

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 19 mai 1928.)

XI. — LES MACHINES A FAIRE LE FROID

Nous avons vu, le 19 mai, comment dans un home moderne on peut faire de la chaleur. Il est logique, puisque le froid n'est que la négation de la chaleur, que nous étudions, après la production des calories, celle des frigories.

La création de basses températures n'est pas, ainsi que pourraient le penser des esprits superficiels, un simple raffinement pour gens riches ou particulièrement délicats. C'est, bien au contraire, un des grands problèmes de la vie contemporaine ; c'est même une science sociale jugée si importante par les gouvernements de tous les grands pays, et depuis si longtemps, qu'il y a vingt ans déjà se tenait le premier Congrès International du Froid.

Il s'agit, en effet, par les applications du froid, d'équilibrer entre tous les peuples la répartition des substances utilisables pour l'alimentation humaine, en transportant les produits de leurs lieux d'origine à leurs points d'utilisation sans qu'ils subissent d'avaries graves au cours des voyages. Car on estime encore aujourd'hui à 20 % les pertes ou utilisations incomplètes des denrées véhiculées à travers le monde par bateaux et wagons !

Il serait certainement intéressant d'esquisser ici les progrès énormes dans l'alimentation générale, ignorés de la plupart d'entre nous, qui ne sont dus qu'à la science du froid, l'arrivée en Europe : des viandes du Canada, maintenues pendant huit jours à l'état frais (réfrigérées, à +5°), et celles d'Australie (frigorifiées, à -10°) qui passent les tropiques et se conservent néanmoins de longs mois ; des poissons de l'Amérique du Nord qui parfois sont expédiés congelés dans la glace qui les enferme et reprennent vie au dégel ! On trouverait les tonnes de fruits et de légumes qui, tout frais sur nos marchés, proviennent cependant d'Afrique ; les volailles, les œufs, le lait, les beurres qui circulent impunément pendant de longs jours sur les voies ferrées au plus fort des étés. Etc.

On pourrait énumérer aussi les services fondamentaux que rend le froid à de considérables industries telles que la panification, la brasserie, la vinification (champagne), la conservation des fourrages, la production de la soie animale, l'horticulture (retardement de la floraison), la fabrication des fromages (régulation de la maturation), conservation des sérums et des vaccins. Etc.

Le lecteur peu au courant des résultats qu'obtient cette classe si spéciale de l'activité humaine apprendra avec un peu d'étonnement probablement que la France est le siège d'un Institut International du Froid, créé en 1920, et qu'elle possède une Association Française du Froid, reconnue d'utilité publique la même année. Cette Association a institué une Ecole du Froid, qui forme des « ingénieurs-frigoristes » ; elle délivre depuis 1909 des certificats d'Etudes Supérieures Frigorifiques. Etc.

C'est que la France est le « berceau du froid », puisqu'en 1824 déjà Bussy signalait la possibilité d'abaisser une température en vaporisant de l'acide sulfureux liquéfié ; puisque le premier brevet de Carré sur une machine à éther sulfurique est du 24 août 1854 ; que la première machine à absorption a été brevetée le 25 juillet 1860 par Tellier, cet initiateur que le Congrès international du froid de 1908 dénommait par acclamation le père du froid en raison des heureuses applications de ses procédés à l'industrie ; qu'enfin les Cailletet, d'Arsonval et Georges Claude ont ouvert toutes grandes ces voies vers de nouvelles richesses.

Mais on devine la conclusion de cet exposé rapide : c'est de l'étranger ensuite que, pendant de longues années, nous sont venues la plupart des machines à faire le froid, bien mises au point d'ailleurs et pourvues de détails de réalisation qui fréquemment en constituent toute la valeur pratique. Notons avec joie que de grandes et fortes maisons françaises font revivre maintenant la tradition glorieuse de notre industrie nationale du froid.

Nous n'étudierons ici naturellement que les procédés de fabrication du froid qui sont à la portée de l'amateur et pour les seuls besoins ménagers. Les appareils qui en résultent dérivent des engins industriels, mais sont bien loin cependant de n'en être que la réduction. Les conditions d'utilisation dans lesquelles fonctionne un mécanisme confié à des

maines profanes rendent toujours indispensables de profondes modifications de ses dispositifs.

