montré suffisant. Toutefois, il faut le contrôler chaque année.

5) Grâce au réglage et à la grande réserve de combustible, il est possible de laisser le feu sans surveillance pendant 48 heures. Toutefois, il n'a pas été possible de toujours maintenir, pendant cette période, une consommation minimum de 10 %.

On a constaté qu'en ce qui concerne la charge minimum correspondant au régime de nuit, le coke de petit calibre convient mieux que le gros.

6) Pour les deux types de chaudières, on obtient approximativement le même rendement.

Par des mesures, on a évalué à 15 à 20 % la perte à la cheminée pour la capacité maximum. La chaleur cédée directement à l'ambiance peut, pour la chaudière avec enveloppe de

calorifuge, s'établir à environ 4 %. La chaleur utile servant à réchauffer l'eau, environ 78 %, est du même ordre de grandeur que pour les chaudières classiques chauffées au coke. Aux charges réduites, on obtient en général des rendements encore plus élevés.

Si l'on peut atteindre ces excellents rendements, c'est grâce au système de postcombustion dont on a doté la chaudière et qui, même pour les charges réduites, maintient à une faible valeur la teneur en imbrûlés dans les fumées.

7) En ce qui concerne la construction, on a toujours tenu compte du prix de revient final de l'appareil. Le principe de la chaudière est très simple. Il consiste en deux cylindres métalliques surmontés de fonds bombés.

La grande rigidité de ce mode de construction a permis de se passer d'entretoises intérieures. En dépit de la simplicité des autres éléments de la chaudière, le prix de revient calculé approximativement dépasse cependant celui des chaudières similaires en fonte, mais il n'est pas possible de se faire une idée exacte de ce prix de revient, car les calculs n'ont jamais été effectués pour une fabrication en série de quelque importance.

Remarque :

La S.A. Stamicarbon a fait breveter trois détails de construction :

1) Brevet néerlandais n° 10.305
Le placement, sous la chaudière, d'une poubelle munie d'un dispositif d'accrochage, et le principe adopté pour amener l'air primaire de combustion.

2) Brevet néerlandais n° 104.609
Le dispositif d'évacuation des cendres à double fond, permettant de recueillir celles-ci dans un sac en plastique.

3) Brevet néerlandais n° 104.608
Le clapet d'air primaire constitué d'une lamelle de caoutchouc.

Pour les numéros de dépôt de ces brevets, obtenus dans d'autres pays, voir sous IX.

IV — INTRODUCTION

Pour implanter l'usage du coke dans le chauffage central des maisons qui abritent un seul ménage, il faut pouvoir disposer, pour ce combustible, d'appareils de chauffage à bon marché et d'un entretien facile.

Les chaudières à coke existantes sont en général composées de sections en fonte et munies, le cas échéant, d'une simple grille oscillante. L'étude de ces chaudières a montré que si leur prix d'achat

n'est pas élevé leur entretien est loin d'être facile, et ceci pour les raisons suivantes :

- 1) Faible réserve de combustible, ce qui réduit la durée du régime de nuit et exige des chargements fréquents ;
- 2) Pour des charges assez élevées, il se forme tellement de mâchefers que la grille oscillante n'en permet pas l'évacuation ;
- 3) Le mécanisme de décrassage — s'il existe — est commandé de l'extérieur, la porte du cendrier étant fermée. Toutefois, le dégagement de poussières, lors de la vidange du cendrier, est une source d'ennuis ;

- 4) En général, les thermostats adaptés à ces chaudières conviennent, mais l'étanchéité des portes laisse à désirer la plupart du temps, de sorte que le régime de nuit met trop longtemps pour s'établir ;
- 5) Les inconvénients repris ci-dessus en 1, 2 et 3 allongent notablement la durée de l'entretien ; en période de froid normal, celui-ci doit certainement se répéter trois fois par jour.

Le but primordial des recherches pour mettre au point un nouveau type de chaudière à coke a été de remédier aux inconvénients ci-dessus énumérés.

V — CHRONOLOGIE DES RECHERCHES

Au début de 1960 ont eu lieu les premiers échanges de vues destinés à dégager les exigences auxquelles devrait répondre la nouvelle chaudière à coke.

Le bureau de dessin a livré, en avril 1960, un premier projet de cet appareil, d'où est sorti, le 3 août 1960, un premier prototype.

Le prototype résultant de ce premier projet (chaudière de 30 000 kcal/h) a été mis à l'essai jusqu'à la fin de 1961, avec diverses modifications apportées surtout au mode de construction.

Entre temps, à la fin de 1960, deux autres exemplaires ont été installés dans des immeubles afin d'y subir des essais en service.

En septembre 1961, le nombre de ces chaudières d'essai dans des immeubles a été porté à huit.

Au début de 1962, on a établi le projet d'une chaudière du même type, mais de dimensions et de capacité plus faibles (22 000 kcal/h), dont deux exemplaires ont été construits et mis à l'essai.

C'est également au début de 1962 que remonte la collaboration de la Ruhrkohlen-Beratung d'Essen, qui a étudié dans ses laboratoires le deuxième exemplaire de la chaudière susdite.

Vers cette période, nous avons également pris contact avec la société Klöckner-Ferromatik, à Castrop-Rauxel, qui s'intéressait à la fabrication de cette chaudière. Un exemplaire de la grosse

chaudière (30 000 kcal/h) a été envoyé à cette firme aux fins d'essais. Par après, Klöckner a décidé, avant de procéder à ceux-ci, d'attendre les résultats obtenus à la Ruhrkohlen-Beratung d'Essen.

Les essais effectués en 1962 tant à la station centrale d'essais qu'à la Ruhrkohlen-Beratung d'Essen avaient surtout pour but de remédier aux difficultés inhérentes aux trop fortes teneurs en imbrûlés dans les fumées (principalement pour le coke de petit calibre) et à la trop faible durée du régime de nuit (surtout si l'on consomme du coke de gros calibre).

La Ruhrkohlen-Beratung a réalisé avec succès des essais en utilisant un dispositif spécial de post-combustion. Ce dispositif consiste en une série de tuyauteries en oblique par rapport à l'axe de la chaudière. Ces tuyauteries plongent dans le lit de feu jusqu'à une certaine distance (environ 250 mm) au-dessus de la grille et débouchent à leur partie supérieure juste au-dessus du lit de feu. De cette façon, la chaudière reçoit ou ne reçoit aucun apport d'air secondaire. Ceci a permis de ramener à une valeur acceptable les teneurs en imbrûlés. Également en ce qui concerne le régime de nuit, ce dispositif a donné de meilleurs résultats.

La station centrale des Staatsmijnen a, elle aussi, expérimenté divers dispositifs. Une question importante restait à régler en ce qui concerne le dispositif susdit de postcombustion : sans en assurer la réfrigération, aurait-il une durée de service suffisante et, si c'est le cas, en quel matériau conviendrait-il de le construire ?

Pour y répondre, on a équipé de ce dispositif, pendant une saison de chauffage, les chaudières expérimentales installées dans des immeubles. La saison terminée, on a constaté une forte corrosion à un certain nombre de chaudières ; pour d'autres, on ne pouvait parler que de faible corrosion. En définitive, cette expérience n'a pas permis d'apporter à cette question une réponse tout à fait satisfaisante.

Au début de 1963, on a construit un second prototype de la chaudière de 22 000 kcal/h qui ne comportait que quelques modifications de détail, relatives surtout à la forme et au fini, de manière à

en soigner l'exécution. On a soumis ce prototype plus ou moins définitif à divers essais de contrôle de combustion et on a déterminé à nouveau les rendements et la durée du régime de nuit. Au terme de ces essais, les Staatsmijnen et surtout la Ruhrkohlen-Beratung ont tenté d'intéresser les fabricants de chaudières à la construction en série de ce type. Ces tentatives sont restées vaines devant la sérieuse détérioration de la situation quant à l'emploi des chaudières à coke pour le chauffage central des immeubles et devant le prix relativement élevé de ce nouveau type, en dépit des efforts déployés lors de l'établissement des projets et de la mise au point de celui-ci.

