



HAL
open science

Relation entre la pression osmotique et la tension superficielle

Mm A. Battelli, A. Stefanini

► **To cite this version:**

Mm A. Battelli, A. Stefanini. Relation entre la pression osmotique et la tension superficielle. *J. Phys. Theor. Appl.*, 1908, 7 (1), pp.142-155. <10.1051/jphystap:019080070014200>. <jpa-00241281>

HAL Id: jpa-00241281

<https://hal.science/jpa-00241281v1>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

RELATION ENTRE LA PRESSION OSMOTIQUE ET LA TENSION SUPERFICIELLE

[Travaux de l'Institut de physique de Pise (direct. : A. Battelli)];

Par MM. A. BATTELLI et A. STEFANINI.

1. L'étude que nous avons déjà faite relativement à la nature de la pression osmotique⁽¹⁾ nous permettait de conclure : *a*) que les solutions diluées ayant la même tension superficielle doivent être isosmotiques; *b*) que, quand deux liquides de tension superficielle différente sont séparés par une paroi poreuse ou semi-perméable, le passage à travers le septum doit avoir lieu de la manière la plus favorable à ce que les tensions superficielles s'égalisent des deux côtés.

À l'appui de ces propositions, qui expliquaient tous les faits alors connus et qui rendent compte aussi de ceux énoncés plus tard par Barlow dans ses études sur les solutions alcooliques⁽²⁾, nous n'avions pu présenter le petit nombre d'expériences que les difficultés inhérentes aux mesures osmotiques nous avaient permis de faire.

Ces propositions étant de première importance dans la théorie des solutions, nous venons d'effectuer de nouvelles expériences pour voir si les faits les confirmaient ou les infirmaient.

2. Mais, avant tout, il nous semble utile de montrer que, même en dehors de toute hypothèse sur la nature du phénomène, on peut établir théoriquement que deux solutions de même tension superficielle doivent être aussi isosmotiques.

Considérons donc deux solutions I et II de même tension superficielle, et appelons :

α , la tension superficielle commune ;

s_1 et s_2 , les poids spécifiques des deux solutions.

Si dans ces deux solutions nous plongeons un tube capillaire de rayon ρ , on aura pour la première l'élévation h_1 , et pour la seconde l'élévation h_2 données par :

$$h_1 = \frac{2\alpha}{s_1 \rho},$$

$$h_2 = \frac{2\alpha}{s_2 \rho}.$$

(1) *Comptes Rendus de la R. Acc. dei Lincei*, XIV, série V, 2^e sem. 1905, p. 3.

(2) *Phil. Mag.*, (6), 10, p. 1; 1905.

Soient p_1 et p_2 la tension de vapeur relative à la surface libre du ménisque capillaire des solutions I et II, et, pour fixer les idées, supposons $p_1 > p_2$.

Deux cas peuvent se présenter : la solution qui a une tension de vapeur inférieure présente une hauteur capillaire supérieure, ou bien la solution qui a une tension de vapeur inférieure présente une hauteur capillaire inférieure.

Examinons la première hypothèse qui associe ces deux conditions :

$$p_1 > p_2, \quad h_1 < h_2 \text{ (ou aussi } s_1 > s_2 \text{)}.$$

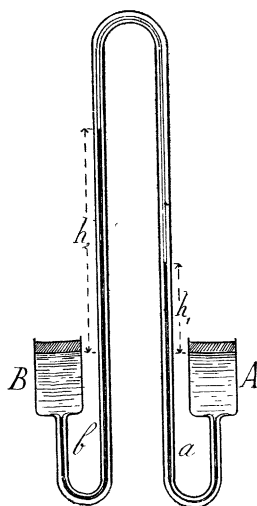


FIG. 1.

Prenons alors deux récipients A et B dans lesquels on met les solutions I et II. Ces récipients sont en relation avec deux tubes capillaires a , b de même rayon. Les surfaces des deux liquides sont séparées du milieu ambiant par des tampons qui empêchent leur évaporation. Les deux tubes capillaires sont en relation entre eux. En mettant alors les niveaux des liquides dans les vases A et B (*fig. 1*) sur le même plan, il sera toujours possible de choisir un *diamètre* pour les tubes capillaires tel qu'on ait l'équilibre dans le système ainsi construit. Ceci arrivera lorsque les deux ménisques capillaires se trouvent dans des régions où ils trouveront la pression qui leur convient. Dans ce cas, le poids de la colonne de vapeur qui est inter-

posée entre les surfaces des deux ménisques est égal à la différence des tensions de vapeur p_1 et p_2 . En appelant d la densité de la vapeur dans l'ambiant, on a :

$$d(h_1 - h_2) = p_2 - p_1,$$

c'est-à-dire :

$$p_2 - p_1 = 2 \frac{d\alpha}{\rho} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2} \right).$$

Cette relation vaut pour tous les couples de solutions des substances ayant la même tension superficielle.

