

Les appareils "Sendric" de chauffage et de refroidissement

Autor(en): **Hottinger, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **42 (1916)**

Heft 16

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-32374>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES — PARAISSANT DEUX FOIS PAR MOIS
RÉDACTEUR : D^r H. DEMIERRE, ingénieur, Lausanne, 2, rue du Valentin.

SOMMAIRE: *Les appareils « Sendric » de chauffage et de refroidissement*, par M. Hottinger, ingénieur. — *Plaques à enchainement*. — *Chronique*: La formation des ingénieurs à l'Ecole polytechnique fédérale. — Société genevoise des Ingénieurs et des Architectes (section de la Société suisse, suite et fin). — Société fribourgeoise des Ingénieurs et des architectes. — Société suisse des Ingénieurs et des Architectes. — Ecole d'Ingénieurs de Lausanne.

Les appareils "Sendric" de chauffage et de refroidissement.¹

par M. HOTTINGER, ingénieur.

La transmission de la chaleur joue un des rôles les plus importants dans le domaine thermique. Lorsqu'on veut étudier à fond les phénomènes s'y rattachant on s'égare, suivant les cas à résoudre, souvent dans des considérations mathématiques compliquées et difficiles. Nous ne voulons pas nous approfondir ici dans un travail scientifique de ce genre et pour démontrer le développement constructif des appareils *Sendric* de chauffage et de refroidissement, nous nous arrêterons seulement sur les points suivants :

Lorsque la chaleur passe d'un milieu ayant une température t_1 à un autre milieu ayant une température t_2 au travers d'une paroi ayant une épaisseur uniforme de δ m. et une surface de F m², la quantité de chaleur transmise par heure est exprimée par la formule :

$$W = F \cdot k \cdot (t_1 - t_2) \text{ cal./h.}$$

dans laquelle k est le coefficient de transmission total de la chaleur donné par l'équation :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}$$

où α_1 est le coefficient de transmission de la chaleur du milieu plus chaud à la paroi, α_2 le coefficient de transmission de la chaleur de la paroi au milieu plus froid, δ l'épaisseur de la paroi en m. et λ le coefficient de conductibilité de la chaleur dans la paroi.

Les coefficients de transmission α ont des valeurs très différentes suivant la nature et les conditions du mouvement du milieu, par exemple on aura :

pour la vapeur d'eau, sans air, au point de condensation jusqu'à 10 000 ;

pour l'eau en ébullition jusqu'à 6 000 ;

pour l'eau tranquille non en ébullition jusqu'à 500 ;

pour l'air mù par ses propres moyens de 3 jusqu'à 12 ;

pour l'air mù par des moyens artificiels de 50 à 60 et plus.

¹ D'après une conférence faite à la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes.

Les valeurs α peuvent d'ailleurs être soumises à d'autres variations très fortes.

La transmission de la chaleur se décompose en conductibilité directe et en rayonnement de la chaleur. Dans beaucoup de cas, ce dernier est très important, comme par exemple dans les corps de chauffe employés habituellement dans les chambres. La transmission de la chaleur d'un tuyau de poêle peut comporter jusqu'à 60 % de rayonnement seul. C'est pourquoi l'on doit construire les corps de chauffe ordinaires de façon à mettre en valeur leur capacité de rayonnement, et chercher à leur donner non seulement une forme, mais également une surface appropriée comme, par exemple, une surface sombre, mate et rugueuse.

Dans énormément de cas, au contraire, le rayonnement ne joue qu'un très petit rôle à côté de la conductibilité directe comme, par exemple, dans les corps de chauffe ventilés où l'air passe avec grande vitesse contre les corps de chauffe. Dans ces constructions, on peut cependant obtenir d'excellents rendements, malgré que les surfaces de chauffe soient placées étroitement les unes dans les autres.

Si nous examinons, d'après les données ci-dessus, la transmission de la chaleur qui passe au travers d'une paroi de métal de la vapeur au point de condensation à de l'air sans mouvement artificiel, nous verrons que la chaleur passe très facilement de la vapeur à la paroi et très difficilement de la paroi à l'air. Dans le même temps que 10 000 calories passeront de la vapeur à la paroi, celle-ci n'en transmettra à l'air que de 3 à 12. D'après cette considération, la surface d'un corps de chauffe, qui est baignée par la vapeur ou l'eau, peut être beaucoup plus petite que celle qui est en contact avec l'air. C'est ce dont il a été tenu compte dans les éléments *Sendric*, où la surface intérieure est beaucoup plus petite que la surface extérieure.

