COUVERCLE *et armée d'un* BEC, *l'eau bouillante* S'ÉCOULE-*t-elle par le* BEC ? — Parce que la vapeur, arrêtée par le couvercle, presse à la surface de l'eau bouillante : cette eau, par elle-même incompressible, et qui d'ailleurs trouve une issue, monte donc dans le bec et s'écoule au dehors.

638. *Quelle est la cause du* BRUIT *que produit le* COUVERCLE *d'un chaudron ou d'une chaudière qui contient un liquide en ébullition ?* — La vapeur, pour s'échapper, *soulève le couvercle,* celui-ci retombe de *son propre poids ;* ces soulèvements et ces chutes, répétés *plusieurs fois* très rapidement, produisent le bruit que l'on entend.

639. *Si la vapeur ne pouvait pas* SOULEVER *le* COUVERCLE *du chaudron, etc., qu'arriverait-il?* — Elle finirait par faire éclater le chaudron.

640. *Pourquoi les* MACHINES A VAPEUR ÉCLATENT-*elles quelquefois ?* — Parce qu'il arrive qu'elles se remplissent subitement de vapeur, qui, ne trouvant pas d'issue, exerce contre les parois une pression énorme qu'elles sont incapables de supporter.

641. *Quand la vapeur sort du bec d'une bouilloire, pourquoi ne l'aperçoit-on qu'à* UN OU DEUX CENTIMÈTRES *de ce bec ?* — Parce que la vapeur pure, ou l'eau passée tout entière à l'état de gaz, est invisible : or, très près du bec ou de l'ouverture de la bouilloire, l'eau est tout entière à l'état de gaz.

642. *Pourquoi la* VAPEUR *d'eau n'est-elle pas* TOUJOURS INVISIBLE *comme à sa sortie de la bouilloire?* — Parce qu'elle n'est pas toujours à l'état de gaz ou de vapeur pure ; dès qu'une portion de la vapeur s'est condensée ou est revenue à l'état liquide, elle redevient visible. C'est ainsi que se forment les nuages auxquels donne naissance la vapeur sortie des cheminées des locomotives.

643. *Pourquoi, la vapeur devenue* VISIBLE, *les* NUAGES, *par exemple, que fait naître la vapeur sortie des locomotives,* DISPARAISSENT-*ils quelquefois si promptement ?* — Parce que cette vapeur visible a la propriété de se dissoudre dans l'air, et qu'à l'état de dissolution dans l'air elle redevient invisible. En montant dans l'atmosphère, elle peut redevenir visible de nouveau et donner naissance à ce qu'on appelle proprement nuage.

644. *Pourquoi l'eau qui remplit un vase ne bouillira-t-elle jamais s'il plonge dans un autre vase plein du* MÊME *liquide?* — 1° Parce que l'eau contenue dans le premier vase, supposé ouvert, ne peut pas s'élever, à plus de 100 degrés. — 2° Parce que le second vase arrête et retient une portion de la chaleur que l'eau qu'il contient pourrait recevoir de l'eau environnante ; cette eau intérieure est nécessairement moins chaude que l'eau extérieure, elle n'est donc pas à 100 degrés et ne peut pas bouillir. En d'autres termes, pour porter à 100 degrés la température de l'ensemble du vase intérieur et de l'eau qu'il contient, il faut plus de chaleur que pour l'eau qui remplirait le même espace : or cet excédent de chaleur ne peut pas être fourni par l'eau ambiante, qui ne dépasse jamais 100 degrés. Chauffer ainsi un liquide en plongeant le vase qui le contient dans un second vase rempli d'eau, s'appelle *chauffer au bain-marie.*

645. *Pourquoi du sucre ou du sel, etc., dissous dans de l'eau, en retardent-ils l'ébullition ?* — Parce qu'ils

augmentent la *densité* de l'eau, et que tout ce qui augmente la *densité d'un liquide* en retarde l'*ébullition*. L'affinité ou l'attraction exercée sur les molécules de l'eau dissolvante par les molécules du sucre dissous combat jusqu'à un certain point l'action du calorique, et les molécules d'eau salée ou sucrée exigent, pour se réduire en vapeur, une température plus élevée.

