

LE CHEZ-SOI NOUVEAU

Études sur les dispositifs et les appareils d'art ménager,
par BAUDRY DE SAUNIER

(Voir les numéros des 7 janvier au 2 juin 1928.)

XI. — LES MACHINES A FAIRE LE FROID

DEUX FAMILLES DE MACHINES A FROID. — Les trois liquides dont l'évaporation tumultueuse (ébullition) se fait très au-dessous du zéro centigrade et dont l'utilisation a lieu dans les machines à froid ménagères sont :

- 1° L'acide sulfureux (SO_2) ou anhydride sulfureux, qui bout aux environs de $-12^\circ C$. (voir fig. 2 et 3) ;
- 2° Le chlorure de méthyle (CH_2Cl), dont la vaporisation détermine un froid de $-23^\circ C$. (voir fig. 4) ;
- 3° L'ammoniac anhydre (AzH_3), qui entre en ébullition à $-40^\circ C$. (voir fig. 5 et 6).

Ces trois chiffres correspondent, bien entendu, à une pression déterminée qui est celle de l'atmosphère.

Il est évident que toutes les machines à froid ont la même obligation pratique de déterminer ces changements d'état successifs qui engendrent le froid, sur une masse constante de liquide; il est indispensable que l'usager n'ait ni à changer cette masse ni même à la compléter après un long usage. Il importe donc que tous les joints de la machine soient faits avec beaucoup de soins, puisque les pressions qu'ils supportent sont toujours relativement fort élevées pour les raisons que j'ai expliquées. Construite avec précaution, la machine ne perdra jamais de sa substance. D'autre part, puisque la même masse de substance doit être utilisée sans fin, il faut bien que la machine la contraigne à circuler en elle, selon un cycle régulier où les mêmes molécules changent périodiquement leurs combinaisons. Il faut donc que la machine comporte un procédé de circulation de la matière réfrigérante.

Cette considération aboutit à la réalisation de deux grandes familles de machines frigorifiques : les machines à compression et les machines à absorption.

LES MACHINES A COMPRESSION. — Elles emploient le plus souvent l'acide sulfureux ou le chlorure de méthyle, parce que ces deux gaz n'ont pas, aux températures moyennes, des pressions très élevées qui exigeraient du mécanisme de compression des efforts dangereux et parce que ces deux gaz présentent cette particularité remarquable d'être lubrifiants. Ces machines sont donc automatiquement graissées, dans ceux de leurs organes tout au moins qui demeurent au contact de ces substances.

Quelques modèles, sanctionnés par une longue expérience, notamment Cryogène, emploient cependant avec d'excellents résultats l'ammoniac liquide.

Le fonctionnement d'une machine de cette famille, dont les figures 1 et 2 donnent des exemples, est le suivant.

Nous examinerons le cycle en partant de l'un quelconque de ses points, par exemple du moment où le liquide entre dans l'évaporateur, vient de s'y gazéifier en prenant à cet appareil et à tous les objets qui l'entourent les calories qui lui sont indispensables pour son changement d'état, donc en

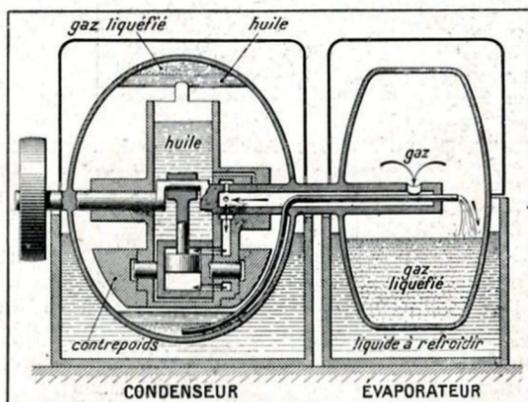


Fig. 1. — Schéma d'une machine à compression sans joints.

Le principe de fonctionnement de cette machine, qui est employée avec succès depuis plus de vingt ans, est exactement celui des appareils de sa famille. Mais elle présente cette particularité précieuse de n'avoir aucun joint, donc aucune possibilité de fuite. Le compresseur est enfermé dans le condenseur qui, entraîné dans une rotation continue ainsi que son voisin l'évaporateur, tourne autour de lui. Le compresseur est, en effet, suspendu à l'arbre manivelle qui actionne son piston. La figure montre bien que le gaz liquéfié, arrivant dans l'évaporateur (à droite), s'y détend, produit du froid, puis revient au condenseur où le compresseur le liquéfie à nouveau et le renvoie à l'évaporateur. — Cette machine ne se construit qu'en dimensions moyennes. — (Audiffren-Singrün.)