Examinons encore dans la formule :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}$$

le coefficient $\frac{\delta}{\lambda}$. Les matériaux qui servent à la transmission de la chaleur dans les corps de chauffage et refroidissement sont la fonte, le fer doux et le cuivre. Les limites inférieures pour l'épaisseur des parois sont données par les exigences de la fabrication et par la résistance des matériaux.

En admettant des épaisseurs courantes de parois de 4,5 mm. pour la fonte, 3 mm. pour le fer et 1 mm. pour le cuivre, nous aurons pour $\frac{\delta}{\lambda}$ les valeurs suivantes :

$$\text{fonte} = \frac{0,0045}{50} = 0,00009 ;$$

$$\text{fer} = \frac{0,003}{60} = 0,00005 ;$$

$$\text{cuivre} = \frac{0,001}{320} = 0,0000031.$$

Dans la transmission de la chaleur de la vapeur saturée au travers d'une paroi métallique à de l'air sans mouvement artificiel, la formule pour la détermination des k sera :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{10000} + \frac{1}{5} + \frac{\delta}{\lambda} =$$

$$= 0,0001 + 0,2 + \begin{cases} 0,00009 \text{ pour la fonte.} \\ 0,00005 \text{ pour le fer.} \\ 0,0000031 \text{ pour le cuivre.} \end{cases}$$

On voit que les nombres représentant le passage de la chaleur de la vapeur à la paroi et celui de la conductibilité dans la paroi peuvent être négligés par rapport aux nombres représentant le passage de la chaleur de la paroi à l'air; en d'autres termes, le choix des matériaux n'a, dans ce cas, pratiquement aucune importance au point de vue thermique.

Ce phénomène peut être comparé à ce qui se passerait si l'on faisait couler l'eau d'un lac par une large canalisation à l'extrémité de laquelle se trouverait un tuyau étroit. La quantité d'eau qui s'écoulera du tuyau ne dépendra ni du raccord entre le lac et la grande canalisation, ni de la section de la canalisation elle-même, mais seulement des dimensions du tuyau.

Si, au lieu d'air sans mouvement artificiel, on emploie de l'air fortement ventilé, c'est-à-dire si à la place du coefficient 5 on met 50, le cas ne sera pas très différent, car on pourra toujours négliger dans la formule les nombres représentant l'entrée et la conductibilité de la chaleur

dans la paroi par rapport à celui représentant la sortie de la paroi.

Il ne faut cependant pas en conclure que le choix du métal n'ait jamais d'influence appréciable comme, par exemple, dans la transmission de la chaleur de la vapeur saturée à de l'eau en ébullition. Dans ce cas les nombres représentant le premier, deuxième et troisième facteur de la formule sont du même ordre de grandeur. On aura ainsi:

$$\text{pour la fonte } k = \frac{1}{0,0001 + 0,00017 + 0,00009} = 2800$$

$$\text{pour le fer } k = \frac{1}{0,0001 + 0,00017 + 0,00005} = 3100$$

$$\text{pour le cuivre } k = \frac{1}{0,0001 + 0,00017 + 0,0000031} = 3660.$$

On peut dire, en résumé, que dans certaines conditions, par exemple dans la transmission de la chaleur de la vapeur à l'eau bouillante, le fer conduit plus de chaleur que la fonte et que le cuivre en conduit davantage que le fer, mais que, par contre, dans la transmission de la chaleur de la vapeur ou de l'eau à l'air ou au gaz, la nature du métal de la cloison séparatrice ne joue aucun rôle au point de vue thermique.

Les appareils *Sendric* servant en premier lieu au chauffage et au refroidissement de l'air, c'est en fonte qu'on les construira le mieux. Comme l'on sait, la fonte est bon marché et a, par rapport au fer, l'avantage d'être plus résistante à la rouille. Même en tenant compte des variations de température, la fonte ne présente aucun désavantage, à condition, naturellement, de soigner les détails de construction et les raccords. A ce sujet nous attirons l'attention sur les chaudières en fonte telles qu'on les emploie avec succès depuis une dizaine d'années dans le domaine du chauffage. Elles ont dans leur foyer des températures allant jusqu'à 1200° C, ce qui occasionne dans la fonte des tensions que l'on ne rencontre pas normalement dans les appareils de chauffage et de refroidissement.