A QUOI SERT UNE MACHINE A FROID ? — Dans le Chez-Soi une machine à froid a évidemment pour objet la production de glace, la réussite de sorbets, de cocktails, de crèmes, de pièces de confiserie même, qui correspondent à cette forme légère de l'Art qu'est la gourmandise élégante. La glace en permanence peut, au surplus, jouer dans une famille un rôle beaucoup plus sérieux d'assistance à un malade.

Mais la véritable destination d'une machine à froid dans un intérieur est la conservation des denrées alimentaires. En été notamment quantité de produits « tournent » en quelques heures ; la plupart aigrissent ou s'altèrent en une journée. Que de fraises, de bouillons, de laitages, que de « restes » précieux de viandes et de poissons, entrés au garde-manger sous l'œil caressant du consommateur, en sont sortis le lendemain pour l'égoût ! En hiver, où les denrées sont plus rares et plus chères, les désastres sont moins rapides mais tout aussi onéreux pour le budget, parfois même pour la santé. La machine à froid assure en continuité l'aliment frais et l'aliment sain. Tel est son rôle important.

On sait en effet qu'une substance organique est constamment en voie de transformation. Les auteurs de ce bouleversement parfois très rapide sont principalement les microbes et les bactéries dont elle est littéralement saupoudrée et imprégnée, qui travaillent sans cesse à la désorganiser et dans cette œuvre se portent fréquemment mutuel appui. Ce sont aussi les diastases, ces ferments solubles qui coopèrent à l'alimentation de toute cellule, même cellule microbienne, et sont à la base de toute fermentation alcoolique, lactique, butyrique, etc., jusqu'au moment où, par suite d'une véritable combinaison de fermentations simultanées ou successives, toute la substance organique s'effondre dans la putréfaction (1).

Or, tous ces micro-organismes, levures, moisissures et leurs spores, ont besoin de chaleur pour demeurer actifs. La machine à froid les engourdit, les paralyse même. Tant qu'ils sont sous sa domination, ils demeurent inoffensifs.

N'allons pas penser cependant qu'elle les tue ! Elle n'est pas un stérilisateur. Certains microbes, qui sont annihilés par une chaleur de +80°, résistent au froid de l'air liquide à la pression atmosphérique, qui est de -193,5 !

Le froid ne peut donc que ralentir la vie des microbes. Et même a-t-on constaté que l'alternance de chaud et de froid moyens qu'on peut leur appliquer donne ce résultat singulier qu'ils font bien vite de l'adaptation à un tel régime ! De par l'étrange souplesse de tempérament que leur reconnaissent tous les savants qui les étudient, ils s'accoutument vite à ce chaud ou à ce froid, qui désormais n'affecte plus du tout leur vitalité !

Il semble, par conséquent, qu'au point de vue de la conservation des aliments, une des premières qualités que doit posséder la machine à froid est la constance dans le niveau des températures qu'elle dégage.

Une autre, d'aussi grande importance, est la sécheresse de l'atmosphère froide qu'elle renferme. Car les atmosphères humides sont très favorables au développement des colonies microbiennes, surtout si la température n'est que médiocrement basse.

Quelles valeurs doivent donc avoir les températures fournies par une machine frigorifique de ménage ? On se tromperait gravement en pensant que la température intérieure d'une armoire froide doit se maintenir à quelques degrés en dessous de zéro, ou même à zéro seulement. Les liquides d'alimentation, le lait, etc., les œufs, les chairs animales et même végétales, la plupart des denrées seraient gravement atteintes par un tel froid. Il faut seulement qu'elles soient maintenues très rafraîchies.

Chaque denrée, d'ailleurs, a une température de conservation qui est optimale pour elle souvent à un dixième de degré près ; l'industrie naturellement l'observe avec précaution. Dans la vie ménagère on adopte par obligation une moyenne : généralement la température intérieure des armoires à froid varie de +4° à +7°. L'évaporateur qu'elles renferment descend parfois, mais lui seul, à -10° et -12°. D'ordinaire il se maintient aux environs de -2°. C'est entre ses parois mêmes que se réalise la glace, sous la forme que l'on veut, généralement sous celle

de petits cubes tout à fait plaisants et pratiques (fig. 3).

