

chausse de feutre, de laine, de coutil ou de coton serré; en physique on filtre le mercure à travers une peau de chamois, etc.

Mais c'est surtout pour l'eau que le filtrage est une opération importante à laquelle se rattachent maintenant d'importantes questions d'hygiène. Des substances très variées ont été proposées et utilisées pour filtrer l'eau destinée aux usages domestiques : on a utilisé des plaques de pierres calcaires poreuses, des plaques de grès; on a fait passer l'eau à travers des couches de sable, à travers des éponges comprimées, à travers de la laine tontisse, à travers des couches de charbon animal ou végétal réduit en poudre plus ou moins fine; la constitution des filtres comprend souvent plusieurs couches superposées formées de matières réduites en grains ou en poussières ou de matières de nature différente.

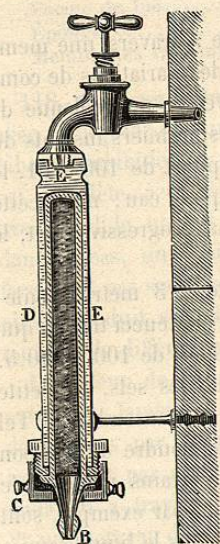


Fig. 84.

Tant que la filtration a eu pour seul but l'arrêt des poussières minérales en suspension, des systèmes divers de filtres ont pu donner des résultats satisfaisants; mais actuellement le but de cette opération est compris différemment et il consiste principalement à arrêter les germes de maladies contagieuses, microbes et spores, qui peuvent exister dans l'eau; ces organismes sont de très petites dimensions et les filtres employés autrefois sont insuffisants pour les arrêter. Il faut avoir recours à d'autres procédés : celui qui paraît donner le plus de garantie à ce point de vue a été indiqué par M. Pasteur, c'est la filtration à travers une lame de porcelaine non émaillée; lorsque la porcelaine est bien fabriquée, elle arrête absolument le passage de tous les micro-organismes; malheureusement c'est une substance fragile, et la moindre fissure à travers la plaque filtrante suffit pour permettre le passage de très petits organismes contenus dans l'eau et rendre possible la contamination par l'emploi de ce liquide. Dans les divers modèles de filtres basés sur l'emploi de ce procédé, la lame filtrante est un cylindre creux en porcelaine auquel on donne le nom de *bougie* (fig. 84) : tantôt l'eau E passe de l'extérieur à l'intérieur, tantôt elle s'écoule de l'intérieur à l'extérieur. Dans tous les cas, un dépôt se forme sur la surface d'entrée et il est nécessaire de nettoyer la bougie de temps à autre; cette opération n'est pas sans inconvénient, parce qu'elle peut être une cause de rupture.

121. — Le débit d'un filtre dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la différence des pressions qui existent entre les deux faces de la couche filtrante; il y a presque exactement proportionnalité entre ces deux quantités. Il faut donc, pour augmenter le débit d'un filtre, augmenter la

différence de pression. On peut atteindre ce résultat en augmentant la pression du liquide sur le filtre, soit en augmentant la hauteur du liquide, soit en maintenant ce liquide en vase clos et faisant agir dans ce vase de l'air comprimé; on peut encore diminuer la pression au-dessous du filtre en recueillant le liquide filtré dans un vase clos qui se prolonge inférieurement par un tube d'une certaine hauteur dont l'extrémité libre baigne dans une couche de liquide, soit encore en maintenant dans le vase clos une pression inférieure à la pression atmosphérique à l'aide d'une machine à raréfier l'air. Enfin on peut augmenter encore l'effet en réunissant les deux procédés.

122. **Dissolution des solides.** — Lorsqu'on met un solide en contact avec une quantité suffisante d'un liquide convenablement choisi, le solide décroît peu à peu en volume jusqu'à disparaître complètement : on dit alors qu'il y a *dissolution* du solide dans le liquide; le liquide qui résulte de cette action est une *solution*, on dit aussi une *dissolution*, du solide dans le liquide.