VI — DESCRIPTION DE LA CHAUDIÈRE

Le choix du projet définitif s'est fixé sur une chaudière cylindrique en tôle d'acier, d'une capacité d'environ 22 000 kcal/h. Les figures 1, 2 et 3 permettent de se faire une idée de sa forme et de sa construction. La grille plate, en fonte, pivote grâce à un levier qui commande une roue à rochet et, par une ouverture ménagée à l'avant du fond de la chaudière, les cendres tombent dans une poubelle normalisée, accrochée en dessous.

La chaudière repose sur trois pieds, de manière à pouvoir loger en dessous la poubelle normalisée et commander le mouvement de la grille. La chaudière consiste en deux cylindres concentriques, refroidis par l'eau et fermés à leur partie supérieure par un fond à basse pression. Précisons-en les caractéristiques :

1) Dimensions principales :

- diamètre : 700 mm (avec enveloppe de calorifuge),
- hauteur : 1 800 mm,
- hauteur, au-dessus du sol, du bord inférieur de la porte de chargement : 1 125 mm.

2) Surface de grille : 0,255 m².

Consommation unitaire à la grille : environ 110 000 kcal/m²/h, soit environ 16 kg/m²/h (pour du coke dont le pouvoir calorifique est de 6 900 kcal/kg).

La consommation unitaire est relativement basse, ce qui permet d'éviter la formation de mâchefers.

3) Sur la grille repose un anneau mobile en tôle, dont les dimensions, si la grille se place un peu de travers par rapport à la chaudière, empêchent des morceaux de coke de se coincer entre la paroi de celle-ci et la grille.

4) Le système de combustion réalise, dans les grandes lignes, la « combustion » par le dessus. Des tuyaux en matériau à haute résistance empêchent, lorsque la chaudière est complètement remplie, la formation d'imbrûlés gazeux. La figure 4 donne des détails sur ces tuyaux dont l'utilité peut se résumer comme suit :

Deux tuyaux, dont la base se trouve à environ 250 mm au-dessus de la grille, aspirent à l'extérieur du lit de feu les fumées qui, du fait qu'elles n'ont traversé qu'une couche relativement mince de combustible, ne renferment que peu de CO. De plus, la température à la sortie de ces tuyaux est assez élevée pour permettre la postcombustion à l'aide de l'air secondaire.

On a adopté ce système des deux tuyaux disposés obliquement parce qu'il permet de réaliser, à une vitesse régulière, la combustion au-dessus de la grille, ce qui prévient la formation de mâchefers.

5) La régulation se fait grâce à un thermostat (de marque Box) placé dans le circuit des fumées, et grâce à une lamelle flexible en caoutchouc qui peut obturer complètement ou partiellement l'ouverture triangulaire d'arrivée de l'air. L'air primaire est amené sous la grille en passant par le cendrier.

- 6) Dix petites ouvertures de 10 mm de diamètre pratiquées dans la porte de chargement servent à amener l'air secondaire au-dessus du lit de feu.
- 7) La construction de cette porte de chargement est remarquable. L'ouverture, assez grande, est fermée par une tôle en acier de 1 mm d'épaisseur, munie d'une plaque réfractaire suspendue d'un côté par des charnières réglables et appliquée contre l'ouverture de chargement grâce à un dispositif spécial.

- 8) Pour réaliser une meilleure utilisation des gaz au-dessus de la masse incandescente, on a expérimenté deux chicanes qui agissent sur les fumées encore chaudes (voir fig. 5a et 5b). Ces deux dispositifs augmentent l'effet utile, en réduisant la perte par chaleur sensible. Les essais n'ont pas encore permis de dire quel type de chicanes il faut préférer ; ce choix dépend, entre autres, des avantages que révélerait une construction en série, mais, pour les facilités de nettoyage, le type représenté à la figure 5a l'emporte.

VII — RÉSULTATS TROUVÉS POUR CERTAINES GRANDEURS THERMIQUES

Les épreuves ont été effectuées sur une chaudière du projet définitif (capacité : 22 000 kcal/h avec revêtement en calorifuge). Tant à la station centrale d'essais qu'à la Ruhrkohlen-Beratung, le combustible utilisé était du coke de dimensions variées. Ces essais visaient tout d'abord à déterminer le rendement obtenu pour diverses charges et pour une longue période de fonctionnement à charge réduite.

La figure 6 reproduit, en fonction de la chaleur utile produite, les résultats obtenus pour les diverses grandeurs étudiées, en utilisant comme combustible le coke 3 (calibre 30-40 mm).

Les valeurs du tableau ci-dessous, reportées sur ce graphique, peuvent être considérées comme les moyennes des différents essais sur ce combustible.

	Puissance nominale de la chaudière	
	22 000 kcal/h	11 000 kcal/h (50 %)
CO ₂ (en %)	16,9	13,5
CO (en %)	1,5	1,0
t _r — t _o (° C)	325,0	166,0
V _v (en %)	13,8	8,0
V _b (en %)	4,7	4,8
η _{ind} (en %)	80,0	86,0
V _s (en %)	3,0	6,0
η _{dir} (en %)	77,0	80,0

Les symboles utilisés ont la signification suivante :

t_r — t_o : température des gaz de fumées — température ambiante.

- V_v : perte par chaleur sensible (en %).
- V_b : perte par imbrûlés dans les gaz de fumées (en %).
- η_{ind} : effet utile, déterminé indirectement (100 % — V_v — V_b — 1 %).
Pour la perte par imbrûlés solides dans les cendres, on a tablé sur 1 %.
- V_s : chaleur cédée directement par la chaudière à l'ambiance par rayonnement et par convection.
- η_{dir} : effet utile, rapporté à la chaleur cédée à l'eau du chauffage (il est égal à η_{ind} — V_s).

Les essais relatifs au régime de nuit, effectués avec du coke 3, ont donné les résultats ci-dessous :

- A condition de charger la chaudière au maximum, il est possible, avec ce combustible, de maintenir le régime de nuit pendant 50 à 60 heures sans surveiller la chaudière. Au cours de cette période, la charge était de 15 à 20 %.
- Pour un régime de nuit de courte durée — 14 heures — on a pu descendre à une charge minimum de 9 à 10 %.

Ces essais de laboratoire ont encore permis de constater ce qui suit :

- Les inconvénients de la formation de mâchefers ne se sont pas produits, c'est-à-dire que toutes les cendres ont pu être évacuées facilement par le mécanisme de décrassage.

- A condition de charger la chaudière au maximum de combustible, il a été possible de maintenir la charge maximum pendant 8 à 9 heures.
- Le thermostat, qui fonctionne d'après la température des gaz de fumées, a réglé la charge d'une manière tout à fait satisfaisante.
- Le mécanisme de décrassage n'a donné lieu à aucun incident.
- L'accrochage de la poubelle en dessous de la chaudière était satisfaisant, mais l'étanchéité du joint en amiante devait être constamment contrôlée.
Le remplacement de ce matériau par un autre matériau réfractaire plus élastique peut apporter des améliorations.
- La grille en fonte a apparemment bien résisté à la chaleur et aux sollicitations mécaniques.

Par contre, à tisonner le feu *par dessous* la grille, on risque de détériorer celle-ci.

Les résultats qu'on vient de citer quant aux rendements et aux régimes de nuit valent surtout pour le coke 3 (30-40 mm).

Pour le coke 2 (40-60 mm), le présent rapport ne donne aucun résultat de mesures. Les essais précédents ont montré qu'on pouvait escompter des rendements analogues.

Sans doute, les teneurs en imbrûlés sont plus faibles, mais ceci est contrebalancé par une perte par chaleur sensible plus élevée pour les gaz de fumées.

En ce qui concerne le régime de nuit, le coke 2 présente des résultats moins favorables que ceux obtenus pour le coke 3. Pour des charges similaires, on n'a pu atteindre qu'une durée d'environ 30 heures.

VIII — RÉSULTATS DES ESSAIS PRATIQUES EFFECTUÉS DANS DES IMMEUBLES

Comme on l'a déjà signalé sous V, dès le début des essais on a installé des chaudières expérimentales dans des immeubles, afin de les soumettre à des essais pratiques.

Il s'agit de deux chaudières des premiers types réalisés, et de neuf de modèle plus récent, mais toutes du plus grand modèle, de 30 000 kcal/h.