DEUX VIEUX PROCÉDÉS. — Avant d'aborder l'étude des réalisations modernes du froid domestique, on me permettra de rappeler en quelques lignes deux conceptions d'autrefois qui ne font qu'approcher le but.

— On peut certainement conserver au frais des aliments dans le meuble classique qu'on nomme *glacière* ou *timbre*, puisqu'il renferme en l'un de ses compartiments une masse importante de glace.

Mais il est bien certain que ce procédé est très loin de la solution du problème posé, puisqu'il implique que l'usager soit presque quotidiennement approvisionné de glace et puisse la température générale de l'intérieur de l'armoire ainsi garnie ne descend guère jamais au-dessous de +12° et même +15° ; températures relativement froides d'ailleurs au cœur de l'été, lorsque les garde-manger ordinaires demeurent à +20° et même +25° !

En outre, l'atmosphère d'une telle armoire est sans arrêt humidifiée par l'eau qui provient de la fusion de la glace.

— Par un autre procédé on peut, ne cherchant pas à obtenir une atmosphère froide dans laquelle se conservent les aliments, fabriquer de petites quantités de glace pour consommation alimentaire immédiate. Certains sels, tels que l'azotate d'ammoniac, l'azotate de potasse, etc., lorsqu'ils se dissolvent dans l'eau ou dans un autre liquide convenable, produisent en effet, — par suite de phénomènes curieux que nous allons examiner dans un instant, — un abaissement de température (-12°, -16°, etc.) tel que, si l'on installe dans le mélange liquide ainsi préparé un ou plusieurs petits moules métalliques dans lesquels on a enfermé de l'eau, elle s'y solidifie.

Ce mode opératoire est connu de longue date. Il y a une cinquantaine d'années, on l'utilisait dans un petit appareil qu'on nommait une *glacière de famille*. Evidemment, il peut rendre de menus services, bien qu'il hausse le prix du kilo de glace à une quinzaine de francs ! Dans tous les cas, il est nettement incapable de déterminer le refroidissement d'un meuble si petit soit-il.

Pour réaliser notre programme, il nous faut des appareils autrement puissants, dont nous allons analyser les principes de fonctionnement.

L'ATTENTION SOUTENUE EST DE RIGUEUR ! — L'explication des phénomènes qui ont pour résultat d'abaisser la température des corps dits non vivants, jusqu'à ces degrés bas du thermomètre où nous les déclarons « froids » et même « excessivement froids », l'explication de ces jeux de calories et de frigories, de chaleurs de vaporisation et de tensions de vapeur, qui aboutissent à des blocs de glace, est extrêmement difficile à donner au public. Aussi bien ne la trouve-t-on nulle part sous une forme assimilable à tous.

D'autre part, il me semble qu'un lecteur ou une lectrice de *L'Illustration* se reconnaîtrait mal sous la figure d'un esprit résigné à ne savoir jamais rien du fonctionnement intime de machines si curieuses, si pratiques et, pour dire le mot, si nécessaires !

Nous allons donc ensemble, si vous le voulez bien, essayer d'apercevoir des lumières dans ces ténèbres glacées. Tenons-nous bien par la main, et ne nous lâchons pas avant d'avoir atteint la pleine lueur !

Les trois états. — Nous savons tous qu'une substance, un corps, peut se présenter à nos sens sous trois états différents : c'est un solide, c'est un liquide, c'est un gaz.

En réalité, aucune de ces formes n'est la caractéristique permanente de ce corps. De l'eau, par exemple, est toujours de l'eau, qu'elle soit en glace, en liquide ou en vapeur. Mais nous sommes habitués à voir les corps sous telle ou telle forme, et nous jugeons faussement qu'elle est l'apparence vraie de ce corps.

Or, la forme, pour être plus scientifique, l'état, sous lequel se présente un corps ne dépend que de la chaleur qu'il renferme et de la pression qui est exercée sur lui.