Considérons maintenant une suite de ces couples de solutions obtenues en augmentant la dilution des deux solutions de façon à ce que les tensions superficielles restent égales. A chaque couple on pourra appliquer l'équation précédente (en mettant bien entendu pour d , α , ρ les valeurs qui conviennent à chaque cas). Mais, dans cette succession, les poids spécifiques s_1 et s_2 se rapprocheront l'un de l'autre de plus en plus et on pourra arriver à un point où la différence $s_1 - s_2$ sera plus petite que les erreurs expérimentales.

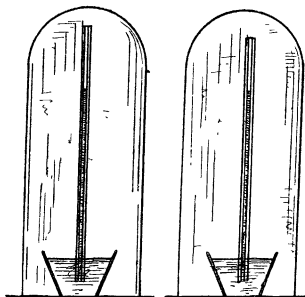


FIG. 2.

Alors le second membre de l'équation précédente devra être considéré comme nul, et il en est de même pour le premier. Dans ce cas donc les tensions de vapeur qui conviennent aux surfaces libres dans les tubes capillaires doivent être regardées comme égales. Mais il est facile de voir qu'avec les hypothèses faites on déduit de là que les tensions de vapeur relatives aux surfaces planes sont aussi égales. En effet, considérons deux cloches dans lesquelles sont renfermées les deux solutions. Dans chacune de ces cloches (fig. 2), on plonge un tube capillaire. Les solutions ayant la même tension superficielle et

la même densité s'élèvent de la même hauteur. D'autre part, au-dessus du ménisque capillaire, elles ont aussi la même pression de vapeur; donc aussi, au-dessus des surfaces planes, elles doivent subir des pressions de vapeur égales. Pour des solutions diluées dont les densités ne diffèrent pas sensiblement entre elles, nous devons donc conclure que deux solutions ayant la même tension superficielle ont aussi la même tension de vapeur. Et puisque, d'après les lois de Raoult et des considérations thermodynamiques très simples⁽¹⁾, on peut déduire que *les solutions ayant la même tension de vapeur doivent être isosmotiques, il s'ensuit que les solutions qui ont la même tension superficielle ont aussi la même pression osmotique.*

Dans ce raisonnement on admet implicitement, en considérant les couples successifs de solutions ayant des dilutions de plus en plus grandes, que ρ ne diminue pas avec la même rapidité que la différence $s_1 - s_2$. La preuve indirecte qu'il en est bien ainsi est donnée par la concordance entre les déductions théoriques et les résultats expérimentaux.

Il nous reste à examiner la seconde hypothèse qui considère les solutions pour lesquelles

$$p_1 > p_2 \quad \text{et} \quad s_1 < s_2 \text{ (ou } h_1 > h_2\text{)}.$$

Pour ces solutions, on ne peut obtenir l'équilibre avec le schéma précédent mais on peut l'obtenir avec la même disposition renversée. Les surfaces des ménisques capillaires seront libres et séparées du milieu extérieur de manière à empêcher leur évaporation. On choisira un diamètre du tube capillaire tel qu'on obtienne, pour différence entre les hauteurs h_1 et h_2 , une quantité choisie de sorte qu'il puisse y avoir place pour une colonne de vapeur d'un poids égal à la différence entre les deux tensions de vapeur appartenant aux surfaces planes des deux solutions. Ces dernières seront en équilibre lorsqu'on mettra au même niveau les ménisques capillaires (*fig. 3*). On aura évidemment encore dans ce cas :

$$p_1 - p_2 = (h_1 - h_2) d,$$

et, avec le processus de limite rapporté ci-dessus, on arrive à la même conclusion : *que les solutions capillaires sont aussi isosmotiques.*

⁽¹⁾ VAN T'HOFF, *Phil. Mag.*, (5), 26, p. 92; 1888.

3. Pour donner d'autres preuves expérimentales de cette loi, outre celles déjà citées dans notre note précédente, il fallait préparer des solutions de différentes substances qui eussent la même tension superficielle, et voir si elles possédaient aussi une même pression osmotique.