L'expérience pratique acquise dans le domaine de la combustion et dans celui de la construction se résume comme suit :

- 1) Dans tous les cas (immeubles d'environ 500 m³), la capacité des chaudières a été suffisante. Même par les froids les plus rigoureux, l'immeuble était amené à la température requise en un temps assez bref. On a pu réaliser un régime réduit suffisamment bas et la chaudière a pu le maintenir également pendant une longue période.
- 2) Le dispositif d'allumage pour la postcombustion a rempli son rôle dans tous les cas. Pratiquement, il ne s'est pas produit de mâchefers, sauf dans un cas, vraisemblablement à cause d'un décrassage insuffisant au cours d'une longue période à forte charge.

- 3) Par froid normal, l'entretien n'a pas exigé plus de 15 à 20 minutes par 24 heures, soit chargement de la chaudière et nettoyage du feu au moyen du dispositif de décrassage.

Par froid rigoureux, il a fallu charger et décrasser deux fois par 24 heures ; au printemps et à l'arrière-saison, une fois tous les deux jours. De plus, suivant la température extérieure, on a dû remplacer la poubelle remplie par une poubelle vide, à raison de deux ou trois fois par semaine.

- 4) Le réglage de la charge à l'aide du thermostat branché sur le circuit des gaz de fumée a donné pleine et entière satisfaction. En pratique, il ne s'est pas produit beaucoup de pannes, mais un contrôle de cet appareil après chaque saison de chauffe s'est révélé souhaitable. Dans un seul cas, on s'est plaint d'une reprise trop lente du feu, mais cet inconvénient pouvait provenir de défauts à la cheminée.
- 5) Il n'a pas été possible de tirer des conclusions bien nettes en ce qui concerne la consommation de combustible. Dans certains cas, on s'est plaint de ce que cette chaudière consommait plus que la précédente ; dans quelques autres cas, c'était le contraire et on a même

parlé de consommations plus faibles. Il n'a pas été possible de lever ces contradictions. On peut s'attendre à ce que la vérité soit quelque part entre les deux opinions et que, eu égard aux déterminations du rendement en laboratoire, la consommation de combustible soit du même ordre de grandeur que pour les chaudières à coke classiques.

- 6) Quelques éléments des chaudières ont, dans la pratique, donné lieu à des inconvénients. Notamment, l'anneau intérieur en acier qui, dans certains cas, s'est déformé et a brûlé en partie. Après enlèvement de cet anneau, on s'est aperçu que le mécanisme de décrassage fonctionnait tout aussi bien qu'auparavant. En pratique, il en résulte que cet organe n'est pas indispensable et qu'on peut franchement s'en passer.

Les chaînes qui servent à tirer la poubelle sous la chaudière contre le dispositif d'étanchéité s'étant brisées dans un certain nombre de cas, on les a remplacées par de plus fortes.

Parfois le joint en amiante de la poubelle a dû être remplacé. Il est possible de perfectionner

cet élément en le remplaçant par un matériau plus élastique et en améliorant le centrage. Si l'étanchéité n'est pas bien assurée, des rentrées d'air irrégulières peuvent se produire, qui restreignent le régime à faible charge et, dans certaines circonstances, peuvent même porter l'eau de la chaudière à l'ébullition.

- 7) Au cours de la dernière saison de chauffage (1963-1964), on a placé sur toutes les chaudières des dispositifs de postcombustion ; sur certaines, ce dispositif consistait en un tuyau central en fonte ordinaire, sur d'autres, il s'agissait d'un double tuyau oblique en acier inoxydable (voir fig. 4).

Dans un certain nombre de cas, on n'a relevé aucune amélioration sensible de la combustion ni de la consommation de combustible. Quelques usagers ont parlé d'une amélioration notable. Il est impossible d'établir une corrélation avec le type employé. La plupart du temps, les tuyaux étaient fortement corrodés et il faut reconnaître que leur durée de service a été trop courte. On n'a plus effectué d'essais avec d'autres matériaux.

IX — SITUATION EN CE QUI CONCERNE LES BREVETS

Comme on l'a déjà dit aux conclusions (voir III), on a pris un brevet pour trois détails de construction :

- a) Le placement de la poubelle normalisée sous la chaudière, son dispositif d'accrochage à celle-ci et l'amenée d'air primaire en passant par la poubelle ;
- b) Le dispositif d'évacuation des cendres, muni

d'un double fond, ce qui permet de recueillir celles-ci dans un sac en matériau combustible (papier ou plastique) ;

- c) Le clapet en caoutchouc à siège triangulaire, servant à l'amenée d'air.

Le tableau ci-dessous donne les numéros des brevets obtenus aux Pays-Bas et à l'étranger pour ces détails de construction.

Concerne le brevet pour	Pays où le brevet a été obtenu					
	Pays-Bas	Royaume-Uni	Suisse	Allemagne	Belgique	France
a) Placement de la poubelle	110.305	955.362	392.010	—	613.164	1.329.600
b) Double fond	104.609	942.361	390.445	—	613.164	1.329.600
c) Clapet d'amenée d'air primaire	104.608	942.360	392.751	1.184.036	613.164	1.329.600

X — DIVERS STADES DE LA MISE AU POINT DE QUELQUES DÉTAILS D'EXÉCUTION DE LA CHAUDIÈRE

Aux paragraphes précédents, nous avons exposé d'une façon détaillée le fonctionnement des divers organes de la chaudière. Toutefois, il nous a paru souhaitable de décrire les stades intermédiaires de la mise au point d'un certain nombre de détails, notamment en ce qui concerne la post-combustion des imbrûlés au-dessus du lit de feu

et les recherches effectuées sur le fonctionnement de deux chicanes non refroidies pour les gaz de fumées. De plus, on exposera encore dans ce paragraphe les recherches entreprises pour résoudre les difficultés rencontrées pour évacuer les cendres dans un sac en papier ou en plastique, procédé pour lequel on a obtenu un brevet.

1. Recherches en vue de réduire les teneurs en imbrûlés dans les gaz de fumées

Il est bien connu que dans des chaudières à combustion par le dessus, surtout pour le chargement maximum du combustible, les gaz de fumées ont une assez forte teneur en imbrûlés lorsque l'épaisseur de la couche atteint ou dépasse 5 fois la dimension moyenne des grains.

Comme ce projet exigeait notamment que la chaudière ait une forte contenance de coke, il est apparu, surtout pour le coke de petit calibre, que les teneurs en imbrûlés dans les gaz de fumées étaient assez élevées.

Au début, on a amené, grâce à un certain nombre d'ouvertures pratiquées dans la porte de chargement, l'air secondaire directement au-dessus des gaz qui sortaient du lit de feu.

Les mesures de leurs teneurs en imbrûlés, que l'on travaille avec apport d'air secondaire ou sans air secondaire, ont démontré l'influence nettement favorable de cet air sur la réduction des teneurs en imbrûlés, du moins à forte charge. Mais pour les charges plus faibles (environ la demi-charge), cette influence s'est révélée faible. On a essayé d'y remédier en améliorant la répartition de cet air secondaire au-dessus du lit de feu.

A cet effet, on a logé contre la paroi intérieure de la chaudière un tuyau horizontal percé de petits orifices équidistants, de manière à aspirer l'air de l'extérieur (voir fig. 7).

Mais l'efficacité de ce dispositif fut nulle. La température des gaz de fumées, mesurée au-dessus du

lit de feu, n'atteignait que 400° C pour une charge de 50 %. Comme la température d'inflammation d'un mélange de CO dans l'air est de l'ordre de 600° C, il était évident que c'était la température des gaz de fumées qui était insuffisante pour permettre la postcombustion, et non la répartition de l'air secondaire.

C'est le laboratoire de la Ruhrkohlen-Beratung à Essen qui a trouvé la solution permettant d'augmenter cette température ⁽¹⁾.

Cette solution a consisté à loger dans le lit de feu un tuyau en acier disposé suivant l'axe de la chaudière, s'arrêtant à une certaine distance au-dessus de la grille et débouchant juste au-dessus du lit de feu. De l'air secondaire est amené par un conduit circulaire à l'orifice supérieur de ce tuyau (voir fig. 8).

Eu égard à l'épaisseur réduite de la couche de combustible en dessous du tuyau et à la résistance à l'écoulement dans celui-ci, beaucoup plus faible que celle de la couche de coke avoisinante, tous les gaz de combustion du lit de feu furent, à peu de chose près, aspirés par le tuyau et brûlés avec l'air secondaire.