646. *Si l'on veut faire bouillir de l'eau au bain-marie, sans* CONTACT *avec une chaudière* MÉTALLIQUE, *de quelle manière faut-il s'y prendre?* — Il faut plonger le vase qui contient l'eau qu'on veut faire bouillir dans une *forte saumure*, c'est-à-dire une eau fortement chargée de sel, ou dans un autre liquide qui ne bout qu'à une température plus élevée que l'eau, et plus élevée d'une quantité suffisante. C'est ce qu'on fait pour les conserves alimentaires, qui ont besoin d'être chauffées à plus de 100 degrés.

647. *Pourquoi le vase* INTÉRIEUR *bouillira-t-il si la chaudière contient une forte* SAUMURE? — Parce que la saumure bout à une température plus élevée de 8 degrés environ que celle à laquelle bout l'eau pure: la saumure bouillante est par conséquent à 108 degrés, ce qui suffit pour que l'ensemble du vase intérieur et de l'eau qu'il contient puisse dépasser 100 degrés, température de l'ébullition de l'eau pure.

§ 4. — VAPORISATION.

648. *Que signifie le mot* VAPORISATION? — La conversion en *gaz* d'un solide ou d'un liquide sous l'action du calorique.

649. *Qu'est-ce qu'une* VAPEUR? — Le gaz non permanent qui résulte de la vaporisation d'un solide ou

d'un liquide, ou le nouvel état passager que prennent les corps liquides et solides sous l'action d'une chaleur suffisamment intense. Quand elles sont soustraites à l'influence de cette chaleur intense, les vapeurs se liquéfient ou se solidifient de nouveau, et c'est en cela qu'elles diffèrent accidentellement des gaz que nous nommons permanents, parce que, comme l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, l'air atmosphérique, ils restent gaz aux températures même les plus basses dont nous puissions disposer.

650. *La vaporisation* SUPPOSE-*t-elle nécessairement l'*ÉBULLITION, *ou un corps ne se* VAPORISE-*t-il qu'autant qu'on l'a amené à* BOUILLIR? — Non, la vaporisation ne suppose pas l'ébullition. Tous les liquides et même tous les solides tendent à se réduire et se réduisent en vapeur, mais avec une lenteur excessive, à la température ordinaire, et même à toute température. Ainsi qu'on l'a déjà dit, les corps ne sont jamais soustraits à l'action de la chaleur; même alors qu'ils nous semblent le plus froids, il s'en échappe incessamment une radiation calorique qui peut emporter et emporte avec elle des particules infiniment petites de ces corps.

651. *Pourquoi de l'*EAU *versée sur des braises ardentes ou des charbons ardents projetés dans une bouilloire, ou un morceau de* FER *rouge plongé dans l'*EAU *froide produisent-ils un* SIFFLEMENT? — Parce que les dilatations et les condensations qui accompagnent la réduction subite de l'eau en vapeur et le refroidissement subit des braises et du fer sont des causes naturelles de bruit, ou sont naturellement aptes à faire vibrer l'air et les vases qui renferment l'eau réduite en vapeur.

652. *Pourquoi le* SEL *de cuisine crépite-t-il lors-*

qu'on le jette sur des charbons incandescents ? — Parce que : 1° l'eau qui est, en petite quantité, interposée entre les lamelles cristallines du sel, ou son *eau de cristallisation*, se réduisant brusquement en vapeur, produit une série de petits bruits ; — 2° la conductibilité du sel est si faible, que la chaleur du feu produit une foule de petites ruptures dans chaque cristal salin.

653. *Pourquoi un morceau de* CAMPHRE *mis à l'air* DISPARAÎT-*il bientôt ?* — Parce qu'il se *volatilise* dans les conditions ordinaires de température.

654. *Pourquoi la* GLACE, *dans les plus grands froids,* DIMINUE-*t-elle toujours?* — Parce qu'elle se *vaporise,* même avant de *fondre*.

655. *Tous les corps se* VOLATILISENT-*ils ?* — Oui, presque tous les métaux se volatilisent lorsqu'on les *chauffe*.

Le *mercure* se volatilise à la température ordinaire. Le plomb, le zinc, l'argent, l'or, etc., se volatilisent à *la chaleur blanche*. En employant la chaleur produite par une énorme pile de Bunsen de 600 éléments, M. Despretz a pu volatiliser tous les corps, le charbon lui-même et le diamant.