Un liquide qui tient un solide en dissolution est, en réalité, devenu un nouveau corps : ses propriétés physiques ne peuvent pas toujours être déduites des propriétés correspondantes du dissolvant et du corps dissous dont elles ne sont pas nécessairement la moyenne.

Une des données physiques les plus simples est le poids spécifique : il existe une formule simple qui donne le poids spécifique d'un mélange de deux corps dont on connaît les proportions, en admettant que le volume du mélange est la somme des volumes des corps mélangés¹. En appli-

1. Soient $p, v, \delta; p', v', \delta'$; P, V, Δ les poids, les volumes et les poids spécifiques des corps mélangés et du mélange. On a toujours :

$$P = p + p',$$

et nous admettons d'autre part qu'on a :

$$V = v + v';$$

enfin on a les relations :

$$P = V \Delta \quad p = v \delta \quad p' = v' \delta'.$$

On a, par division :

$$\Delta = \frac{p + p'}{v + v'}.$$

Généralement, on ne connaît pas les p et les v , mais les p et les δ , ou les v et les δ ; les relations précédentes permettent d'introduire ces données. On a ainsi :

$$\Delta = \frac{v\delta + v'\delta'}{v + v'},$$

ou encore :

$$\Delta = \frac{\frac{p}{\delta} + \frac{p'}{\delta'}}{\frac{p}{\delta} + \frac{p'}{\delta'}} = \frac{(p + p') \delta \delta'}{p\delta' + p'\delta}.$$

Ces formules et d'autres qu'on en déduit aisément sont fréquemment employées.

quant cette formule aux dissolutions, on reconnaît que le poids spécifique fourni par l'expérience est généralement plus grand que le poids spécifique calculé; on conclut de là que le volume de la dissolution est plus petit que la somme des volumes du solide et du liquide, il y a *contraction* : la dissolution est donc autre chose qu'un simple mélange moléculaire du solide et du liquide.

On ne sait pas d'ailleurs à quelles lois obéit cette contraction qui présente souvent quelque particularité; tantôt, par exemple, elle croît lorsque la proportion de solide augmente, ou inversement, tantôt même, il y a un maximum de contraction qui correspond à une proportion donnée du corps dissous.

Quoi qu'il en soit, une proportion donnée de solide dissous correspond toujours à un poids spécifique déterminé et réciproquement, en général au moins. C'est sur cette remarque que repose l'emploi de l'aréomètre de Baumé comme pèse-sels, car l'enfoncement plus ou moins grand de l'appareil dépend du poids spécifique de la solution. C'est également sur cette remarque qu'est basé l'emploi des tables numériques, qui sont souvent employées dans les laboratoires et dans l'industrie et qui permettent de déduire la richesse d'une dissolution de la connaissance de son poids spécifique.

Lorsqu'un solide est incolore, il en est de même de sa solution dans un liquide incolore; lorsque le solide est coloré et le liquide incolore, la solution a généralement la même couleur que le solide; il y a toutefois des exceptions, des particularités. C'est ainsi que l'iode, de couleur gris métallique à l'état solide, donne dans l'eau et l'alcool des solutions colorées en jaune et en brun, et dans le chloroforme et le sulfure de carbone des solutions colorées en rose et en violet.

Nous ne parlons pas ici des autres propriétés physiques des dissolutions (point d'ébullition, conductibilité électrique, etc.); nous nous occuperons des plus importantes dans d'autres chapitres.

123. Lois de la dissolution. — Lorsqu'on met en contact un solide avec un liquide susceptible de le dissoudre, le phénomène de la dissolution peut être étudié à deux points de vue : on peut étudier la rapidité avec laquelle se produit le phénomène, on peut examiner les résultats relativement à la quantité de corps dissous.

Nous examinerons d'abord cette dernière question.