Chaleur. — Si nous admettons que la pression

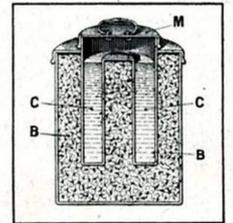


Fig. 1. — Coupe dans une « glacière de famille » d'autrefois. B, sel réfrigérant dissous dans de l'eau. — C, glace ou sorbet glacé qui se formait dans le réfrigérateur M.

(1) Voir à ce sujet l'excellent ouvrage de M. A. Monvoisin, professeur à l'Ecole du froid, la Conservation par le froid des denrées périssables.

sous laquelle le corps se trouve (par exemple, tout simplement, la pression de l'atmosphère, c'est-à-dire de la colonne d'air qu'il supporte) ne varie pas, il suffit que nous retirions à ce corps de la chaleur pour que de l'état gazeux nous le fassions passer à l'état liquide ; puis, lui en enlevant encore, à l'état solide.

Par exemple, sans modifier la pression atmosphérique qu'un certain volume d'air recevait dans un vase largement ouvert, notre grand inventeur Georges Claude a pu donner à ce gaz si commun la forme liquide en le refroidissant (par procédés spéciaux qu'il n'y a pas lieu d'expliquer ici) à $-193^{\circ},5$. En poussant plus loin le refroidissement, et toujours sans modifier la pression, il a pu dans son laboratoire faire de cet air liquide un air solide au moment où la température atteignait -216° . (Par les mêmes procédés il a pu d'ailleurs solidifier l'azote à -213° et l'oxygène à -225° .)

Donc, diminution de chaleur ou augmentation de chaleur déterminent, pour une bonne part, l'état des corps.

Ici, je me permets de faire observer à mes lecteurs que nous devons abandonner cette erreur naïve, instinctive, qu'un corps ne renferme de calories qu'autant qu'il est chaud pour nos sens grossiers!... La calorie est une forme de l'énergie, et rien autre. Même quand un corps nous paraît « extrêmement froid », même si nous voyons le thermomètre, plongé en lui, descendre à -50° , je suppose, nous pouvons encore lui soustraire de la chaleur, avec une ampleur que nous ne soupçonnons pas d'ordinaire, puisque la température de -273° , dite zéro absolu, est la limite où aucun corps ne présente plus la moindre trace d'énergie calorifique!

Par conséquent, classons définitivement parmi les conceptions ridicules que tout ce qui est au-dessus de 0°C . est chaud, et que tout ce qui est en dessous est froid! Rien n'est chaud et rien n'est froid que relativement, c'est-à-dire par comparaison avec d'autres matières.

La vérité est qu'un corps donné renferme le plus qu'il peut d'énergie calorifique lorsqu'il est à l'état gazeux, et le moins qu'il peut quand il est à l'état solide.

Pression. — Done l'état d'un corps dépend d'abord des quantités de calories qu'il renferme, ou ne renferme pas (frigories) ; qu'on les lui ait communiquées ou, nous le verrons, qu'il les ait prises de lui-même.

Mais cet état dépend aussi de la pression qui s'exerce sur le corps. Nous allons voir l'importance extrême qu'elle a dans le changement d'état.

Si nous mettons de l'eau dans un récipient découvert, de l'eau n'ayant donc sur sa surface d'autre charge que celle de l'atmosphère, et si nous la chauffons, elle parvient peu à peu à une température telle que la vapeur qu'elle dégage possède une force élastique qui contre-balance exactement la pesée de l'atmosphère. La vapeur se dégage facilement de la masse liquide ; l'eau s'évapore tumultueusement. Nous disons alors que l'eau est à son point d'ébullition et, sur un tube de verre qui renferme du mercure, nous faisons un trait au niveau où est monté le liquide argenté, niveau que nous chiffons 100 (le 0 étant le point où le mercure est descendu lorsque le même tube de mercure (thermomètre) a été plongé dans de la glace qui était en fusion).