656. *A-t-on tiré quelque parti de la propriété qu'ont les corps de se volatiliser ?* — Oui, pour les purifier à l'aide de l'opération qui a reçu le nom de distillation. C'est ainsi qu'on obtient du zinc, du mercure ou de l'eau parfaitement purs. S'il s'agit du zinc ou d'un amalgame de mercure, on les place dans une cornue de grès ou de fonte qu'on chauffe au rouge blanc ; le métal se vaporise ; les vapeurs sont condensées dans le col de la cornue entouré de linges mouillés ou autre appareil réfrigérant, et le métal coule goutte à goutte. S'il s'agit de l'eau, on la verse dans un alambic ; par

l'application de la chaleur, l'eau pure se réduit en vapeurs ; on condense ces vapeurs dans un réfrigérant ou en la faisant circuler dans un serpentin entouré d'eau froide, et l'on obtient l'eau purifiée ou distillée ; les impuretés restent dans l'alambic.

657. *Pourquoi l'eau projetée en* GOUTTES TRÈS FINES *sur du fer ou autre métal* SUFFISAMMENT CHAUD S'ARRONDIT-*elle en* GLOBULES ? — 1° parce que la goutte d'eau ne mouille pas les corps dont la température est suffisamment élevée, de 142 degrés environ ; 2° cédant à leurs attractions mutuelles, les molécules de la goutte prennent leur figure naturelle d'équilibre ou s'arrondissent en sphérules ; on dit alors que l'eau est à l'*état sphéroïdal*.

658. *Pourquoi l'eau ne* MOUILLE-*t-elle pas le fer ou le métal suffisamment chauffé?* — Parce qu'il s'échappe du métal chaud un effluve de chaleur qui soulève la goutte d'eau, en la supposant assez petite, et la maintient à distance.

659. *Pourquoi l'eau à l'*ÉTAT SPHÉROÏDAL *est-elle* AGITÉE *de* MOUVEMENTS *plus ou moins rapides, ou* ROULE-*t-elle sur le fer échauffé ?* — Parce qu'elle est entraînée par la vapeur qui se dégage à sa surface, vapeur qui, comme tous les gaz chauds, est extrêmement mobile.

660. *Pourquoi l'eau à l'état sphéroïdal se vaporise-t-elle si lentement,* BEAUCOUP PLUS LENTEMENT *que si le métal était moins chaud et que la goutte le mouillât?* — Parce que sa température est au-dessous de son point d'ébullition, de 96 degrés environ au lieu de 100 degrés.

661. *Pourquoi la température de l'eau à l'état sphéroïdal est-elle* INFÉRIEURE *à la température de son point d'ébullition?* — Parce que : 1° l'eau est un mauvais conducteur du calorique ; 2° la goutte sphérique, tenue à distance de la surface chaude, ne donne point passage au calorique à travers sa substance ; 3° la goutte se vaporise néanmoins, quoique très lentement, à sa surface extérieure, et la vapeur, en se dégageant à 100 degrés, abaisse un peu au-dessous de 100 degrés la température de la goutte d'eau.

C'est un fait général de théorie et d'expérience que la température des liquides à l'état sphéroïdal est au-dessous de leur point d'ébullition. Si le liquide est de l'acide sulfureux, la température de la goutte sera au-dessous de — 10 degrés ; donc de l'eau introduite au sein de la goutte se congèlera subitement. Si le liquide est un mélange d'acide carbonique solide et d'éther, la température de la goutte sera au-dessous de — 50 degrés ; donc, si l'on introduit du mercure au sein de la goutte, il se congèlera. C'est ainsi que MM. Boutigny et Faraday ont pu faire congeler de l'eau et du mercure au sein d'un creuset incandescent. L'expérience réussit même d'autant mieux que la température du creuset est plus élevée, puisque c'est alors que des masses de liquide un peu considérables peuvent exister à l'état sphéroïdal. Quand la température est basse, cet état n'est possible que pour de très petites gouttes.