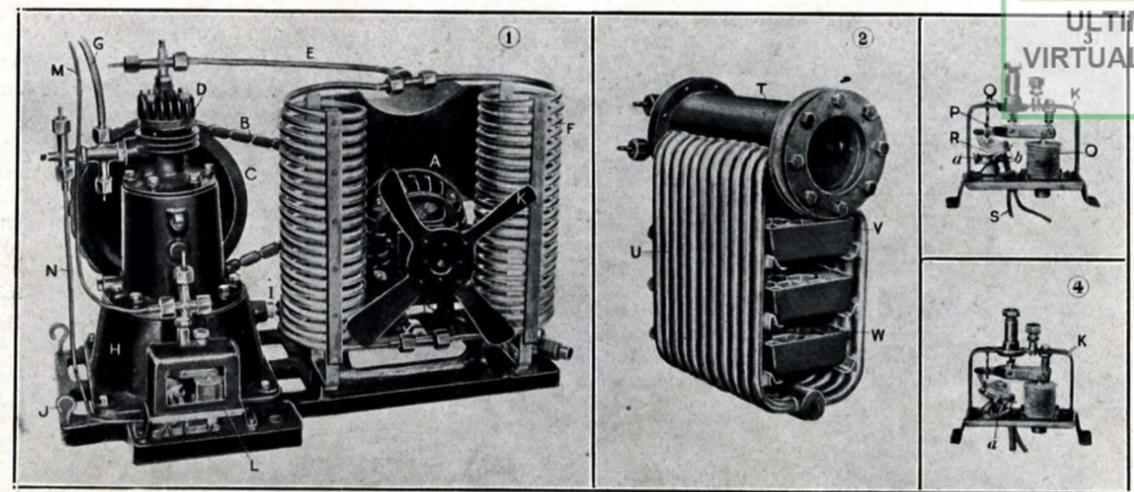


Fig. 2. — Détails d'une machine à froid à compression.

1. Ensemble du groupe de compression. — 2. L'évaporateur et les tiroirs à glace (petits blocs hexagonaux) qui sont logés dans les serpentins (vue d'arrière). — 3 et 4. Le régulateur en position de marche et d'arrêt (mêmes lettres que fig. 2). — (Typ: S. E. V.)

les refroidissant. Un compresseur, actionné par un petit moteur électrique ($1/4$ ou $1/6$ de cheval), aspire ce gaz et le refoule dans un autre récipient nommé *condenseur*, refroidi généralement par un ventilateur d'air actionné par ce même moteur. Ce courant frais enlève aux vapeurs un certain nombre de calories en même temps que la propre tension de ces vapeurs tend à modifier leur forme; et les voici liquéfiées à nouveau. Le liquide réfrigérant, après avoir traversé une vanne de réglage qui en règle le débit, revient à l'évaporateur; et ainsi de suite.

Il est ordinaire, dans ces machines, que la circulation de la substance ne soit pas continue. Le moteur ne se met en marche, et il le fait automatiquement, que lorsqu'un thermostat, placé dans la glacière, et très sensible aux variations de la température, ferme sur lui le courant; il s'arrête dès que la température est redescendue au niveau prévu. Le thermostat agit d'ordinaire sur le moteur par l'intermédiaire d'un soufflet, équilibré par un ressort, qui commande un contacteur et dont on règle les effets en agissant sur ce ressort.

On voit que ces machines sont en réalité fort simples. La différence de leur valeur ne dépend guère que de la différence des soins qui ont été apportés à leur fabrication. Ce principe de fonctionnement est commun aux machines réputées de Cryogène, Frigidaire, Kelvinator, Meco, S. E. V., etc.

LES MACHINES A ABSORPTION. — Il était indiqué que l'esprit des chercheurs se préoccupât d'une machine frigorifique qui ne comporterait aucun dispositif mécanique. Mais, comme on ne peut ici, je l'ai dit, éluder la nécessité d'une circulation des fluides, d'un cycle dans lequel réapparaissent constamment les mêmes éléments se chargeant et se déchargeant de calories, il a fallu recourir à des phénomènes physiques, choisis avec sagacité, pour alimenter le roulement continu des fluides dans l'appareil.