Si, pour une température donnée, on augmente la proportion du corps solide, on reconnaît que, pour une certaine quantité de ce dernier, la dissolution ne se produit plus; une partie du solide ne se dissout pas, ne change pas d'état; on dit alors que le liquide est *saturé*, il y a *saturation*.

On peut, pour arriver à la saturation d'une masse donnée de liquide, soit y introduire immédiatement le poids de solide amenant la saturation,

soit y introduire successivement de petites quantités de solide jusqu'à obtenir le même résultat; on peut même obtenir la dissolution d'une quantité plus grande de solide, par une élévation de température; en ramenant le liquide à la température à laquelle on étudie le phénomène, une partie du solide cesse d'être dissous et revient à l'état solide (sauf une exception sur laquelle nous reviendrons ultérieurement), la quantité qui reste dissoute correspondant à la saturation. L'expérience montre que quelle que soit la marche suivie, le poids de solide nécessaire pour produire la saturation à une température donnée est invariable.

La dissolution pouvant exister pour toutes les quantités de solide moindres que celle qui amène la saturation, c'est cette dernière seule qu'il y a à considérer.

L'expérience prouve que, pour une température donnée, ainsi d'ailleurs qu'il était facile de le prévoir, les poids d'un solide nécessaire pour amener la saturation d'un liquide sont proportionnels aux poids du dissolvant, ou à ses volumes, ce qui revient au même. Le rapport du poids du solide au volume de liquide qu'il sature à une température donnée est donc constant; c'est un nombre qui est caractéristique du phénomène pour les conditions de l'expérience : il est désigné sous le nom de *coefficient de solubilité* pour la température considérée.

124. — Il est impossible de rien dire de général sur la valeur du coefficient de solubilité et tout au plus peut-on, dans quelques cas, être renseigné d'une manière approximative par des analogies chimiques, mais non toutefois sur la valeur numérique du coefficient.

Un même liquide peut dissoudre certains solides tandis qu'il est sans action sur d'autres; l'eau, par exemple, dissout de grandes quantités de sulfate de sodium tandis que le sulfate de baryum y est presque absolument insoluble; elle dissout le chlorure de sodium et n'agit pas sur le chlorure d'argent. D'autre part, un solide se comporte de façons très diverses en présence de liquides différents : le sucre, très soluble dans l'eau, est presque insoluble dans l'éther; les résines, les graisses insolubles dans l'eau se dissolvent facilement dans l'alcool, etc.

Cependant on peut dire, d'une manière générale, que les sels alcalins sont solubles dans l'eau, qu'il en est de même des azotates; que la plupart des sels de potassium sont insolubles dans l'alcool, etc. Mais outre que ces règles ne sont pas absolues, elles ne renseignent pas sur la valeur de la solubilité.

D'ailleurs la composition chimique n'intervient pas seule et le groupement moléculaire ou atomique joue un rôle dans la solubilité. Pour le démontrer, il suffit de rappeler que les corps qui sont allotropiques ne présentent pas la même solubilité sous leurs diverses formes : le soufre octaédrique est soluble dans le sulfure de carbone; le soufre prismatique est insoluble ou très peu soluble; le phosphore blanc est soluble dans le

sulfure de carbone et l'huile, le phosphore rouge est insoluble dans ces liquides, etc.

125. — Plusieurs solides peuvent entrer en dissolution simultanément dans un même liquide, soit que l'action se produise en faisant agir le liquide directement sur un mélange des deux solides, soit que, après avoir effectué la dissolution du premier liquide, on fasse agir la solution sur le second corps à l'état solide.

On n'a pas déterminé de lois générales sur ce sujet, mais on a observé un certain nombre de faits qui sont intéressants : on sait, par exemple, qu'un corps A peut quelquefois se dissoudre plus facilement dans une solution d'un autre solide B que dans l'eau pure. C'est ainsi que l'iode est moins soluble dans l'eau que dans une solution d'iodure de potassium.