662. *Pourquoi, lorsque la surface sur laquelle le liquide est à l'état sphéroïdal vient à se refroidir, ce liquide, à un instant donné, se réduit-il subitement en vapeur?* — Parce que, dès que la température de la plaque est descendue au-dessous de 142 degrés, l'eau

arrive en contact avec elle, la mouille, et se trouve dans les conditions ordinaires de sa vaporisation. C'est ainsi que peuvent et doivent s'expliquer certaines explosions de générateurs à vapeur : lorsque, pendant un intervalle de repos, par exemple, on a cessé d'alimenter suffisamment d'eau le générateur, ou lorsque la vapeur n'a pas une issue suffisante, le fond et les parois du générateur se surchauffent considérablement, l'eau qu'il renferme passe à l'état sphéroïdal ; si alors on recommence l'alimentation ou si l'on donne issue à la vapeur surchauffée, la température du fond et des parois diminue, l'eau cesse d'exister à l'état sphéroïdal ; elle mouille les parois et se réduit subitement en vapeur ; il en résulte une pression énorme et soudaine qui fait éclater le générateur.

663. *Pourquoi la* BLANCHISSEUSE *jette-t-elle un peu de salive sur son fer à repasser pour savoir s'il est assez* CHAUD ? — Ce fait s'explique sans peine par ce qui vient d'être dit : si la salive mouille le fer, c'est que sa température est au-dessous de 142 degrés ; si au contraire elle ne mouille pas et s'arrondit en globules, la température du fer dépasse 142 degrés. Le fer devant réduire rapidement en vapeur l'eau du linge qu'on repasse ; sa température doit dépasser notablement 100 degrés.

§ 5. — FUSION ET LIQUÉFACTION

664. *Qu'entend-on par* FUSION *ou* LIQUÉFACTION ? — Le changement d'état d'un corps qui, de *solide*, devient *fluide* ou *liquide* par la seule action de la *chaleur*.

On dit en général la FUSION des *métaux* et la LIQUÉFACTION de la glace, de la cire, de la résine, du suif.

665. *Lorsqu'on chauffe un morceau de* PLOMB, *pourquoi le voit-on s'*AMOLLIR *par degrés, puis enfin se* LIQUÉFIER ? — Parce que la chaleur écarte de plus en plus ses molécules, jusqu'au point de les désunir, en détruisant leur cohésion ; le plomb alors devient liquide.

666. *Chaque substance se* FOND-*elle à* UNE *température spéciale et toujours invariable?* — Oui, de quelque manière qu'on *applique* la chaleur, les substances diverses fondent à des températures diverses.

Par exemple, la glace fond à zéro; — la cire blanche, à 68 degrés centigrades; — le plomb, à 334 degrés; — le fer martelé (anglais), à 1,600 degrés.

667. *A-t-on utilisé la propriété qu'ont les divers corps de* FONDRE A DIVERSES TEMPÉRATURES ? — Oui, par exemple, pour séparer les divers métaux qui entrent dans la composition d'un alliage ; les métaux les plus fusibles se séparent d'abord de la masse, et on peut ainsi les en extraire.

668. *Citez quelques autres* APPLICATIONS *grandement utiles de la* FUSION ? — On moule avec des alliages très fusibles des rondelles dont on fait les soupapes des générateurs à vapeur : lorsque la température de ces générateurs s'élève trop, qu'ils se remplissent de vapeur trop surchauffée, la rondelle fond et ouvre un passage à la vapeur. On a fait aussi des alliages qui fondent à toutes les températures, depuis 100 jusqu'à 1,500 degrés, et qui peuvent ainsi servir d'agents pyrométriques pour estimer la chaleur dans les diverses opérations de l'industrie.

669. *Les corps passent-ils tous* SANS INTERMÉDIAIRE *de l'état liquide à l'état solide ?* — Non; quelques-uns, comme la cire, se ramollissent d'abord, ou passent par un état de viscosité intermédiaire entre l'état solide et l'état liquide.

670. *Pourquoi certains corps* FONDENT-*ils d'abord* A LA SURFACE, *tandis que d'autres fondent presque en même temps* A LA SURFACE ET AU CENTRE ? — Parce qu'il est des corps qui conduisent difficilement la chaleur, comme les corps gras, le suif, etc., ou que la chaleur pénètre très difficilement ; tandis que d'autres corps, comme les métaux, sont très pénétrables à la chaleur; les premiers fondent d'abord à leur surface, les seconds fondent presque à la fois à la surface et au centre.

671. *Pourquoi le* BOIS *ne se fond-il pas comme les métaux?* — Parce que, déjà à 140 degrés, le bois se décompose en gaz combustibles et en charbon, qui brûlent en laissant pour résidu des cendres.