Mais, de convention aussi, ce chiffre 100, qui désigne la température à laquelle l'eau bout, n'est valable que si nous faisons notre petite opération dans un endroit, dans une plaine par exemple, qui soit juste au niveau de la mer, c'est-à-dire à l'altitude zéro, et un jour où il n'y ait pas de dépression barométrique. Car, si la pression atmosphérique était moindre ; si, pour refaire notre expérience, nous nous transportions au haut du Mont Blanc (4.810 mètres au-dessus du niveau de la mer), nous constaterions que la même eau se met à bouillir à une température bien plus basse, à $+84^{\circ}$, pour la raison qu'elle subit de la part de l'atmosphère une charge bien plus faible, diminuée en effet du poids d'une colonne d'air de 4.810 mètres de hauteur.

Si maintenant, étant redescendus de notre montagne au niveau de la mer, nous fermons solidement le récipient qui renferme cette eau, et si nous continuons à chauffer, nous voyons que, même à la température de 101, 102 degrés, etc., l'eau ne se met plus à bouillir ! C'est que le peu de vapeur qu'elle a émise acquiert graduellement de notre foyer une telle quantité d'énergie, une telle tension, qu'elle

s'oppose absolument à la vaporisation de la masse du liquide. — Nous obtiendrions d'ailleurs exactement le même effet si, laissant le liquide à découvert, nous descendions faire l'opération du chauffage de l'eau au fond d'une mine : l'augmentation de pression due à l'augmentation de la hauteur de la colonne d'air qui pèserait sur le liquide en retarderait d'autant l'évaporation tumultueuse.

Par conséquent, une simple augmentation de pression peut faire qu'un corps demeure par exemple liquide à une température où d'ordinaire nous le voyons se transformer en vapeur!

J'ai dit plus haut que, pour faire bouillir de l'eau à 84° , il suffisait de faire l'opération au sommet du Mont Blanc. Mais nous arriverions exactement au même effet si, tout en chauffant le récipient, nous

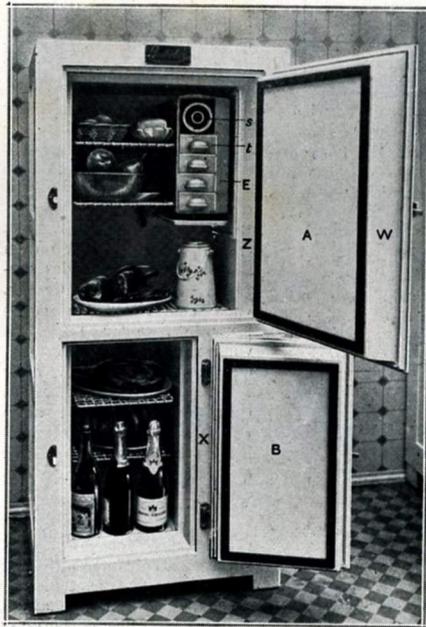


Fig. 2. — Une armoire à froid.

Une armoire à froid est toujours calorifugée avec soin, généralement par du liège granulé, car le froid est toujours plus coûteux à produire que le chaud (on l'estime 12 fois plus) et doit être conservé avec soin. Cette armoire a une puissance moyenne de 150 frigories-heure. La frigorie, unité de mesure du froid, est la quantité de chaleur qu'il faut retirer d'un kilo d'eau pour faire descendre sa température d'un degré centigrade. Ce qui revient à dire qu'une machine frigorifique de 150 frigories-heure est capable de produire le froid nécessaire pour, en une heure, abaisser de 1 degré 150 litres d'eau, ou de 10 degrés une masse de 15 litres. D'autre part, à titre de comparaison rapide, on peut dire *grosso modo* que 100 frigories produites dans une machine dégagent le froid que donnerait 1 kilo de glace introduite dans l'armoire. Par conséquent, une machine de 150 frigories-heure correspond à une glacière consommant à l'heure 1 kil. 5 de glace, soit 36 kilos en 24 heures. Les appareils de ménage ont une puissance moyenne de 100 à 300 frigories-heure. — (Dans l'industrie, on obtient plusieurs millions de frigories-heure.)