On observe même certains effets qui semblent singuliers : soit par exemple une solution saturée d'azotate de potassium; si l'on y fait dissoudre une certaine quantité de chlorure de potassium, la solution obtenue est susceptible de dissoudre une nouvelle quantité d'azotate de potassium.

En somme, ces effets s'expliquent en remarquant que, au point de vue de la solubilité comme pour d'autres effets physiques, une solution est un liquide nouveau, particulier, jouissant de caractères spéciaux; qu'il est donc possible que le coefficient de solubilité de l'iode dans la solution d'iodure soit plus grand que celui du même corps dans l'eau. Quant au second exemple, on voit qu'il revient à dire que l'azotate de potassium est plus soluble dans une solution de chlorure de potassium que dans l'eau pure, ce qui se comprend également bien.

126. — En général la solubilité d'un solide dans un liquide augmente, son coefficient croît, lorsque la température s'élève; la rapidité de la variation est d'ailleurs très différente pour les divers corps, ainsi qu'on le voit par les exemples suivants qui indiquent le poids du sel dissous dans 100 parties d'eau à diverses températures :

| Chlorure de sodium. | | | Chlorate de potassium. | | |
|------------------------|-----|------|------------------------|-----|------|
| 15° | 59° | 109° | 0° | 50° | 104° |
| 35 | 37 | 40 | 3,3 | 19 | 60 |
| Chlorure de potassium. | | | Azotate de potassium. | | |
| 0° | 52° | 109° | 0° | 55° | 116° |
| 29 | 43 | 59 | 13,3 | 97 | 335 |

Des données de ce genre sont réunies dans des tableaux numériques, tables de solubilité, qui permettent de trouver rapidement le coefficient de solubilité pour une température donnée.

Dans les traités de Chimie on remplace généralement ces tables numériques par des tableaux graphiques appelés *courbes de solubilité*, qu'on

obtient comme nous l'avons indiqué (VIII) et qui sont d'un usage très commode. Enfin, quelquefois, on résume les résultats se rapportant à un corps déterminé en une formule : c'est ainsi que p représentant le poids de solide dissous dans 100 parties d'eau à la température t , on a les formules suivantes, par exemple :

Pour l'azotate de potassium,

$$p = 13,82 + 0,574t + 0,0172t^2 + 0,0000036t^3;$$

Pour l'acide borique,

$$p = 1,94 + 0,063636t + 0,0016608t^2 - 0,000001604t^3.$$

Il est quelques corps qui présentent une exception à la règle générale que nous avons énoncée et pour lesquels la solubilité ne croît pas constamment avec la température; nous citerons notamment le sulfate de sodium, pour lequel les poids dissous dans 100 gr. d'eau, à diverses températures, sont les suivants, ces poids se rapportant au sel supposé anhydre :

| | | | | | |
|----|----|-------|-------|-----|----|
| 0° | 5 | 30° | 43 | 103 | 52 |
| 13 | 12 | 32,73 | 50,65 | 40° | 48 |
| 25 | 28 | 33,88 | 50,04 | 50 | 46 |

La quantité de sel dissous à 32°,73 est un maximum. Il y a là une singularité qui paraît correspondre à ce que, à diverses températures au-dessus de 32°,75, on n'a pas affaire, en réalité, à la même substance : on sait en effet que le sulfate hydraté de sodium commence à perdre son eau de cristallisation à partir d'une certaine température. Comme les phénomènes de déshydratation peuvent se produire même au sein de l'eau, il est possible d'admettre que cette décomposition commence à 32°,75 et s'accroît au fur et à mesure que la température s'élève; il se produirait alors une proportion croissante d'un sel moins soluble que le sel primitif, ce qui expliquerait la diminution de la solubilité, diminution qui serait seulement apparente pour chacun des deux sels.