Par exemple nous savons que le fait de chauffer un liquide détermine en sa masse un mouvement ascensionnel de ses parties chaudes par rapport à ses parties froides (thermo-siphon). Nous connaissons aussi que certaines substances ont pour d'autres une telle affinité qu'elles les attirent, les déplacent et les assimilent; l'eau, par exemple, a un tel appétit pour le gaz ammoniac qu'elle en absorbe des quantités énormes, des quantités d'autant plus grandes qu'elle est plus froide: elle en dissout 1.049 volumes à la température de $0^\circ C$ centigrade, et 812 seulement à 10° .

Nous verrons tout à l'heure qu'il a fallu faire appel à un troisième phénomène physique, le jeu des différences de densité de deux gaz, pour que le cycle de la machine à froid sans mécanisme s'effectuât sans aucune défaillance et, qui mieux est, sans arrêts.

Les machines frigorifiques dites jadis à affinité, aujourd'hui à absorption, sont, elles aussi, fort anciennes dans leur principe, puisque Carré établit la première il y a plus de soixante ans. Elles ont

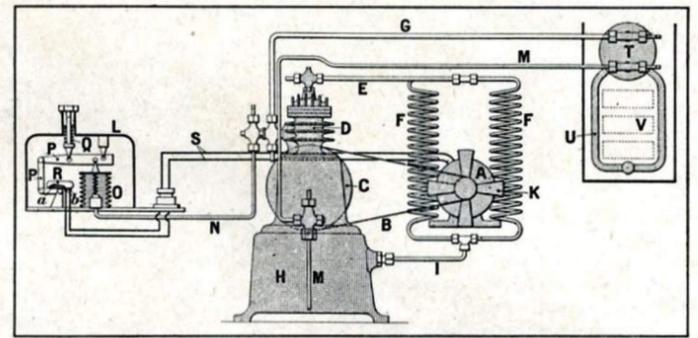


Fig. 3. — Schéma du fonctionnement d'une machine à froid ménagère, dite à compression. — Acide sulfureux.

A, moteur. — B, courroie. — C, volant. — D, cylindre du compresseur. — E, tubulure dans laquelle le gaz est comprimé. — F, serpentins du condenseur. — G, tuyauterie par laquelle le gaz est aspiré. — H, réservoir. — I, tubulure reliant le condenseur au réservoir. — K, ventilateur. — L, régulateur. — M, tubulure allant à l'évaporateur. — N, tubulure reliant le soufflet à l'évaporateur. — O, soufflet métallique élastique. — P, leviers du soufflet. — Q, ressort de réglage du soufflet. — R, interrupteur oscillant. — S, canalisation électrique. — T, tête de l'évaporateur ou réfrigérant. — U, faisceau tubulaire. — V, tiroirs à glace logés dans le faisceau. — a, goutte de mercure. — b, contacts reliés au circuit du moteur. — Des robinets de réglage sont prévus dans le circuit du fluide frigorifique pour permettre le remplissage, l'isolement de telle ou telle section des tubulures, pour réparation éventuelle, contrôle, mise en route, arrêt provisoire. — Le thermostat ne met le moteur en action que si la température à l'intérieur de l'armoire monte au-dessus du niveau prévu. Supposons que le moteur soit arrêté et les contacts, par conséquent, séparés. Le liquide placé dans l'évaporateur se gazéifie peu à peu en absorbant les calories de l'extérieur: le gaz formé fait monter progressivement la pression dans la partie placée au-dessus du liquide; si elle est suffisante (excès de chaleur), elle fait dilater le soufflet, et une goutte de mercure vient recouvrir les contacts, fermant par conséquent le courant sur le moteur, qui se met en route. Le compresseur aspire alors le gaz, et la pression baisse dans l'évaporateur. Le soufflet se contracte et, pour une aspiration suffisante, l'interrupteur, basculant en sens inverse du cas précédent, arrête le moteur. Périodiquement, et suivant la rapidité de l'évaporation, le moteur est donc arrêté, puis remis en route. — (Type S. E. T.)

été délaissées fort longtemps, jusqu'au jour où des perfectionnements de détail, qui pouvaient paraître insignifiants, ont pris cependant tant d'importance qu'ils les ont rendues pratiques. C'est ainsi que Carré n'avait pu qu'approcher du but, puisqu'il n'était pas parvenu à se passer d'une pompe.