La petite flamme bleue qui, pour les différentes charges, surmonte le tuyau, atteste nettement cette combustion.

D'autres essais n'ont pas tardé à montrer que de bons résultats étaient atteints même sans apport d'air secondaire.

⁽¹⁾ Voir : Heizung-Lüftung-Haustechnik, 14, 12 (décembre 1963), p. 430.

La réalisation définitive a cependant prouvé que la meilleure solution consistait à admettre une légère quantité d'air secondaire au-dessus du lit de feu par les dix ouvertures pratiquées dans la porte de chargement.

L'inconvénient inhérent à cette solution était de concentrer la combustion au centre de la grille, précisément là où le décrassage était le moins efficace, eu égard au principe du mécanisme de décrassage. C'est pourquoi d'autres essais ont abouti à disposer ce tuyau en dehors de l'axe de

la chaudière mais, par la suite, la solution a consisté à installer deux tuyaux, comme le montre la figure 4.

Cette dernière solution a fortement amélioré la postcombustion, sans diminuer en rien les résultats favorables déjà acquis.

En ce qui concerne la corrosion de ces tuyaux non refroidis, on n'a pas pu déterminer quel était le matériau qui, sans être trop coûteux, permettrait d'atteindre une durée de service suffisante.

2. Recherches en vue de déterminer l'incidence de deux chicanes sur l'augmentation de la transmission de chaleur

Afin de simplifier autant que possible la construction de la chaudière, on s'est contenté, dans le premier projet, d'un corps cylindrique avec fonds à basse pression. Compte tenu de la très faible vitesse des gaz, la transmission de chaleur par convection est faible, mais, par contre, il y a beaucoup de chances que se créent des «angles morts» au-dessus du lit de feu.

On a essayé d'augmenter la convection en disposant, sur le trajet des gaz brûlés, des chicanes non refroidies par l'eau. Quelques essais hydrauliques sur modèle ont démontré la possibilité d'obtenir

un écoulement de l'air beaucoup plus favorable en disposant une chicane en oblique devant l'orifice de sortie des gaz de la chaudière (voir fig. 5a). Des mesures effectuées sur le prototype muni de cette chicane ont décelé une nette amélioration du rendement. Ce dispositif a permis de réduire de quelques pour-cent la perte par chaleur sensible.

Dans le même ordre d'idées, la Ruhrkohlen-Beratung, à Essen, a conçu une autre chicane (voir fig. 5b) qui a provoqué une diminution comparable de la perte par chaleur sensible.

3. Essai d'un dispositif qui permet l'évacuation des cendres dans un sac en papier ou en plastique, sans risque d'y mettre le feu

Dans les pays voisins, les poubelles du genre de celles que l'on adapte sous cette chaudière ne répondent pas à des normes fixes; c'est pourquoi il a fallu chercher à évacuer les cendres, pratiquement sans dégagement de poussières.

Une solution a été apportée par l'emploi d'un double fond qui, manœuvré correctement, est tel que seules des cendres parfaitement refroidies puissent être déversées dans le sac en plastique ou en papier qu'on utilise à cette fin.

La figure 9 représente un schéma de ce dispositif.

Quelques essais de ce dispositif ont montré qu'il est en principe applicable, à condition de ne tourner la grille que de 3/4 de tour lors du décrassage. Si l'on continue la rotation, des cendres chaudes peuvent atteindre le sac et le détériorer.

L'épandage de cendres n'est pas à craindre si l'on prend la précaution de placer le sac dans un seau à ordures. Cette précaution simplifie en même temps le transport des cendres à l'extérieur de la cave.

Une autre difficulté, non encore complètement résolue, est de réaliser l'étanchéité pour l'accrochage du sac au bas de la chaudière, de manière à réduire au minimum la chaleur que celle-ci lui communique directement.

On n'a pas poursuivi les recherches en vue d'y remédier.

Un brevet (voir sous IX) protège ce dispositif d'évacuation des cendres.

XI — RÉSUMÉ

Ce rapport montre que les recherches entreprises ont permis de réaliser un nouveau type de chaudière pour chauffage central, fonctionnant au coke et qui offre à certains égards de sérieux avantages par rapport aux chaudières classiques.

Les principaux avantages sont le décrassage mécanique effectué sans dégagement de poussières avec chargement direct des cendres dans la poubelle normalisée utilisée par les services communaux des immondices, la suppression des ennuis dus à la formation de mâchefers, une très grande réserve de combustible dans la chaudière entraînant

comme conséquence un temps d'entretien par 24 heures assez réduit.

La régulation à partir de la température des gaz de fumées a été largement satisfaisante.

Le régime de nuit peut être maintenu pendant une longue durée et le réglage peut se faire dans de bonnes conditions.

Le rendement et les résultats de la combustion sont satisfaisants, eu égard à ce que l'on exige en général de ce type de chaudières.

ANNEXE

Index des figures

- 1 — Prototype de la chaudière de chauffage central de 22 000 kcal/h
- 2 — Vue de face du prototype de la chaudière de chauffage central de 22 000 kcal/h
- 3 — Vue de l'arrière du prototype de la chaudière de chauffage central de 22 000 kcal/h
- 4 — Dispositif destiné à améliorer la postcombustion au-dessus du lit de feu
- 5 — Les deux chicanes ayant fait l'objet d'essais en vue d'améliorer la transmission de chaleur au-dessus du lit de feu
 - 5a — Plaque disposée en oblique et servant à guider les gaz de fumées
 - 5b — Pièce, en forme de cône, servant à guider les gaz de fumées
- 6 — Résultats obtenus pour diverses grandeurs thermiques
- 7 — Conduit circulaire percé d'orifices servant à aspirer directement l'air secondaire à partir de l'extérieur, par un conduit traversant la porte de chargement
- 8 — Tuyau central avec conduit circulaire percé d'orifices servant à aspirer directement l'air secondaire à partir de l'extérieur, par un conduit traversant la porte de chargement
- 9 — Partie inférieure de la chaudière de chauffage central ; double fond avec dispositif de fixation du sac en plastique

- a) Raccord du départ d'eau chaude
- b) Enveloppe calorifuge
- c) Enveloppe d'eau
- d) Porte de chargement courbée avec plaque réfractaire
- e) Ouvertures pour l'amenée d'air secondaire
- f) Niveau du chargement maximum de coke
- g) Levier de décrassage
- h) Dispositif d'accrochage de la poubelle standard
- i) Clapet en caoutchouc pour l'amenée d'air primaire
- j) Trajet parcouru par l'air primaire
- k) Détecteur du thermostat des gaz de fumées
- l) Clapet de la cheminée
- m) Chicane des gaz de fumées
- n) Dispositif de postcombustion (pivoté de 90°, voir fig. 4)
- o) Anneau mobile sur la grille
- p) Grille pivotante en fonte
- r) Raccord du retour d'eau
- s) Racloir au-dessus du fond de la chaudière
- t) Mécanisme à rochet pour la rotation de la grille