Les appareils *Sendric* transmettent, par la surface extérieure des éléments, au maximum 8 000 cal./m²/h. lorsqu'il

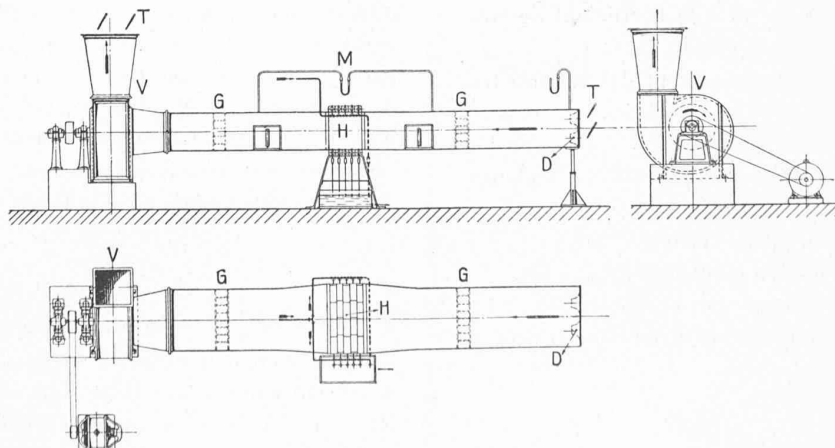


Fig. 1. — Installation d'essais pour la détermination de la production de chaleur et des résistances des appareils *Sendric*.

s'agit de passer de la vapeur à l'air et 40 000 cal./m²/h. lorsqu'il s'agit de passer de la vapeur à l'eau.

Comme chiffre de comparaison, relevons seulement que dans les moteurs Diesel les surfaces en fonte ont à transmettre jusqu'à 200 000 cal./m²/h. et que, en plus de cela, la matière est constamment sollicitée par de fortes vibrations.

Pour terminer ce court aperçu théorique nous reviendrons maintenant à ce qui a déjà été dit au sujet de l'influence de la vitesse de l'air sur le facteur k qui augmente à mesure que la vitesse de l'air devient plus grande.

Afin de déterminer exactement le rendement des appareils *Sendric* de chauffage et de refroidissement on a fait des essais très minutieux pendant deux ans dans les conditions les plus diverses. L'installation d'essai pour le chauffage et le refroidissement de l'air est représentée en fig. 1.

Pour pouvoir varier dans de grandes limites la quantité d'air, et par conséquent sa vitesse, on faisait actionner le ventilateur V par un moteur électrique à courant continu dont le nombre de tours était réglable par des résistances. La quantité d'air choisie pouvait arriver ainsi jusqu'à plus de 16 000 m³/h. L'appareil d'essai se trouvait au milieu de la conduite d'air de 7 m. de longueur. Les essais furent

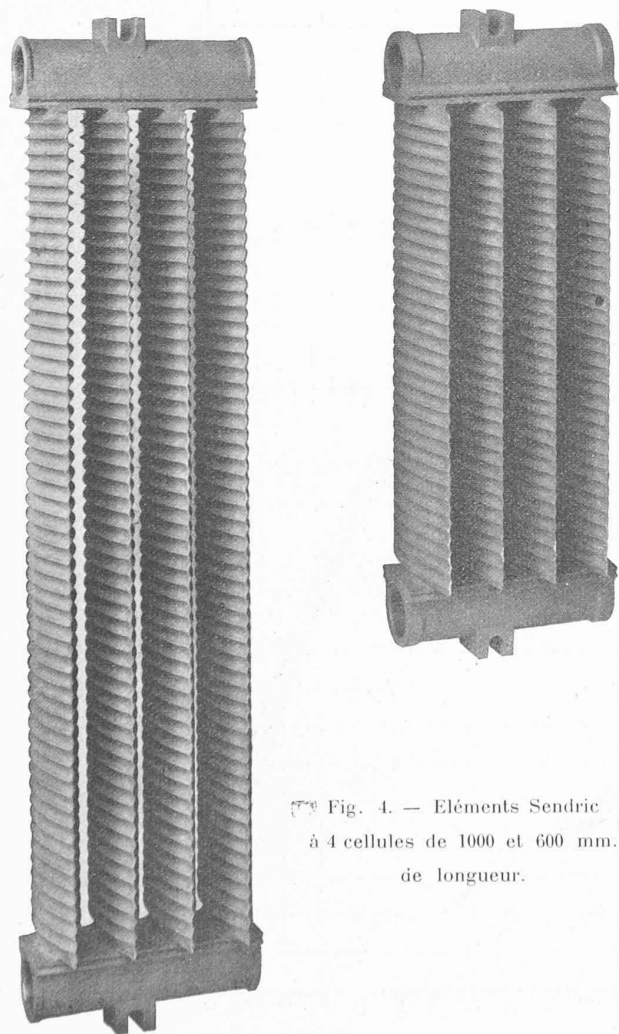


Fig. 4. — Eléments *Sendric* à 4 cellules de 1000 et 600 mm. de longueur.