La machine ménagère à absorption que je décris ici à titre d'exemple (fig. 5 et 6) présente cet avantage majeur qu'elle peut fonctionner à peu près indéfiniment sans qu'on ait à se préoccuper d'elle, puisqu'elle n'a aucune pièce en mouvement et que si, en l'absence de toute surveillance, la source de chaleur ou bien la circulation d'eau, qui forment les deux aliments extérieurs de sa vie, venaient à manquer, le cycle s'arrêterait tout seul. Sans autre incident, l'armoire froide remonterait alors peu à peu à la température tiède d'un simple garde-manger.

Le grand schéma de cette machine est très simple.

Dans un bouilleur sont placés quelques litres d'eau en laquelle se trouve dissous de l'ammoniac. On le chauffe soit par un bec de gaz qui brûle sans arrêt, soit par une résistance électrique constamment traversée par le courant: l'eau, recevant des calories, rejette immédiatement une grande partie de l'ammoniac qu'elle renferme, lequel, sous forme de gaz, monte tumultueusement dans un serpentin placé au milieu d'un courant d'eau froide, dans l'organe qu'on appelle un condenseur. La perte de calories qu'il subit à ce contact, et aussi sa propre pression (très grande, je l'ai expliqué, à la température où il se trouve, température si éloignée de celle de son ébullition à air libre qui est $-40^\circ C$) font qu'il se liquéfie.

Liquide, le voici qui descend dans l'évaporateur où, sur de larges plateaux étagés, il s'étale, se détend,

se gazéifie... Mais là aucune source de chaleur ne lui apporte les calories qui lui sont indispensables pour opérer ce changement d'état! Il les prend donc à tous ses voisins, et tous ses voisins baissent ainsi de température.

Ainsi chargé des calories qu'il vient de voler, le gaz ne demeure cependant pas dans l'évaporateur. Il faut qu'il cède la place. De l'ammoniac liquide, qui vient du condenseur, pénètre en effet de nouveau dans le sommet de l'évaporateur pour s'y volatiliser à son tour... Le gaz détendu est donc happé par un appareil qui renferme de l'eau et qu'on nomme un absorbeur; de plus, il est chassé par un volume de gaz hydrogène (de densité plus faible que celle de l'ammoniac) — et cette application de gaz neutre est précisément une des trouvailles des deux ingénieurs suédois qui ont réalisé cette machine.

Dissous dans cette eau de l'absorbeur, il revient avec elle à la cuve initiale, où, retrouvant la source

B, prises diverses pour l'alimentation électrique du moteur. — C, compresseur rotatif à palettes. — E, évaporateur (dans certains cas il est noyé dans un bain de saumure incongélable qui forme un véritable accumulateur de frigorifiques). — G, canalisation conduisant le gaz liquéfié du compresseur à l'évaporateur. — M, moteur actionnant le compresseur. — Le compresseur est monté sur l'arbre même du moteur; il n'existe donc ni poulies, ni courroies, ni engrenages. Rotatif, il tourne sans vibrations et sans bruit. Il n'a ni soupapes, ni pistons. Le graissage se fait sous pression, à circulation forcée par le gaz même, dans un circuit complètement fermé. Il y a un courant d'eau qui coopère avec le compresseur à la liquéfaction du gaz. — Les machines de ce type se font en puissances variées, depuis 150 frigorifiques-heure jusqu'à 10.000.

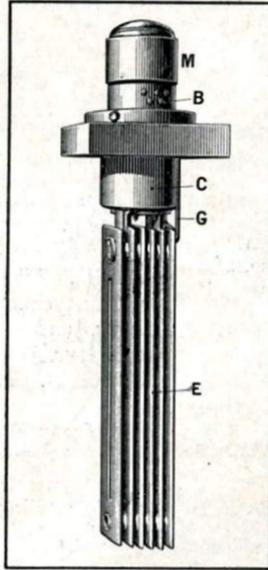


Fig. 4. — Élément complet d'une machine à faire le froid par chlorure de méthyle (type à compression).
Modèle Boréas des Etablissements Electro-mécaniques de Strasbourg.

de chaleur, il sort à nouveau de cette eau, monte en gaz au condenseur, redescend en liquide à l'évaporateur et de la sorte continue indéfiniment le cycle.