A B, portes fortement calorifugées par toute l'épaisseur de W. — E, l'évaporateur avec un logement pour la frappe rapide d'une bouteille de champagne S, et ses tiroirs à petits cubes de glace I (voir fig. 3). — Les organes sont situés dans les parois X et Z de l'armoire. La porte B cache ici le bouton de réglage des trois allures de marche que comporte l'appareil et celui de son arrêt. — (Type Electro-Lux.)

faisons en lui, au moyen d'une pompe aspirante par exemple, un vide relatif qui correspondrait à supprimer sur le liquide le poids de cette colonne d'air de 4.810 mètres de hauteur. Et même, si nous faisons dans ce récipient un vide qui correspondrait exactement au poids total de la colonne atmosphérique, nous verrions que le liquide se met à bouillir à froid sans que nous lui ayons apporté la moindre calorie par un foyer quelconque!

Par conséquent, une simple diminution dans la pression qu'il supporte peut faire qu'un liquide se transforme en vapeur.

En résumé : plus ou moins de chaleur, ou plus ou moins de pression, voilà sommairement les deux grandes raisons des états des corps. Chaleur et pression ajoutent d'ailleurs presque toujours leurs effets les uns aux autres.

Un liquide qui bout au-dessous de zéro. — Mais vous comprenez que tous les corps n'ont pas les caractéristiques de l'eau ; que chacun au contraire

à les siennes, et que c'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est lui-même ! Les physiiciens ont choisi l'eau pour déterminer les températures par degrés Celsius, sur la terre le liquide fondamental, celui que connaissent le mieux les humains, puisque d'ailleurs il entre pour près des trois quarts dans leur propre composition!

Mais, au lieu de prendre pour type de mesures ce liquide eau qui n'entre en ébullition que lorsqu'il renferme beaucoup de calories, ils auraient pu, par bizarrerie certes proche de la folie, faire élection d'un autre liquide qui, pour se muer en vapeur, en exige bien moins, par exemple l'ammoniac liquide, que l'on voit, lorsque la pression qu'il supporte est égale à celle de l'atmosphère, entrer en ébullition, prendre l'état gazeux, à 40 degrés en dessous de zéro (1) ! Nous trouverions alors tout naturel de dire et d'écrire, puisque, je le répète, nos désignations ne sont jamais que conventionnelles, que l'ammoniac entre en ébullition à 100 au-dessus de zéro, puisque nous aurions décidé de le dire et de l'écrire ; que la glace fond à $+140$, et que l'eau entre en ébullition à $+240$!

Que l'eau bouille à la température admise et classique de $+100$, et que l'ammoniac liquide bouille à celle de -40° , il n'y a là, on le voit, rien que de très simple à comprendre, puisque deux corps, comme deux individus, ont des caractères très différents, des possibilités très dissemblables, et jusqu'à des bizarreries (par exemple l'eau qui se refroidit se dilate à partir d'une certaine température, alors que presque tous les autres corps se contractent au froid). Ces phénomènes ne nous semblent extraordinaires vraiment que pour cette seule raison qu'ils ne font pas partie de notre ordinaire!

Nous comprenons maintenant pourquoi, dans les machines domestiques à faire du froid, on emploie toujours des liquides dont le point d'ébullition est, à la pression atmosphérique, très en dessous du zéro : l'ammoniac liquide, à -40° ; l'acide sulfureux, à -8° ; le chlorure de méthyle, à -21° . C'est que ces machines, nous allons le voir, ne font d'autre travail que d'opérer constamment le changement d'état de ces liquides en gaz, puis de gaz en liquides, en expulsant les calories et en conservant soigneusement les frigories qui accompagnent toujours ces transformations alternatives. Il était indiqué qu'on prit, pour faire ces cubites thermiques, des corps qui les exécutent naturellement dans les régions basses qui avoisinent la glace, plutôt que ceux qui pirouettent dans les hauteurs de l'eau bouillante !

On conçoit très bien aussi que des liquides qui sont en ébullition déjà à 140 degrés au-dessous de la température où l'eau bout aient une pression de

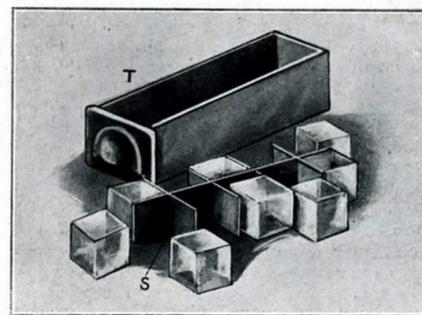


Fig. 3. — Forme sous laquelle se produit généralement la glace dans une armoire à froid de ménage.