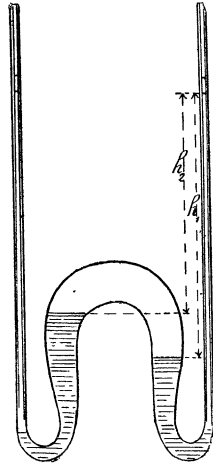


FIG. 3.

Parmi les méthodes servant à mesurer la tension superficielle, nous avons choisi celle de Jäger⁽¹⁾, qui est d'une application facile et qui donne des résultats précis.

Cette méthode consiste à déterminer la différence de niveau verticale que deux tubes capillaires de diamètre différent doivent avoir dans la solution étudiée, pour que l'air, qu'on insuffle dans les deux en même temps au moyen d'une poire en caoutchouc, sorte, indifféremment, de l'un ou de l'autre.

La disposition que nous lui avons donnée est représentée dans la fig. 4.

Si h est cette différence de niveau (soigneusement mesurée au cathétomètre), et s le poids spécifique de la solution, on démontre que la tension superficielle est donnée par :

$$\alpha = chs,$$

avec c constante.

(1) WIEN, *Sitzber.*, C, p. 245; 1891.

Comme les relations suivantes ne demanderont que l'usage des valeurs relatives de la tension superficielle des diverses solutions,

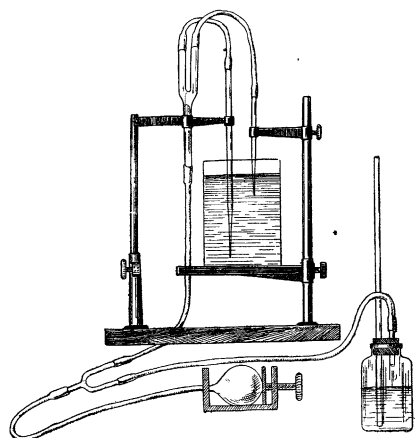


FIG. 4.

il n'est pas nécessaire de déterminer la constante c . Si α , α' sont les tensions superficielles de deux solutions, leur rapport sera donné par :

$$(8) \quad \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{hs}{h's'}$$

En nous servant de cette méthode, nous avons constaté en premier lieu que les solutions suivantes :

Nitrate de potasse.....	1,01 0/0
Sulfate de potasse	1,11
Sulfate de magnésie	1,78
Sucre.....	5,76

qui ont la même pression osmotique, selon Hamburger, ont aussi une même tension superficielle, comme le montre le tableau suivant .

Solutions	Température	Poids spécifique s	Différence de niveau entre les deux tubes capillaires	hs
KNO^3 1,01 0/0	12,9	1,0063	5 ^{cm} ,621	5,660
K^2SO^4 1,11	13,0	1,0091	5 ,619	5,670
$MgSO^4$ 1,78	13,0	1,0088	5 ,620	5,666
$C^{12}H^{22}O^{11}$. 5,76	12,5	1,0233	5 ,540	5,669

La concordance entre ces résultats nous permet de conclure que la loi que nous voulions démontrer est prouvée.

4. Nous avons aussi fait l'essai inverse, c'est-à-dire que nous avons préparé quelques solutions de même tension superficielle et nous avons comparé les pressions osmotiques. Pour ce faire, en rendant égaux, par des concentrations appropriées, les produits hs relatifs aux différentes solutions, nous avons trouvé que deux solutions, l'une de mannite (0,238 normale), l'autre de nitrate de potasse (0,163 normale), ont la même tension superficielle à 12°.

Dans l'immense série de travaux sur la tension superficielle, il ne manque pas d'indications qui pourraient fournir d'autres couples de solutions isocapillaires. Nous ne tiendrons compte, toutefois, que des mesures exécutées par Whatmough (¹), parce qu'elles nous serviront aussi pour d'autres comparaisons.

Selon cet auteur, ont une même tension superficielle à la température 18°,2 les solutions diluées suivantes :

0,25 normale de KNO ³	—	0,25 normale de NaCl,	—
0,87		et 0,88	

Pour ces deux couples aussi, le poids spécifique est sensiblement le même. Nous pouvons, par conséquent, nous en servir, de même que des deux solutions préparées par nous, pour vérifier les résultats théoriques.