Dans les questions relatives aux dissolutions, surtout dans le cas où il existe plusieurs substances, il se présente toujours une difficulté résultant de ce que l'on ne peut affirmer au juste que le corps n'a pas été modifié dans sa constitution chimique; que, par suite, c'est bien sur la même substance que l'on agit toujours.

127. **Sursaturation.** — Si l'on obtient une solution saturée d'un solide à une certaine température et qu'on la soumette au refroidissement, la quantité de solide ne peut rester dissoute à la nouvelle température pour laquelle le poids nécessaire à la saturation est moindre. Aussi, une partie du corps dissous repasse à l'état solide, la proportion étant d'autant plus grande que la différence de température est plus considérable : cette remarque est utilisée fréquemment dans la pratique.

Mais il arrive pour certains sels, le sulfate et l'hyposulfite de sodium, par exemple, que cet effet ne se produit pas toujours. Prenons une dissolution de sulfate de sodium, saturée à 32° et renfermant plus de 200 parties de sel hydraté; amenons-la à la température de 15°, température à laquelle l'eau dissout 100 parties du sel; en général, cette seule quantité restera dissoute et 100 parties de sulfate apparaîtront à l'état solide. Mais il n'en est pas toujours ainsi: si le liquide, pendant le refroidissement, a été soustrait à toute agitation, à toute action de corps étrangers venant accidentellement en contact (ce à quoi on arrive soit en opérant dans un vase en verre à col effilé qu'on ferme à la lampe à chaud, soit en plaçant le liquide dans un ballon Pasteur, soit seulement en le recouvrant d'une mince couche d'huile), l'abaissement de température peut se produire sans qu'il y ait apparence de solidification, la solution reste absolument limpide; le liquide contient dissoute une quantité de sel supérieure à celle qui correspondrait aux conditions normales de l'expérience: on dit alors qu'il y a *sursaturation*.

Mais cet état particulier correspond à un équilibre moléculaire instable; une très faible action suffit en général pour faire immédiatement passer à l'état solide l'excès du corps qui était en dissolution. Un mouvement brusque communiqué au vase, le contact d'un corps étranger peuvent amener cet effet qui se produit plus sûrement si on laisse tomber dans le liquide sursaturé un cristal, même très petit, du sel dissous; la solidification se fait rapidement dans la masse autour de ce fragment.

128. Rapidité de la dissolution. — On ne connaît pas les lois précises qui régissent la vitesse de la dissolution: on sait seulement que, toutes choses égales d'ailleurs, la quantité de solide dissous dans un temps donné est d'autant plus grande que la solution est plus éloignée de la saturation. Cette remarque explique pourquoi on hâte la dissolution d'un solide en agitant le liquide, car alors on dissémine ainsi la partie dissoute et on appauvrit la solution dans le voisinage du solide. Pour la même raison on se rend compte pourquoi, lorsque la solution a un poids spécifique plus grand que le dissolvant, il convient de maintenir le solide à la partie supérieure du vase et non de la laisser au fond du liquide, puisque c'est précisément en cette partie que se réunit la solution déjà faite, tandis que le liquide pur, moins dense, s'élève à la partie supérieure.

Quelle que soit la nature réelle du phénomène de la dissolution, il paraît résulter de l'observation qu'il se produit à la surface de contact du solide et du liquide; on comprend que la rapidité de l'opération augmentera lorsque le solide aura une plus grande surface; de là l'avantage, pour hâter la dissolution, de diviser le solide en fragments aussi nombreux (6), et par suite aussi fins que possible, de le pulvériser, de le porphyriser même. Il va sans dire que l'on ne pourrait prévoir le résultat

de cette division, si par la pulvérisation même la surface subissait une modification qui pourrait rendre moins active l'action dissolvante du liquide: c'est ce qui paraît se passer dans le cas du sucre qui se dissout moins rapidement lorsqu'il a été réduit en poudre que lorsqu'il est en morceaux.