faits avec 2, 3, 4, jusqu'à 7 radiateurs *Sendric* placés l'un à la suite de l'autre. Tous les appareils fonctionnaient d'ailleurs avec les mêmes conditions que dans les installations pratiques. Afin d'obtenir un courant régulier sans remous, on avait placé dans la conduite des surfaces de tranquillisation G . La quantité d'air était mesurée au moyen de duses bien arrondies et polies D . La température de l'air à l'entrée des duses et à la sortie du ventilateur était mesurée par un thermomètre T , contrôlé et divisé en $1/10$ de degré C. On élimina, de cette façon, toute irradiation des corps de chauffe sur les thermomètres et, par conséquent, toute erreur de lecture. La résistance de l'air dans l'appareil de chauffage était déterminée par un manomètre à liquide, système *Krell*, représenté schématiquement en M et qui donnait avec exactitude les $1/10$ mm. de hauteur d'eau.

Le rendement thermique de l'appareil était calculé d'après la quantité d'air et l'élévation de sa température. Pour le contrôle on faisait de temps en temps des épreuves au hasard en pesant la vapeur condensée ou, dans les essais avec eau chaude, en pesant l'eau qui passait à travers l'appareil. Les différences n'étant pas plus grandes que $1/2$ 0/0 prouvent que les méthodes de mesure étaient bonnes et les tableaux de rendement établis sur ces essais peuvent donc être considérés comme précis. De nombreuses constructions pratiques ont également confirmé leur exactitude.

On a fait également des essais sur la transmission de la chaleur de la vapeur, de l'eau chaude et de l'huile à l'eau froide à différentes températures et différentes vitesses des fluides; d'autres essais furent faits afin d'établir des données précises sur le rendement des condenseurs de vapeur *Sendric*, des refroidisseurs de liquides, etc.

La fig. 2 donne les résultats graphiques d'un des nombreux essais de chauffage d'air. On voit comme le coefficient de transmission k et la résistance h augmentent avec l'augmentation de la vitesse de l'air. En fig. 3 on voit, comme cas particulier, dans quelle proportion les prix des chambres de chauffe diminuent et la consommation en énergie du ventilateur augmente lorsque la vitesse de l'air devient plus grande. Dans cet exemple on a chauffé par de la vapeur à basse pression 20 000 m³ d'air par heure (calculés à 25°) de -10° à $+25^{\circ}$, en admettant, outre la résistance dans le corps de chauffe, encore 10 mm. pour le reste de la conduite.

Si l'on choisit une chambre de chauffe avec 2 m. de vitesse moyenne de l'air, le prix de la batterie de chauffage, du ventilateur, du moteur électrique et du capot d'accouplement entre la batterie et le ventilateur, c'est-à-dire le prix total de l'appareil est de Fr. 5 130.— (moteur électrique Fr. 430.—).¹

Une chambre de chauffe complète analogue, mais avec 16 m. de vitesse moyenne de l'air, par contre, ne coûte que Fr. 2 630.—, malgré le prix élevé du moteur électrique (Fr. 800.—). Si dans cet appareil nous remplaçons le mo-

¹ Ces chiffres ainsi que les suivants ne sont que des chiffres de comparaison et ne correspondent pas aux prix de vente actuel.

Coefficient de transmission
de la chaleur.