Le séparateur S en forme d'arête, logé dans le tiroir T, détermine la forme des petits cubes obtenus.

vapeur très élevée lorsqu'ils sont à la température ordinaire à laquelle nous vivons, à $+15^{\circ}$ ou 20° par exemple, c'est-à-dire à 55 ou 60 degrés au-dessus de leur point d'ébullition.

Un phénomène amusant. — Voici la dernière phase

(1) Les adjectifs *beaucoup* et *moins* sont évidemment pris ici dans un sens tout relatif ! — D'autre part, l'ammoniac dont il est ici question n'est pas celui qu'on trouve chez les pharmaciens sous le nom d'alcali volatil, et qui est du gaz ammoniac dissous dans de l'eau, de l'eau ammoniacale. Il s'agit ici du gaz ammoniac pur, composé d'azote et d'hydrogène (AzH_3), que les hommes ne voient à l'état liquide que si la température ou la pression qu'il subit (très rares à constater dans la vie courante) le mettent en cet état. — Enfin on écrit aussi bien *ammoniac* que *ammoniaque*, au masculin tout autant qu'au féminin, comme substantif et comme adjectif.

de mes explications. Nous arrivons à l'extrême bout de la caverne...

Remettons l'eau sur le feu en vase ouvert. Lorsqu'elle bout, le thermomètre marque 100. Continuons à chauffer : il ne monte pas ! Augmentons beaucoup le feu : le bouillonnement est plus intense, on sent que le récipient va se vider de son eau plus rapide-

de vapeur un kilo d'eau qui est à 100 degrés, il faut lui donner autant de chaleur que pour faire monter d'un degré 579 kilos d'eau !

Or voici un phénomène bien curieux. On peut jouer à un corps la farce, si on me permet de m'exprimer ainsi, de le forcer à changer d'état, sans

lui fournir les calories ou les frigories qui lui sont indispensables pour le faire. On le contraint alors à les voler autour de lui !...

Par exemple, si on entoure d'une boule d'ouate le réservoir d'un thermomètre, et qu'on verse sur elle un peu d'éther, on voit la colonne de mercure descendre aussitôt : pour la raison que, contraint à se vaporiser (pour causes qu'il n'y a pas lieu d'expliquer ici), l'éther n'a pu le faire qu'en prenant à toute la masse de l'appareil la chaleur qui lui était indispensable. — Par exemple encore on peut forcer un liquide à se gazéifier très rapidement en faisant sur lui par aspiration une forte dépression, ainsi que je l'ai dit, ou en l'étalant sur de grandes surfaces. — Si, à l'état de gaz, vous comprimez un corps pour le liquéfier, mais que vous ne l'accompagnez pas d'un courant d'eau ou d'air froid qui le débarrasse des calories qu'il lui est alors impossible de conserver, il les dépose dans votre pompe, qui peu à peu s'échauffe jusqu'à gripper. Etc.

La grande science du froid et son application aux machines réfrigérantes ont pour bases les principes curieux, amusants même, avons-le, que votre bonne attention vient de me permettre de vous faire saisir.

BAUDRY DE SAUNIER.

(A suivre.)

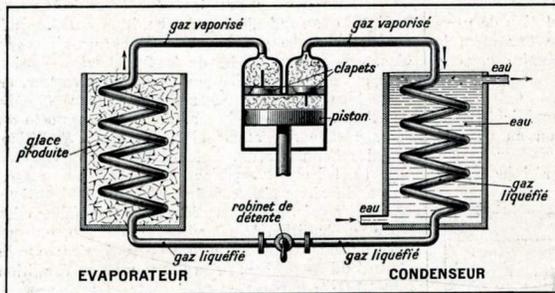


Fig. 4. — Schéma du fonctionnement d'une machine frigorifique à compression (d'après M. Lallié, *le Froid industriel*).