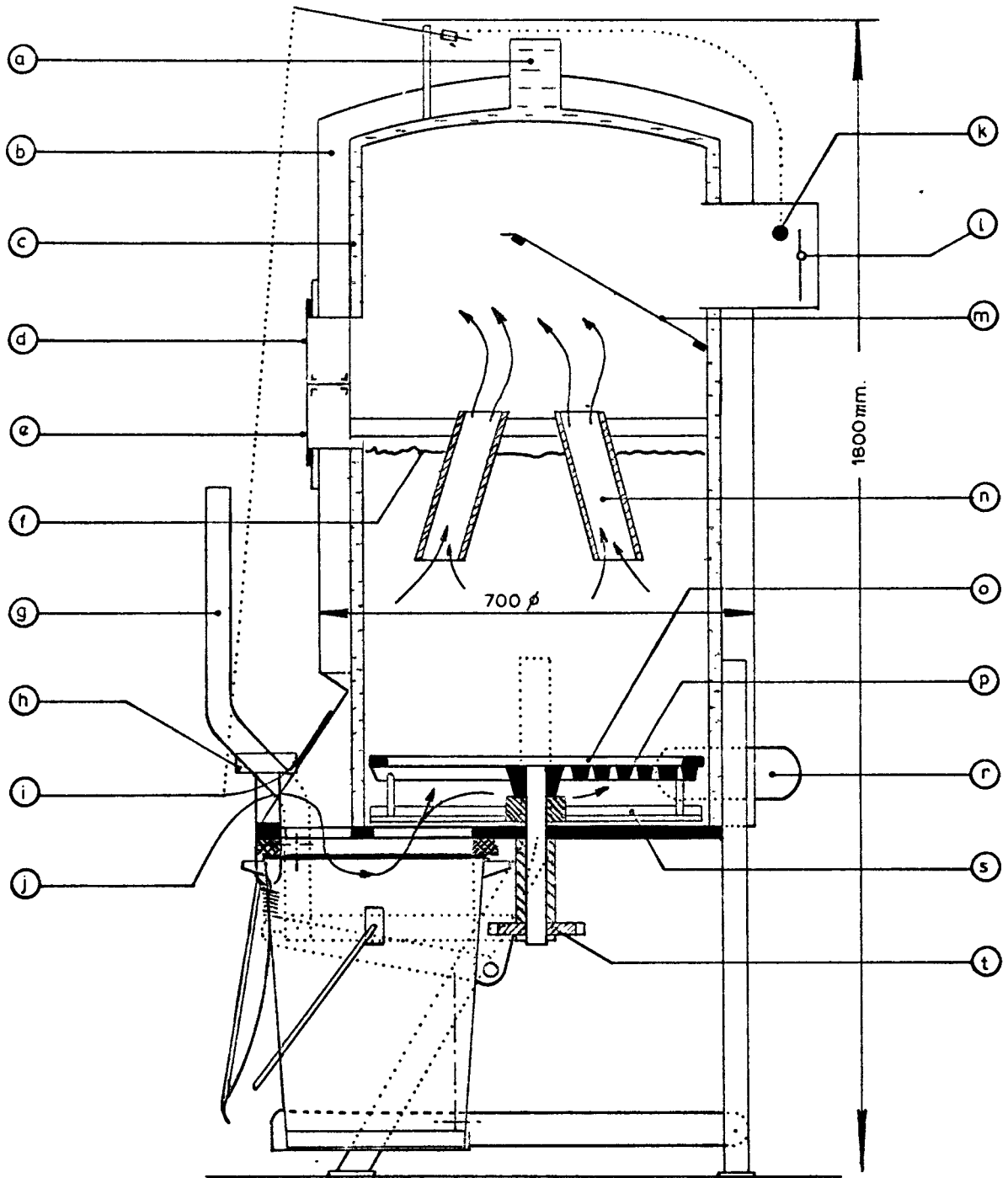


Fig. 1 : Prototype de la chaudière de chauffage central de 22 000 kcal/h

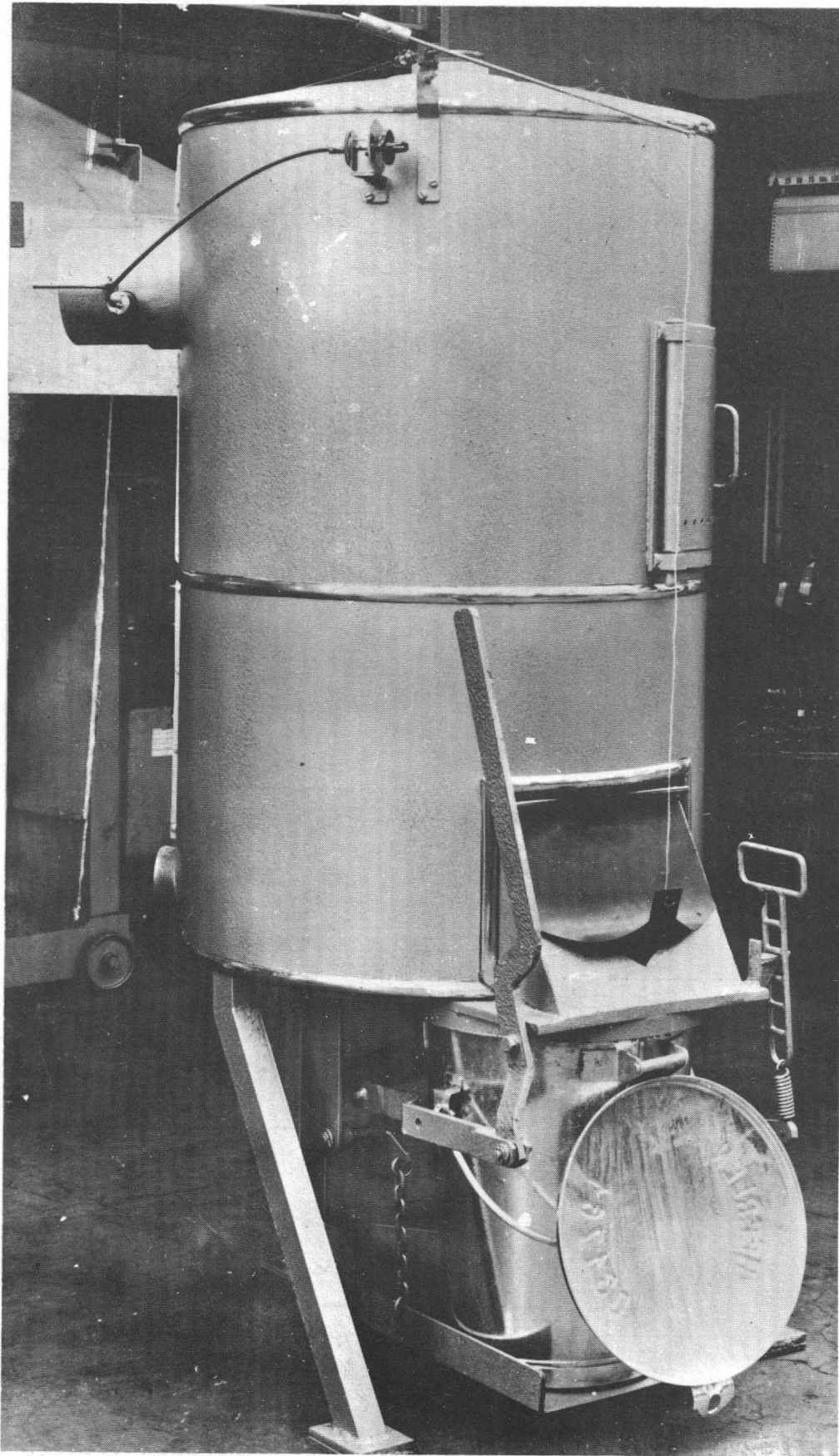


Fig. 2 : Vue de face du prototype de la chaudière de chauffage central de 22 000 kcal/h