672. *Pourquoi, si l'on fait cuire des légumes* SECS *dans une casserole en étain, la chaleur du feu* FONDRA-*t-elle le métal?* —Parce que l'étain fond à une *température* peu élevée, et que la chaleur qui est nécessaire pour faire *cuire les légumes secs* suffit aussi à le faire *fondre*. Ainsi placés, les légumes secs peuvent s'échauffer au point de brûler; or la température qui les fait brûler fait d'abord fondre l'étain.

673. *Si l'on fait bouillir des corps* GRAS *dans une casserole en étain, le métal se fondra-t-il?* — Si le corps gras est volatil à une température inférieure au point de fusion de l'étain, celui-ci ne fondra pas ; mais si le corps gras est fixe, ou ne se volatilise qu'à une température supérieure à celle de l'étain, l'étain se fondra certainement.

674. *Pourquoi les* VASES *en* ÉTAIN *dans lesquels on fait bouillir de l'eau ne se fondent-ils pas, quoique placés sur le feu?* — Parce que la température de l'eau ne s'élève pas au delà de 100 degrés, et que la vapeur d'eau en se produisant enlève la chaleur excédante que le feu communique à chaque instant au vase et à l'eau ; le métal reste donc sensiblement à la température de 100 degrés ou même au-dessous.

675. *Pourquoi fait-on les grandes marmites en* FER *ou en* CUIVRE *au lieu d'étain?* — Parce que le fer et le cuivre ne se fondent qu'à une température très supérieure à celle de l'étain.

Le fer doux (français) se fond à 1,600 degrés; — le cuivre à 925 degrés; — l'étain, à 230 degrés.

CHAPITRE IV

Propagation de la chaleur.

§ 1. — CONDUCTIBILITÉ.

676. *Qu'entend-on par* CONDUCTIBILITÉ ? — La propriété qu'ont certains corps de donner passage à la chaleur à travers leur substance, de la conduire, en quelque sorte, d'une molécule à l'autre.

677. *La* CONDUCTIBILITÉ *de* TOUTES *les substances est-elle* ÉGALE ? — Non; les différents corps diffèrent beaucoup sous le rapport de la conductibilité : quelques-uns sont excellents conducteurs, d'autres bons conducteurs, d'autres conducteurs imparfaits, d'autres mauvais conducteurs.

678. *Quels sont les* MEILLEURS *conducteurs de la chaleur?* — En général, les corps solides, denses ou lourds, et surtout les métaux.

679. *Quels sont les* MÉTAUX *qui conduisent le mieux la chaleur?* — Au premier rang : l'or, — le platine, — l'argent — et le cuivre ; — au second rang : le fer, — le zinc — et l'étain ; — au troisième rang : le plomb, etc.

Si l'on suppose la conductibilité de l'or égale à 1,000, les conductibilités des autres substances seront :

1. Or	= 1 000	5. Fer	= 374	9. Marbre	= 24
2. Platine	= 981	6. Zinc	= 363	10. Porcelaine	= 12
3. Argent	= 975	7. Etain	= 303	11. Poterie	= 11
4. Cuivre	= 898	8. Plomb	= 180	12. Charbon	= 10

680. *Quels sont les plus mauvais conducteurs?* — 1° Les corps les plus *légers* et les plus *poreux;* 2° les liquides et les gaz.

Les plus *mauvais* conducteurs de la chaleur sont : 1° le poil de lièvre et l'édredon; 2° la fourrure du castor et la soie écrue; 3° le bois et le noir de fumée; 4° le coton et le lin; 5° le charbon et les cendres de bois, etc.

Toutes les substances végétales et animales, en général, conduisent mal la chaleur.

681. *Pourquoi peut-on tenir* SANS SE BRULER *un morceau de* BOIS *très court, un bout de bougie allumée, un tube de verre fondu à son extrémité, un bâton de cire à cacheter, dont une extrémité est* ENFLAMMÉE, etc.? — Parce que ces corps *conduisent si difficilement* la chaleur, que les molécules d'une extrémité peuvent rougir et brûler avant que la chaleur parvienne à l'*autre* extrémité.

682. *Lorsqu'on allume une* BOUGIE *ou une* CHANDELLE, *pourquoi la chaleur de la flamme ne se propage-t-elle pas dans toute sa longueur, et ne fait-elle pas* FONDRE *sur-le-champ toute la cire ou tout le suif?* — Parce que la cire et le suif sont mauvais conducteurs.