5. Pour reconnaître si ces solutions sont isosmotiques, comme nous n'avons pas besoin de mesures absolues, nous ne sommes pas obligés de recourir aux membranes semi-perméables de Traube, d'une préparation et d'un emploi si longs et si difficiles. Il nous suffit, en effet, d'employer l'hématocrite de Hedin, qui se fonde sur le fait que les globules rouges ne gardent leur volume normal que s'ils se trouvent dans une solution dont la pression osmotique est égale à celle du liquide qu'ils contiennent dans leur intérieur. Deux solutions seront donc isosmotiques lorsqu'elles provoqueront d'égales variations de volume dans une même quantité de sang.

Comme la tension superficielle varie sensiblement avec la température, et d'une façon différente d'une solution à une autre, les expériences avec l'hématocrite ont été faites à la température même à laquelle furent faites les recherches sur la tension superficielle.

(¹) *Loc. cit.*

Voici les résultats des recherches exécutées au moyen de l'hématocrite sur les solutions isocapillaires précédentes :

Substances		Lectures à l'hématocrite				Moyennes (1)
Mannite	0,238N	5,5	6	6,5	6,5	6,13
KNO ³	0,163N	5,5	6	6,5	6,5	6,13
KNO ³	0,25N	9	9	9	8,5	8,9
NaCl	0,25N	9	9	8,5	8,5	8,8
KNO ³	0,87N	10	10	9	10	9,75
NaCl	0,68N	9	10	8	10	9,25

La loi énoncée ci-dessus est donc confirmée par l'étude de toutes ces solutions.

6. Les observations précédentes entraînent encore une autre conséquence.

Puisque, d'après les lois de Raoult, et d'après des conditions thermodynamiques très simples⁽²⁾, on peut conclure que, quand deux solutions sont isosmotiques, elles doivent avoir aussi la même pression de vapeur ; et comme, d'autre part, de la relation (3) du paragraphe 2 on déduit que les solutions qui ont la même pression de vapeur doivent avoir aussi la même tension superficielle, on peut affirmer que :

Si deux solutions sont isosmotiques, elles doivent aussi être isotoniques et isocapillaires.

La vérification expérimentale de la coexistence de ces propriétés dans un couple de solutions nous est fournie par les recherches de Smits⁽³⁾ sur les tensions de vapeur des solutions, confrontées avec celles de Whatmough et avec les nôtres.

En effet, on déduit des valeurs trouvées par Smits que les solutions 0,68 normale de NaCl et 0,87 normale de KNO³ produisent la même dépression dans la tension de la vapeur d'eau. Or, comme on l'a vu, Whatmough a trouvé que ces solutions ont la même tension superficielle, et nous avons trouvé qu'elles sont de même pression osmotique.

(1) Le volume auquel se réduisent les globules rouges est d'autant plus petit que la pression osmotique de la solution employée est plus grande. Les chiffres de cette colonne ne donnent toutefois aucune indication sur les valeurs relatives des pressions pour les solutions auxquelles elles se rapportent. On a, en effet, employé pour chaque couple le même volume de sang ; mais ce volume ne fut pas toujours le même pour tous les couples.

(2) V. HOFF, *Phil. Mag.*, (5), 26, p. 92 ; 1888.

(3) *Zeits. f. phys. Chem.*, 39, p. 401 ; 1902.

Nous répétons ici, pour éviter toute équivoque, que toutes les considérations précédentes sont seulement applicables à des solutions diluées.

Pour voir comment les solutions qui n'ont pas le même poids spécifique s'éloignent de la loi mentionnée ci-dessus, nous avons examiné les deux couples de solutions suivants :

0,68N de NaCl et 1,0N de sucre,
0,25N de BaCl² et 0,25N de KNO³.

Smits a trouvé que les deux premières ont la même tension de vapeur ; Whatmough a montré que les deux autres ont la même tension superficielle. Toutefois, comparées avec l'hématocrite, elles ont donné les résultats suivants :

Solutions	Poids spécifique	Lectures à l'hématocrite
NaCl.....	1,03	5
C ¹² H ²⁰ O ¹¹	1,14	11
BaCl ²	1,168	10
KNO ³	1,062	7,5

Il en résulterait que les solutions de poids spécifique très différent ont, à égalité de tension superficielle, une pression osmotique d'autant plus grande que leur densité est plus faible.

Mais, sans insister sur cette conclusion, nous pouvons retenir que, pour les solutions diluées de même poids spécifique, l'égalité respective de deux d'entre les éléments : tension superficielle, pression osmotique et tension de vapeur, entraîne l'égalité du troisième.