Ainsi sans arrêt dépouillé de calories, l'évaporateur s'effondre dans le froid. Si, dans le milieu de ses plateaux, on a rempli d'eau de petits tiroirs, cette eau se transforme en glaçons rectangulaires. Il y fait froid à -2° , -5° , -10° parfois. Sur les parois de l'évaporateur, l'air qui passe est immédiatement dépouillé de son humidité, qui se tourne en givre et prend les apparences blanches de la neige...

UN VOLANT DE FROID. — Toutes ces machines peuvent comporter un volant de froid, c'est-à-dire l'adjonction d'une masse liquide incongélable (Cryogène, Kelvinator, etc.) ou même métallique (Meco), qui absorbe des frigorifiques aux moments où on peut les acheter le moins cher, par exemple pendant la nuit, puisque la machine fonctionne alors au tarif le plus bas du compteur; et elle les restitue pendant le jour. Le dispositif est excellent.

Mais il est souvent critiqué par la clientèle ignorante, qui semble ne pas concevoir qu'il faille plus de temps pour obtenir de la glace dans une machine pourvue ainsi d'un grand réservoir d'énergie, d'un véritable accumulateur qu'il faut bourrer de frigorifiques, que dans une autre qui n'a pour tout volant que sa propre matière et celle des aliments qu'elle renferme!

CONCLUSIONS. — J'espère avoir fait comprendre à nos lecteurs l'importance du froid dans l'économie ménagère en même temps que le jeu savant des machines qui le produisent.

Je tiens à ajouter que la machine à froid ne doit pas du tout être considérée comme un des « signes extérieurs de la richesse », mais simplement comme un des progrès modernes réservés aux petites bourses tout autant qu'aux grandes. Il faut remarquer que, dans cette classe spéciale d'appareils thermiques, le gaz s'affirme parfois concurrent redoutable de l'électricité, de par le prix de revient. Certaines petites machines de ménage, dont le succès s'affirmera un jour, n'ont même d'autre source de chaleur, donc de froid, qu'une familiale lampe à alcool.

BAUDRY DE SAUNIER.

Ce modèle comporte soit un bec de gaz, soit une résistance électrique, qui sont les sources de la chaleur nécessaire. — Dans un bouilleur annulaire se trouve une solution de gaz ammoniac dans de l'eau. On le chauffe : du gaz se libère et monte dans un condenseur, après être passé au travers d'un séparateur qui arrête, par ses chicanes *c*, la vapeur d'eau que le gaz entraîne avec lui; on remarquera que la condensation de cette eau, qui retombera ensuite d'elle-même dans le bouilleur, est facilitée par une dérivation *e*, aboutissant à une chambre annulaire *a*, qui amène un peu d'ammoniac liquide, lequel s'y évapore en se refroidissant, puis regagne le condenseur par *b*. — Le gaz ammoniac, ainsi bien desséché, passe dans le condenseur autour d'un tuyau dans lequel circule de l'eau froide; sa propre pression aidant, il s'y liquéfie, puis tombe dans le collecteur *K*. Par différence de niveaux, il entre dans l'évaporateur ou réfrigérant, s'étale en minces pellicules sur une série de disques à rebords *d* et s'y transforme en gaz. L'évaporateur est placé dans l'intérieur du meuble à refroidir; il est entouré d'un radiateur à ailettes qui constitue une grande surface réfrigérante et entoure des tiroirs où l'eau se prend vite en glace. — Le gaz ne demeure pas dans l'évaporateur; il est immédiatement repris par l'absorbeur par *A* et *A'*, qui, d'ailleurs, est cause, lui aussi, de la gazéification dans l'évaporateur. En effet, lorsqu'on a chauffé le bouilleur, la quantité d'eau qui s'est libérée de son gaz est tombée au fond de l'appareil parce que, même chaude, elle avait cependant une densité plus grande que celle du reste de l'eau ammoniacale; elle est sortie par le bas du bouilleur, s'est refroidie dans le tube central d'un échangeur de températures, puis agagné la partie supérieure de l'absorbeur, moins élevée que le niveau du liquide renfermé dans le bouilleur.