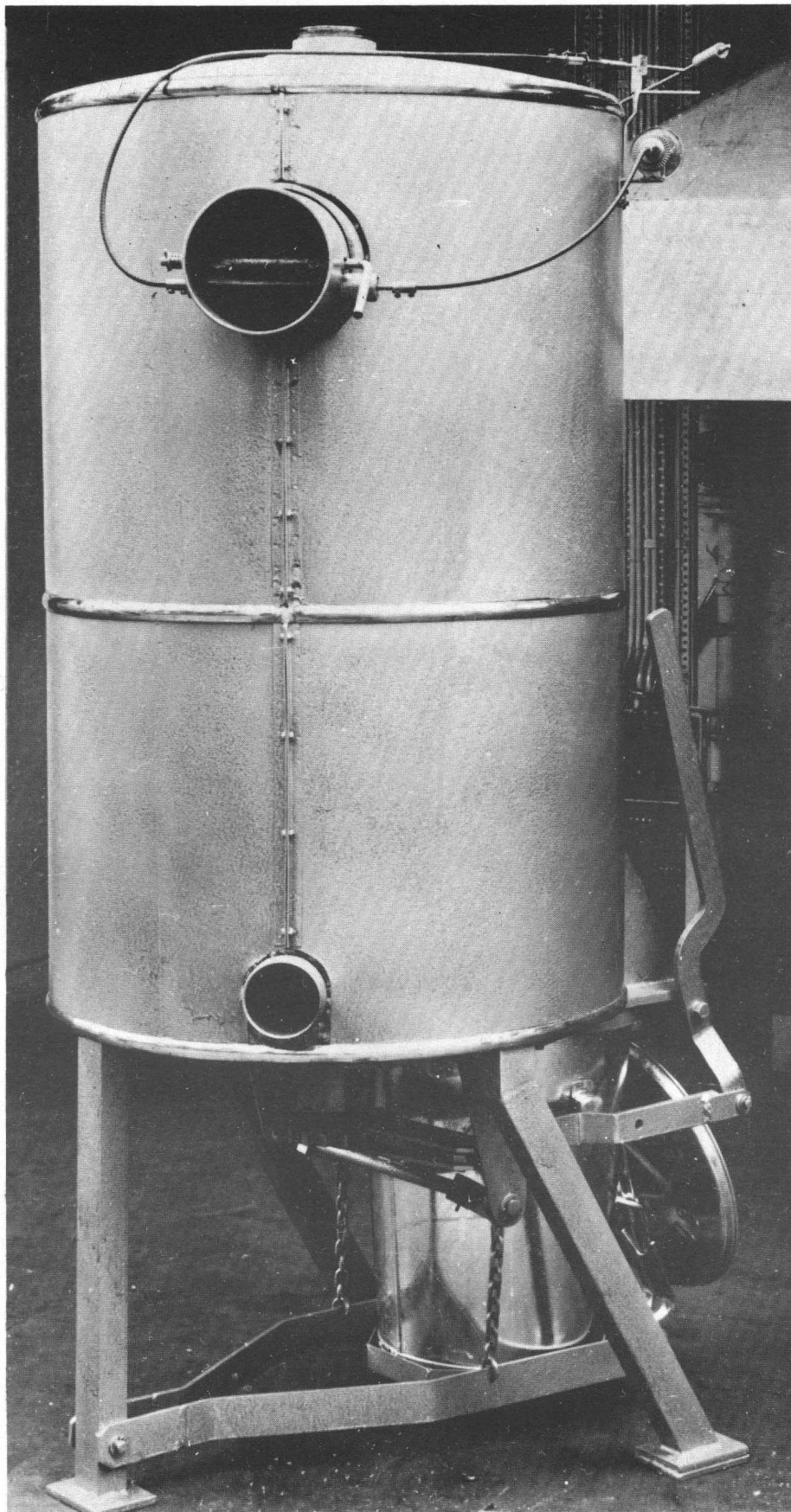
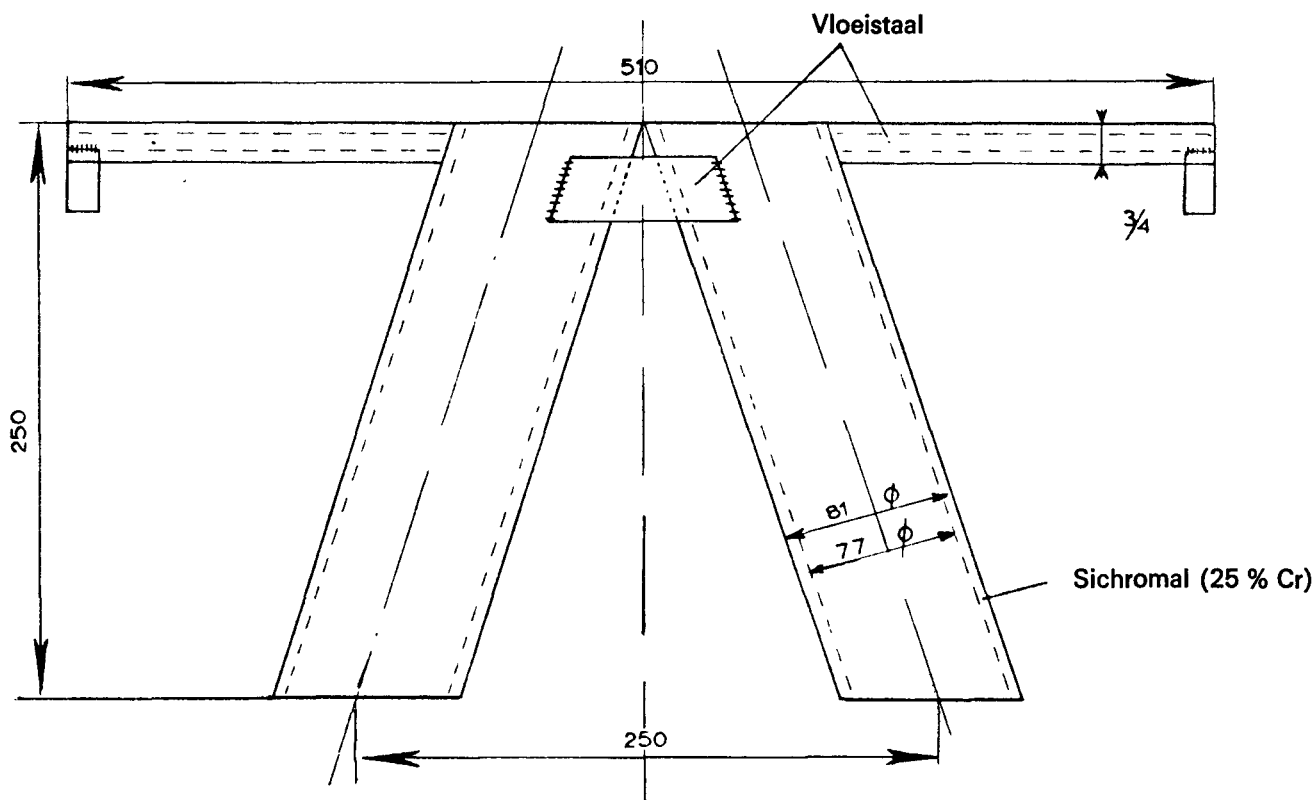


Fig. 3 : Vue de l'arrière du prototype de la chaudière de chauffage central de 22 000 kcal/h



vloeistaal = acier doux

Fig. 4 : Dispositif destiné à améliorer la postcombustion au-dessus du lit de feu

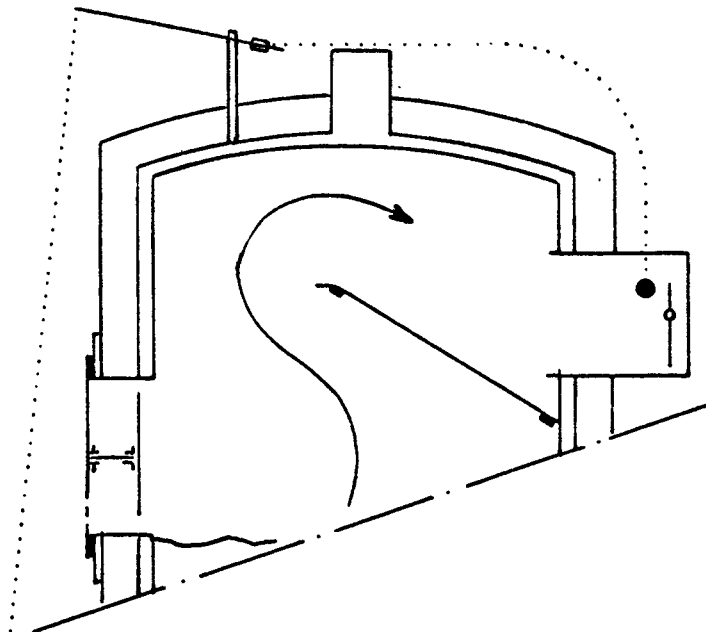


Fig. 5a : Plaque disposée en oblique et servant à guider les gaz de fumées

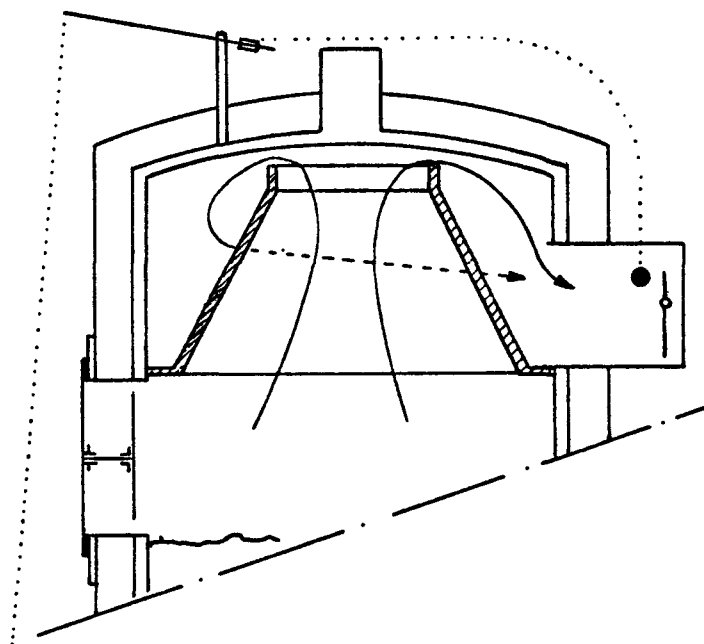


Fig. 5b : Pièce, en forme de cône, servant à guider les gaz de fumées

Fig. 5a et 5b : Les deux chicanes ayant fait l'objet d'essais en vue d'améliorer la transmission de chaleur au-dessus du lit de feu