129. Application de la dissolution. — Les circonstances dans lesquelles interviennent les solutions sont très nombreuses; on peut dire, d'une manière générale, que les solides, amenés à l'état liquide par la dissolution, sont susceptibles de produire ou de subir des actions qui ne se manifesteraient pas s'ils restaient à leur état primitif. Le fait est manifeste pour les phénomènes chimiques: deux fragments, l'un d'azotate d'argent, l'autre de chlorure de sodium ne réagissent pas l'un sur l'autre, quelque rapprochés qu'ils soient, tandis que, dissous dans l'eau, ils donnent immédiatement naissance à du chlorure d'argent et à de l'azotate de sodium.

Des différences analogues se manifestent pour des phénomènes physiques; un corps solide, même porphyrisé, ne traverse pas une membrane, une feuille de papier à filtrer; le passage a lieu facilement au contraire si le solide est dissous dans un liquide.

Des effets de l'un et l'autre genre se produisent certainement chez les êtres vivants, végétaux ou animaux: on peut dire d'une manière générale qu'un corps n'est jamais absorbé à l'état solide, tandis que l'absorption peut se produire s'il est en dissolution.

La différence de solubilité des corps permet souvent de les séparer; c'est là une méthode qui est employée fréquemment dans les laboratoires et dans l'industrie. Le dépôt lent d'un solide d'une solution dans un liquide fournit généralement le corps à l'état cristallisé.

Ajoutons que, dans certains cas, les actions chimiques sont déterminées par la solubilité plus ou moins grande des corps (lois de Berthollet) et la connaissance de ce caractère est nécessaire à ce point de vue.

Les variations des propriétés physiques servent également: c'est ainsi, par exemple, qu'on emploie l'ébullition de certaines solutions aqueuses pour obtenir une température constante supérieure à 100°; que certaines solutions dans l'eau ou le sulfure de carbone sont utilisées pour absorber des radiations déterminées, etc.

Parmi toutes les applications qui ont été faites des propriétés des solutions, nous signalerons encore la suivante qui a été indiquée par Valentin pour évaluer la quantité du sang que possède un animal. Il injecte dans le sang une substance qui n'y existe pas normalement et qui y soit soluble; après un certain temps, il recueille une petite quantité de sang et détermine la quantité de la substance introduite qui s'y trouve. Soit P le poids total, p le poids trouvé dans le volume v de sang recueilli. Si l'on admet que le temps écoulé entre les deux

opérations ait été suffisant pour que la substance se soit uniformément répartie, et qu'elle n'ait point été éliminée, on a nécessairement en désignant par V le volume total du sang :

$$\frac{V}{P} = \frac{v}{p},$$

équation de laquelle on déduira V .

La méthode n'est pas absolument satisfaisante, car les conditions supposées présentent quelque incompatibilité : si l'on attend assez longtemps pour pouvoir compter que la substance introduite est uniformément répartie, il y a à craindre qu'une partie ait pu être éliminée par une voie quelconque.

L'augmentation de facilité d'absorption fait que les solutions sont fréquemment employées en pharmacie ; le liquide employé est le plus souvent l'eau pure, quelquefois l'eau légèrement acidifiée ou alcoolisée. Quelquefois le liquide est l'alcool pur : les solutions portent alors spécialement le nom de *teintures* ; quelquefois enfin, mais rarement, le liquide est l'éther ou l'huile.

130. Refroidissement produit par la dissolution. — La dissolution d'un solide dans un liquide correspond à une rupture des liaisons qui existaient entre les molécules, rupture qui doit exiger une certaine quantité d'énergie, une dépense de travail mécanique ; ainsi que nous l'avons déjà indiqué, et comme nous le dirons avec plus de détail ultérieurement, cette énergie provient de la transformation d'une certaine quantité de chaleur. Si donc on ne fournit pas cette quantité de chaleur, le liquide devra se refroidir par le fait même de la dissolution.