Cette eau pauvre et refroidie, ayant à nouveau un grand pouvoir d'absorption de l'ammoniac, tombe alors sur une série de disques perforés dont les trous sont disposés en chicanes, brassant ainsi le gaz et l'absorbant continuellement. Une solution riche de gaz se forme de cette façon et se rassemble à la partie inférieure de l'appareil. La chaleur dégagée par l'absorption (phénomène inverse de celui qui se passe dans le bouilleur) est emportée par une circulation d'eau qui, par *B*, s'en va traverser le condenseur. Alors, la solution riche qui s'est formée au fond de l'absorbeur passe par *J*, par la chambre annulaire qui entoure le tube d'eau pauvre, par le serpentin *g* qui est enroulé autour de la source de chaleur, et se déverse dans le bouilleur en son sommet. Nous voici revenus à notre point de départ. — Mais la pression du gaz ammoniac est évidemment beaucoup plus élevée dans le bouilleur plus chaud que dans l'absorbeur moins chaud. Donc, s'il n'existait dans l'appareil que ce seul gaz, il faudrait vaincre une importante différence de pressions pour faire passer dans le bouilleur la solution riche que renferme le fond de l'absorbeur; il faudrait employer une pompe, et nous reviendrions ainsi à la machine à absorption continue de Carré. Les inventeurs de la présente machine, MM. de Platen et Munters, ont introduit dans leur appareil un gaz qui ne se combine pas à l'ammoniac, de l'hydrogène, qui est répandu, certes, dans tout l'appareil, mais se tient surtout dans les deux organes où la pression est la plus faible, c'est-à-dire dans l'évaporateur et l'absorbeur, car lorsque l'ammoniac sort violemment du bouilleur, il chasse l'hydrogène vers le collecteur *K* où il pénètre par un tube spécial recourbé. L'hydrogène est beaucoup plus léger que l'ammoniac; or, bien que la pression totale soit la même dans l'évaporateur et dans l'absorbeur, l'atmosphère de l'évaporateur, constituée surtout par du gaz ammoniac, est plus lourde que celle de l'absorbeur où, puisque ce gaz ammoniac est absorbé, domine l'hydrogène. Il en résulte que, l'évaporateur étant placé plus haut que l'absorbeur, la différence de densité de ces deux atmosphères provoque une circulation automatique de la masse gazeuse (ensemble ammoniac et hydrogène mêlés) de l'évaporateur vers l'absorbeur. Cette masse est ainsi animée d'un mouvement descendant dans l'évaporateur et d'un mouvement ascendant dans l'absorbeur. Lorsqu'elle a gagné la partie supérieure de l'absorbeur, l'atmosphère gazeuse n'est plus constituée que par de l'hydrogène, qui se rend à l'évaporateur par les voies *H* et *J*.