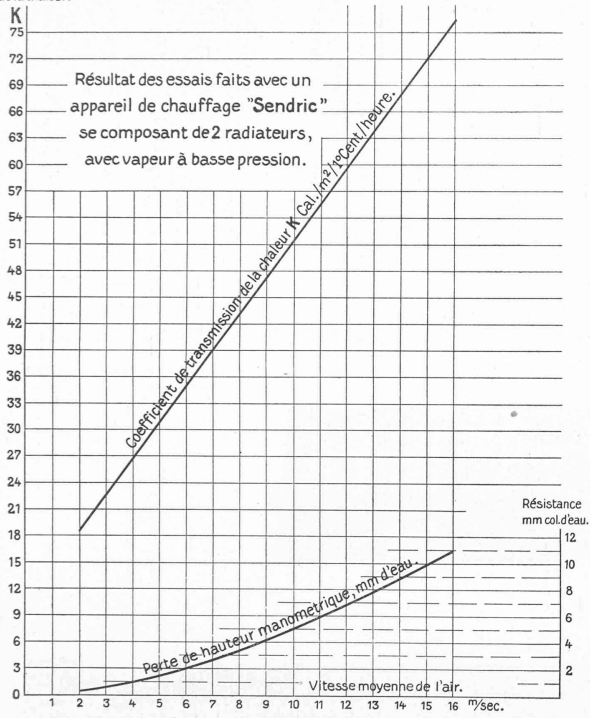


Fig. 2. — Résultats obtenus avec un appareil Sentric composé de 2 radiateurs chauffés à la vapeur à basse pression.

Frais d'installation.

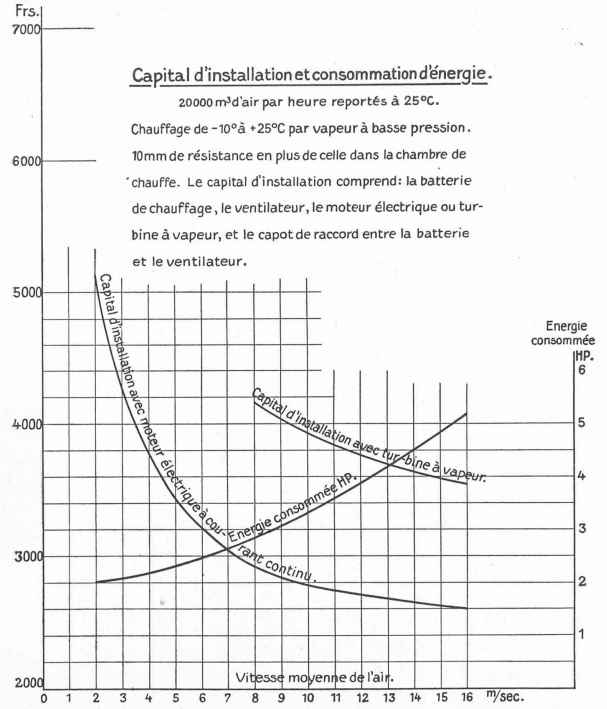


Fig. 3. — Frais d'installation et consommation d'énergie d'un appareil Sentric, pour différentes vitesses de l'air.

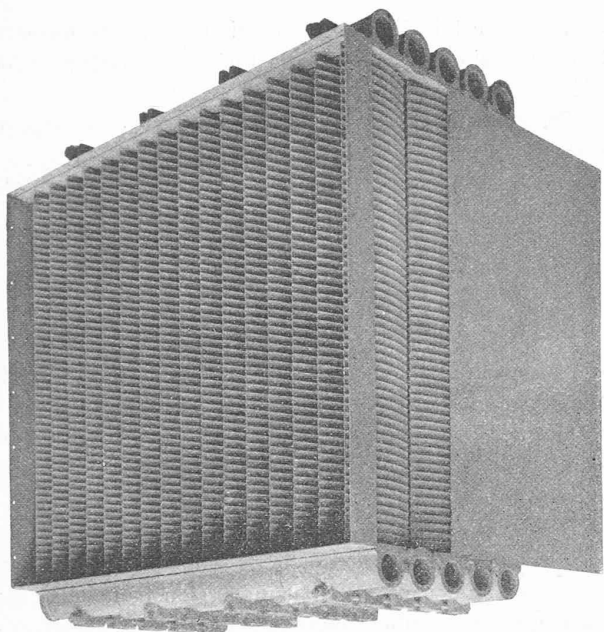


Fig. 5. — Batterie Sendric de chauffage et de refroidissement.