C'est en effet ce que l'on observe d'une manière générale : ainsi la dissolution de 50 grammes de chlorure de sodium dans 200 grammes d'eau produit un abaissement de température de $4^{\circ},9$; la variation de température atteint $11^{\circ},4$ si le chlorure de sodium est remplacé par du chlorure de calcium.

Mais, en réalité, l'action ne se borne pas toujours à une désagrégation de solide ; il peut y avoir contraction, comme nous l'avons dit, donc rapprochement des molécules ; d'autre part, il est possible que la dissolution s'accompagne d'une véritable action chimique, d'une hydratation. Ces deux actions ont pour effet de dégager de la chaleur, elles tendent donc à produire un résultat inverse de celui de la dissolution proprement dite, et ce n'est en somme que la différence des deux effets qu'on observe.

Le refroidissement produit par la dissolution d'un solide peut être assez considérable pour abaisser la température au-dessous de 0° et amener la congélation de l'eau : on a alors ce qu'on appelle un *mélange réfrigérant*. Voici quelques-uns de ceux qui peuvent être commodément employés : nous indiquons la température obtenue, les corps étant supposés mélangés à 10° :

I. Eau, 16 parties, en poids ; sel ammoniac pulvérisé, 5 parties ; azotate de potassium pulvérisé, 5 parties, — 12° .

II. Eau et azotate d'ammonium pulvérisé par parties égales en poids, — 16° .

III. Acide chlorhydrique, 5 parties ; sulfate de sodium pulvérisé, 8 parties, — 18° .

L'indication de la température finale à laquelle peut être amené le mélange n'est pas une donnée qui fasse connaître complètement son action : il faudrait en outre savoir quelle quantité de chaleur, évaluée en calories, disparaît par la dissolution.

ART. III. — ACTIONS RÉCIPROQUES DES SOLIDES ET DES GAZ

131. Résistance, frottement. — Les actions réciproques des solides et des gaz sont de deux sortes, les unes mécaniques, pour ainsi dire, les autres plus spécialement physiques ; les premières qui se manifestent quand il y a mouvement relatif de l'un des corps par rapport à l'autre, ou au moins tendance à ce mouvement, sont analogues à celles que nous avons étudiées pour les liquides.

Lorsqu'un solide et un gaz en contact sont en mouvement, l'un par rapport à l'autre, il se produit des actions mécaniques qu'il est nécessaire de considérer dès que la vitesse a une certaine valeur : nous étudierons ces actions spécialement dans les cas simples où la vitesse est perpendiculaire ou parallèle à la surface considérée que nous supposons plane.

Considérons le cas d'une surface plane en repos dans une masse d'air en mouvement, la direction de ce mouvement étant perpendiculaire à la surface solide : cette surface subit une pression comme le prouvent les effets bien connus des courants d'air et du vent, effets sur lesquels il n'est pas nécessaire d'insister. Nous nous bornerons à dire que les pressions qui se manifestent alors sont loin d'être négligeables, qu'elles acquièrent souvent une grande valeur et que, par exemple, il est nécessaire d'en tenir compte dans la construction des grands ouvrages métalliques. On a évalué, par exemple, à 300 kilogrammes par mètre carré, l'action du vent dans un ouragan qui a renversé une partie du viaduc de la Tardes pendant le langage.

Dans ce cas, dans le cas d'un mouvement rapide, comme celui d'un train de chemin de fer, ces pressions sont un inconvénient. Elles peuvent au contraire être utiles : c'est le cas qui se présente lorsque la surface, étant mobile, se met en mouvement sous l'action de ces pressions, comme il arrive dans les vaisseaux à voiles, dans les moulins à vent.

D'autre part, c'est grâce à la résistance de l'air que les oiseaux et les insectes peuvent voler ; par suite du mouvement des ailes, celles-ci