nuttig effect = rendement

V_v = voelbaar warmteverlies = perte par chaleur sensible

V_b = verlies brandbare gassen = perte en imbrûlés gazeux

nuttige capaciteit in kcal/h = puissance utile en kcal/h

P_a = trek in mm W.K. = tirage en mm d'eau

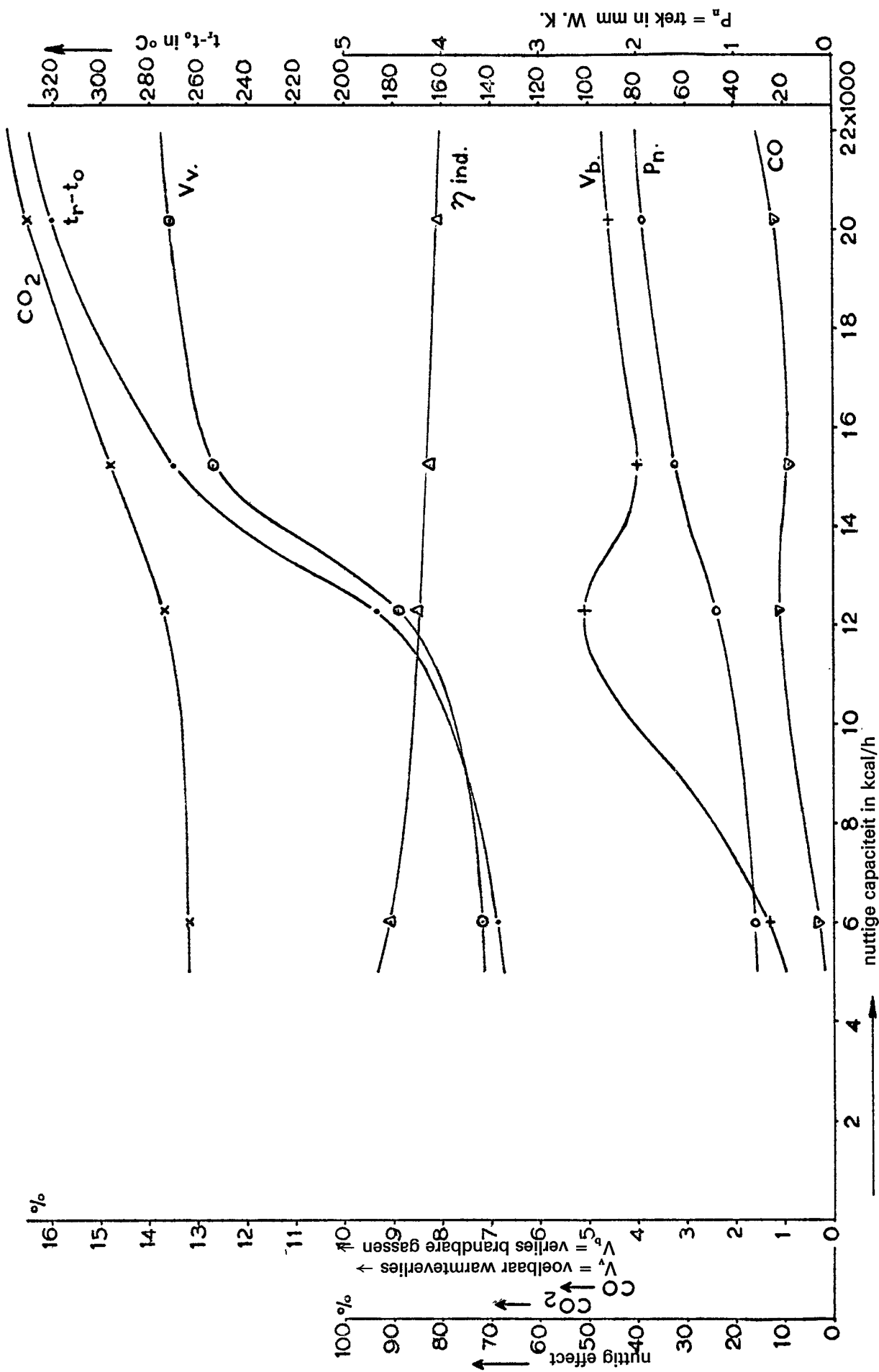


Fig. 6 : Résultats obtenus pour diverses grandeurs thermiques

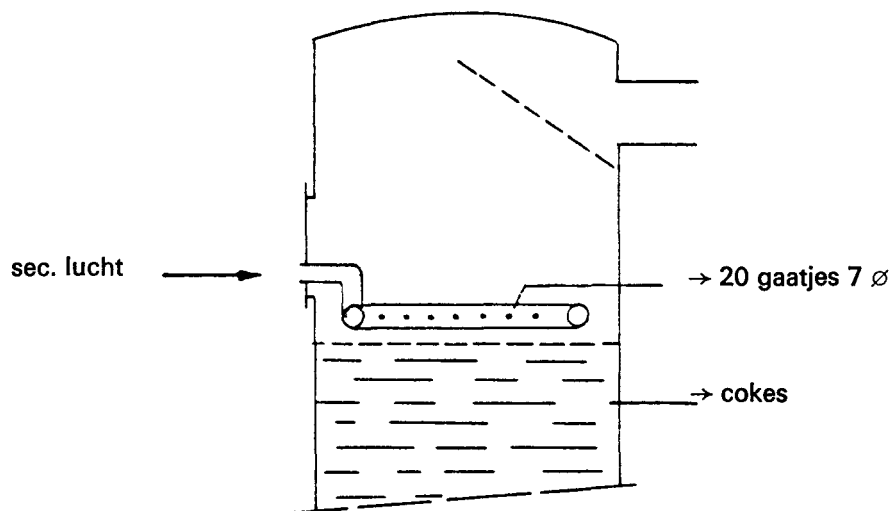


Fig. 7 : Conduit circulaire percé d'orifices servant à aspirer directement l'air secondaire à partir de l'extérieur, par un conduit traversant la porte de chargement