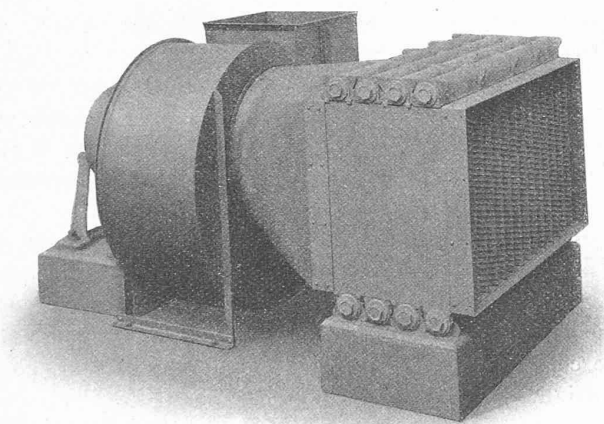


Fig. 6. — Batterie Sendric combinée avec un ventilateur centrifuge Sulzer.

leur électrique par une turbine à vapeur, le prix sera de Fr. 3540. — (turbine à vapeur avec renvoi Fr. 1800. —).

Il est évident que les courbes varieront en changeant les données de l'appareil. Outre les prix, c'est l'encombrement de l'appareil qui joue dans la pratique un rôle important, souvent décisif.

Construction des appareils « Sendric ».

Les appareils *Sendric* se composent d'éléments en fonte (fig. 4), établis d'après les données de M. C. Meier, ingénieur-conseil de la maison *Sulzer Frères*, à Winterthur.

Ce qui caractérise ces éléments ce sont les nombreuses rainures placées de façon que l'air est divisé constamment en filets minces, serpentant au travers de la batterie complète. En outre, la forme des éléments est telle que, pour un petit volume, on obtient une très grande surface de chauffe. Les têtes des éléments juxtaposées forment les parois de fermeture vers l'extérieur et présentent à l'inté-

rieur des chemins d'air lisses, sans angles ni creux morts. La fig. 5 représente une batterie montée où la tôle de fermeture latérale a été retirée partiellement pour en montrer l'intérieur. Les revêtements coûteux en tôle ou en maçonnerie, comme on était obligé de les faire jusqu'à présent dans les chambres pourvues de radiateurs ou tubes à ailettes, sont complètement abolis dans les appareils *Sendric*. Ces appareils sont montés à l'usine, de façon à n'avoir plus qu'à les placer à l'endroit voulu sur un support *ad hoc* et qu'à les relier avec les conduites d'air et de chauffage. Les conduites de chauffage, au haut et au bas de chaque radiateur, ont un raccord fileté de 2" et les canaux d'air, généralement en tôle, peuvent être facilement emmanchés dans le cadre de l'appareil.

La fig. 6 montre une batterie *Sendric* combinée avec un ventilateur centrifuge.

La résistance des batteries *Sendric* et, par conséquent, la consommation d'énergie des ventilateurs est minime, car premièrement, les appareils sont très étroits, étant donné leur grande puissance de chauffage et deuxièmement, ils agissent sur l'air comme des diffuseurs, c'est-à-dire que l'air augmente progressivement de vitesse jusqu'à atteindre un maximum qu'il conserve pendant toute la traversée dans la batterie pour diminuer ensuite de nouveau progressivement de vitesse. On a évité tout changement de section et, par conséquent, les remous et autres résistances inutiles. La vitesse de l'air est aussi uniforme dans toute la section transversale de l'appareil, et c'est pourquoi des dépôts de poussière ne peuvent se produire nulle part, c'est-à-dire que les appareils *Sendric se nettoient d'eux-mêmes*. C'est un progrès hygiénique immense sur les anciennes constructions avec tous leurs angles morts et coins inaccessibles. Un autre point, très important pour l'hygiène de ces appareils, est que l'air frais ne fait que traverser à grande vitesse et conserve toute sa pureté naturelle, tandis que dans les autres systèmes, où il séjourne longtemps dans les chambres, il se vicie toujours plus ou moins. Par là l'odeur, souvent désagréable, provenant des anciennes installations, est complètement éliminée avec les appareils *Sendric*.

(A suivre).

Plaques à enchaînement.

Description. — Dans tous les nouveaux systèmes de construction en béton armé que l'on a inventés au cours de ces dernières années, on constate une tendance marquée à supprimer les coffrages dans le but d'abrégier ou de simplifier le travail de chantier. Cela s'observe tout particulièrement pour les planchers, mais il y a des systèmes permettant aussi d'exécuter des travaux en élévation avec plus de rapidité et, parmi ces derniers, nous trouvons les plots et les planches en béton armé dont on se sert pour établir des murs et des parois. On peut donc faire rentrer dans cette catégorie la plaque à enchaîne-