Supposons que le serpentin de l'évaporateur renferme un gaz liquéfié (par exemple de l'anhydride carbonique), qui bout à une température très inférieure à 0°, sous la pression atmosphérique. Fermons le robinet. Si, au moyen de la pompe, nous aspirons ce gaz liquéfié, immédiatement il se vaporise ; mais, comme nous ne lui avons pas fourni les calories qui lui étaient nécessaires pour changer ainsi d'état, il les a prises au liquide qui l'entoure le serpentin, au serpentin lui-même, et par conséquent il les a refroidies.

Si maintenant, au moyen de la même pompe, nous refoulons ce gaz dans le serpentin du condenseur, il se refroidit parce qu'une circulation d'eau fraîche entoure le serpentin et enlève à ce gaz les calories que, précédemment quelques instants avant, il a prises à l'évaporateur pour devenir gaz ! Ainsi comprimé par la pompe et refroidi par la circulation d'eau, le gaz se liquéfie et, le robinet de détente étant ouvert, il s'en retourne à l'évaporateur. A nouveau la pompe l'y aspire le volatilise — et par là le liquide qui entoure le serpentin de l'évaporateur et le serpentin lui-même baissent encore un peu plus de température.

Lorsque le cycle s'est ainsi répété plusieurs fois, la température dans l'évaporateur a tellement baissé que l'eau s'y solidifie : on a de la glace !

Les quantités de frigories produites dans l'évaporateur sont exactement égales aux quantités de calories que dissipe le condenseur par sa circulation d'eau. Or ces quantités de calories ne sont autre chose que la chaleur qui a été nécessaire à la vaporisation de la quantité d'anhydride carbonique enfermé dans notre appareil. On voit donc qu'une machine frigorifique, bien qu'il semble paradoxal de l'exprimer, est surtout une machine calorifique. C'est avec du chaud qu'on fait du froid. — Le premier brevet fondamental des machines frigorifiques à compression a été pris par Perkins en 1834.

ment, mais le thermomètre demeure toujours à 100 ! Où passent donc les calories que nous apportons surabondamment à l'eau ?

Faisons fondre une masse d'étain. Le thermomètre qui indique la température de l'opération marque + 240°. Activons énormément le feu. La masse se liquéfie plus vite, mais la température ne bouge pas... Encore une fois, où passent les calories cependant nettement en excès ?

Nous constaterions des phénomènes tout à fait analogues en faisant passer un corps de l'état liquide à l'état solide, ou inversement. Nous constaterions cette loi immuable que, pendant tout le temps où il change d'état, un corps ne change pas de température.

La raison de la fixité de cette température est que cette transformation ne se fait sans qu'une très grande quantité d'énergie soit dépensée dans l'intimité même de ce corps. Pour faire passer un corps d'un état à un autre état, il faut en réalité démolir complètement un édifice moléculaire très complexe, dont les matériaux sont accrochés les uns aux autres par d'énormes forces ; puis le reconstruire selon une conception toute différente qui exige, elle aussi, de considérables dépenses d'énergie.

Les physiciens d'aujourd'hui savent exactement le montant des calories ou des frigories qu'absorbe tel corps pour passer de tel état à tel autre. Par exemple, lorsqu'un litre d'eau sur le feu est monté, de degré centigrade en degré centigrade, donc de calorie en calorie, au voisinage du chiffre 100 où il va commencer de se transformer violemment en vapeur, il faut qu'on lui fournisse 579 calories pour ses seuls frais de transformation d'état, pour qu'il passe de la forme liquide à la forme gazeuse !

Les calories surabondantes que nous fournissons tout à l'heure à notre eau en ébullition étaient toutes employées à solder cette dette et ne pouvaient par conséquent hausser le moins du monde la température du corps.

Naturellement, lorsqu'un corps monté de l'état liquide à l'état gazeux au moyen d'une bonne charge de chaleur revient plus tard à l'état liquide, il ne peut le faire qu'en restituant la totalité des calories dont il s'était chargé.

On voit de quelles quantités importantes de calories — donc de frigories — on peut disposer en faisant changer d'état un corps judicieusement choisi pour cette fourniture ! Pour faire passer à l'état