sec. lucht = air secondaire

gaatjes = orifices

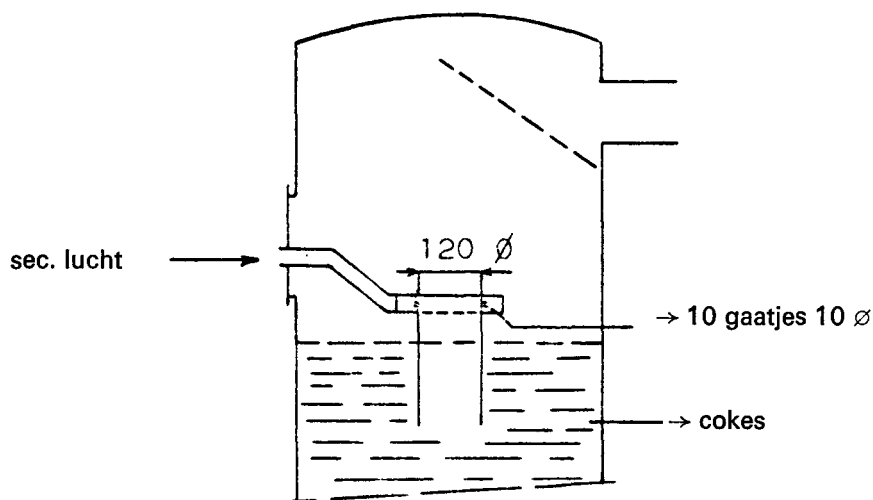
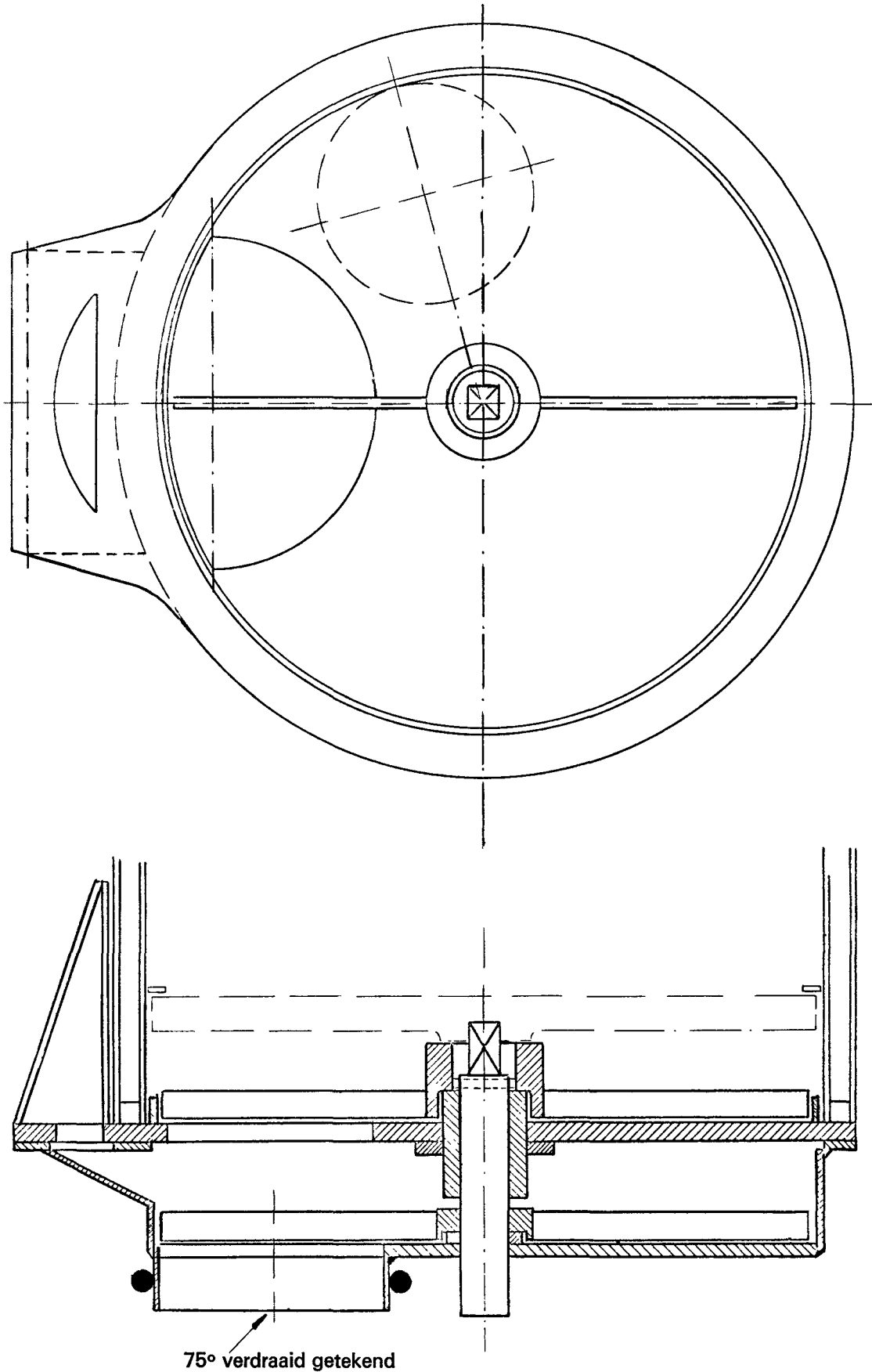


Fig. 8 : Tuyau central avec conduit circulaire percé d'orifices servant à aspirer directement l'air secondaire à partir de l'extérieur, par un conduit traversant la porte de chargement



75° verdraaid getekend = dessiné après avoir subi une rotation de 75°;

Fig. 9 : Partie inférieure de la chaudière de chauffage central; double fond avec dispositif de fixation du sac en plastique

**Publications techniques économiques de la Commission
des Communautés européennes dans le domaine du charbon**

Doc. n°	Titre	Année	Langues	Prix en unités de compte
9591/1/59/1	Creusement rapide de galeries dans le rocher et dans le charbon	1959	a	2,50
6470/2/60/1	Mesures de rationalisation dans les charbonnages	1960	a, f	2,50
11.848/2/66/1	Mesures de rationalisation et de modernisation dans les charbonnages des bassins de la Sarre et de la Lorraine	1966	a, f	3,00
	Le grisou et les moyens de le combattre			
	Deuxième journée d'information du 10 février 1967 à Luxembourg	1967	a, f	2,50
13909	Réunion technique de la commission de recherches charbon du 10 au 12 avril 1967 à Essen	1967	a, f	2,50
	Recueils de recherches Charbon			
11466/2/65/1	N° 1 Chargement des fours à coke avec du charbon préchauffé	1966	a, f	1,50
11734/2/66/1	N° 2 Combustion du charbon	1966	a, f, i, n	1,50
11735/2/66/1	N° 3 Inflammation et combustion de charbon gras sur grille	1966	a, f, i, n	1,50
12546/2/66/1	N° 4 Mécanisation du creusement au rocher - Machine de creusement des galeries SVM 40	1966	a, f	1,50
12633/2/66/1	N° 5 Chaudière « Package » à tube d'eau à grille oscillante	1966	a, f	1,50
12634/2/66/1	N° 6 Chaudière « Package » à tube d'eau alimentée à charbon pulvérisé	1966	a, f	1,50
3934	N° 7 Dégagements instantanés I — CERCHAR	1966	a, f	1,50
3935	N° 8 Dégagements instantanés I — INICHAR	1966	a, f	1,50
3931	N° 9 Mise à l'épreuve de barrages et d'arrêts-barrages	1967	a, f	1,50
3936	N° 10 Télécontrôle et télécommande en taille havée	1967	a, f	1,50
4488	N° 12 Désulfuration des gaz de fumées des foyers au charbon	1969	a, f	1,50
	N° 13 Contraintes, mouvements et formation de cassures dans les roches encaissant les galeries en veine	1969	a, f, n (sous presse)	1,50
4490	N° 14 Chaudière de chauffage central à coke	1969	a, f, n	1,50
	N° 15 Étude sur le tirage des cheminées sous l'influence de rafales de vent		en préparation	
	N° 16 Recherches concernant les techniques de combustion des différentes catégories de charbon dans les poêles et petites chaudières		en préparation	
4491	N° 20 Recherches fondamentales sur la chimie et la physique des charbons et des cokes			
	Rapport de synthèse I	1968	a, f	3,50
4543	N° 21 Commandes hydrostatiques pour des installations d'abattage de charbon	1968	a, f, n (sous presse)	1,50
	N° 22 Recherches sur les pressions des terrains I — Steinkohlenbergbauverein		en préparation	
4492	N° 23 Recherches sur les pressions des terrains I — CERCHAR. Rapport général	1968	a, f, (sous presse)	1,50
	N° 24 Recherches concernant les mouvements de terrain au voisinage des galeries		en préparation	
	N° 25 Mécanique des terrains houillers dans le cas de déformations planes		en préparation	
4493	N° 26 Étude concernant le gisement, le dégagement du grisou et les moyens de le combattre, effectuée dans les mines des Pays-Bas	1968	a, f, n	1,50
4494	N° 27 Étude des pressions de terrain en relation avec les dégagements instantanés de grisou	1969	a, f, n	1,50

Des exemplaires supplémentaires du présent recueil tout comme les publications mentionnées plus haut peuvent être commandés à

l' Office central de vente des publications des Communautés européennes
37, rue Glesener
LUXEMBOURG

SERVICE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
4490/2/69/1