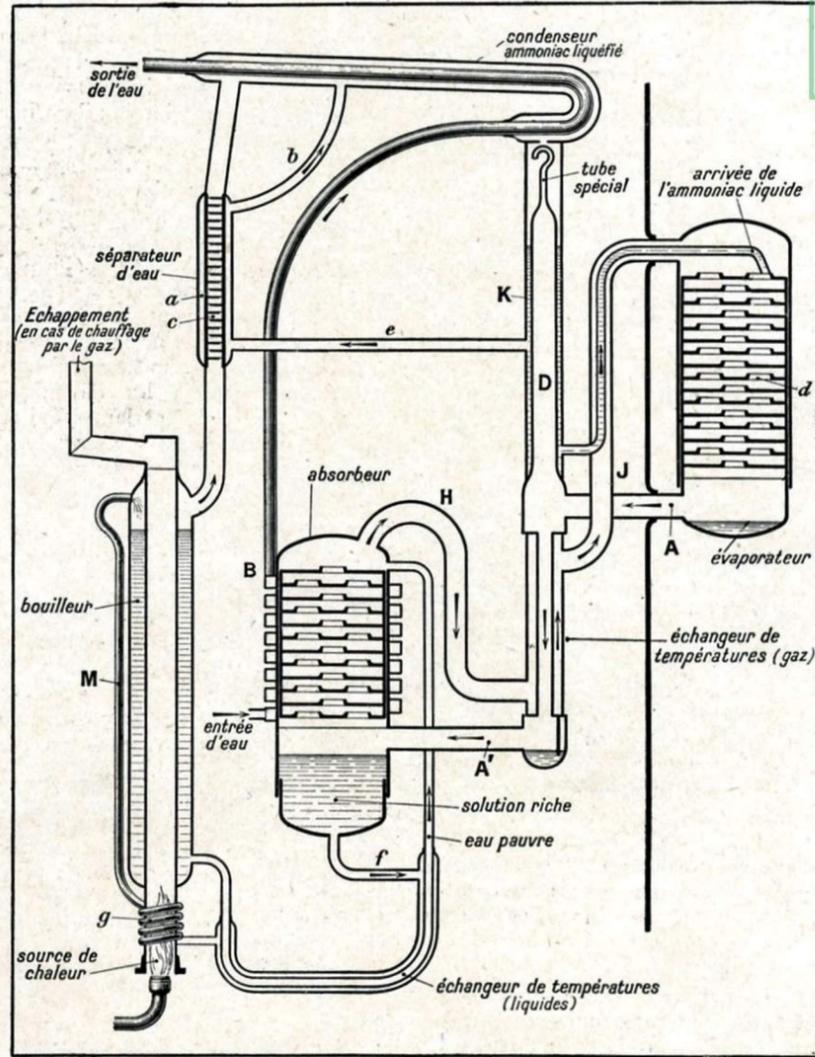


Fig. 5. — Schéma du fonctionnement d'une machine à froid ménagère, dite à absorption, ne renfermant aucun mécanisme. — Le refroidissement du condenseur est opéré par un courant d'eau.

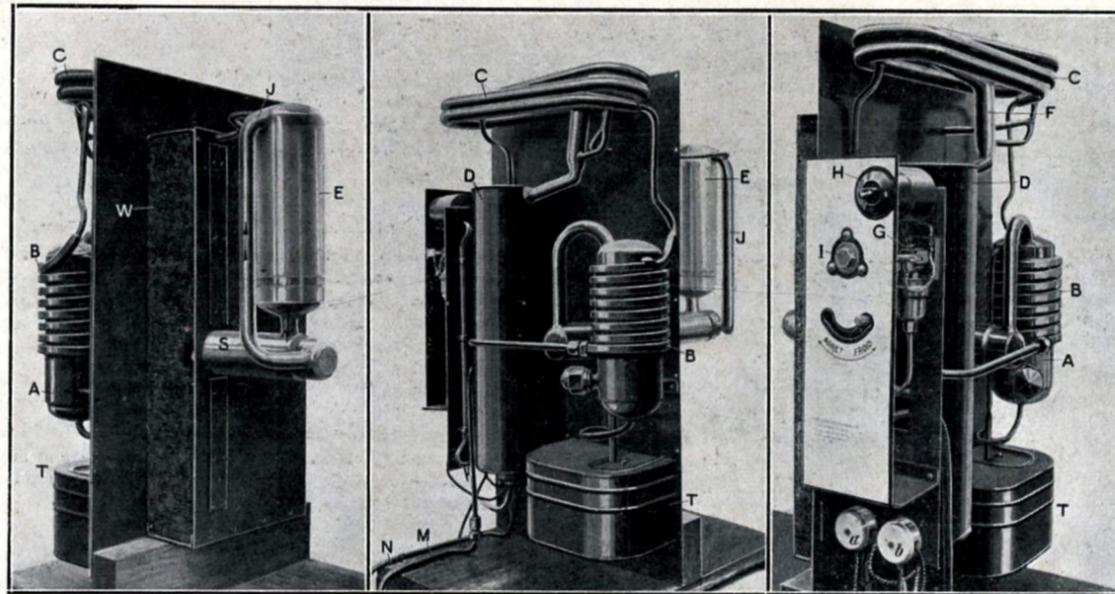


Fig. 6. — Détails des organes de la machine à absorption que représente la figure schématique 5 (les organes sont ici montrés selon l'agencement qui leur est donné dans les expositions pour une compréhension plus facile).

A, l'absorbeur. — B, serpentin dans lequel court l'eau qui refroidit l'absorbeur puis le condenseur C. — D, le bouilleur. — E, l'évaporateur. — F, l'échangeur de température des liquides. — G, disjoncteur, qui coupe le courant en cas d'arrêt de la circulation d'eau. — H, commutateur à 3 allures (réglant les 3 allures auxquelles peut fonctionner l'appareil; l'allure 1 (180 watts-heure) est celle de la marche habituelle et correspond aux besoins des contrées tempérées; l'allure 2 (280 w.-h.), est utilisée aux colonies; l'allure 3 (360 w.-h.) n'est employée que lorsqu'on veut obtenir de la glace dans un temps très court). — I, filtre d'eau et réglage de son débit. — J, conduit d'hydrogène. — M et N, arrivée et sortie de la circulation d'eau de refroidissement. — S, l'échangeur de température des gaz. — T, réservoir de l'eau ammoniacale. — a, b, boîtes d'accouplement électrique. — (Type Electro-Lux.)