7. Ces propriétés des solutions nous fournissent une nouvelle manière d'interpréter les phénomènes osmotiques.

On peut penser que les membranes semi-perméables constituent une sorte de réticulum de vésicules pleines de vapeur et en communication d'un côté avec le solvant pur et de l'autre avec la solution, au moyen de petits tubes capillaires (*fig. 5*).

Le passage du solvant d'une partie à l'autre se fait par l'évaporation du liquide et la condensation successive de la vapeur.

En effet, puisque la tension de la vapeur d'une solution est toujours plus faible que celle de la vapeur du solvant, la distillation dans les vésicules devra être plus grande de la part du solvant pur que de la part de la solution. L'excès de vapeur venant du solvant se condensera et passera, ainsi liquéfié, dans la solution. L'entrée

du liquide dans la cellule osmotique donnera la pression intérieure, et la surface des ménisques B de la solution, en présence de la vapeur des vésicules, deviendra peu à peu moins courbe, tandis que la courbure de la surface A du solvant restera invariable.

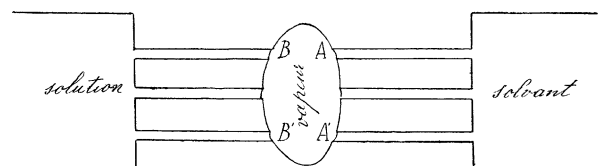


FIG. 5.

Et puisque, d'après lord Kelvin, la vapeur au contact d'une surface courbe prend une pression de plus en plus faible à mesure que la courbure des deux surfaces devient plus forte, il arrivera un moment où il y aura équilibre entre la tension de vapeur au contact des surfaces A du solvant et la tension de vapeur de la solution à la surface B qui tend à devenir plane ou même convexe. Le passage du liquide d'un côté à l'autre cessera alors, et l'on arrivera à l'équilibre osmotique.

Si, des deux côtés de la paroi, on a deux solutions isocapillaires, ayant toutes deux la même tension de vapeur et le même rayon de courbure aux surfaces libres, il ne devra y avoir aucun passage de liquide, puisqu'il y aura égalité parfaite entre la quantité de vapeur qui se forme et qui se liquéfie en même temps des deux côtés.

Cette manière de voir est confirmée par l'expérience suivante :

Si l'on prend une cellule osmotique faite avec un vase poreux à la manière de Pfeffer, on trouve que, lorsqu'elle est vide et plongée dans l'eau, ce liquide ne filtre pas à travers la cellule, même sous l'excès d'une atmosphère de pression. On sait, au contraire, que l'eau pénètre avec la plus grande facilité à travers un vase poreux avant d'y former la membrane. D'après ce que nous avons dit, cette manière de faire est très naturelle, car ce n'est pas l'eau qui traverse la cellule, mais sa vapeur.

8. Ce mécanisme de la pression osmotique rend aussi compte du fait auquel Traube avait fait allusion, c'est-à-dire que les membranes semi-perméables se laissent traverser par les substances qui, comme les alcools, abaissent la tension superficielle de l'eau en s'y dissolvant, tandis que ces membranes sont imperméables aux sels, au

sucré, à l'urée, à toutes les substances, en somme, qui, dissoutes dans l'eau, en abaissent la tension superficielle.

D'après la conception que nous avons exposée ci-dessus, il est naturel que les substances volatiles doivent traverser les membranes semi-perméables. En effet, leur vapeur étant parvenue de la partie BB (*fig. 5*) dans les vésicules de la membrane semi-perméable avec la vapeur du solvant, se condensera du côté AA sur la surface du solvant pur, et de cette façon elles traverseront la membrane.

Dans notre étude précédente, nous avons montré que les substances fixes (par exemple la salicine), qui, même en abaissant la tension superficielle de l'eau, ne passent pas à travers ces membranes, ne font pas exception aux propositions établies par nous.

L'existence de membranes semi-perméables dans le sens étroit du mot est très contestable. En effet, toutes celles qui sont connues se laissent traverser plus ou moins facilement par la substance dissoute, quelle qu'elle soit. Mais, si même les substances fixes, dissoutes dans l'eau, par exemple, traversent ces membranes, leur passage étant extrêmement lent ne peut s'opposer à l'établissement de la pression osmotique, même assez élevée, qui est due, selon notre idée, à la différence entre les tensions superficielles (ou entre les tensions de vapeur) du solvant et celles de la solution. Ce passage peut s'expliquer, du reste, par la formation d'agréats moléculaires instables entre la substance dissoute et la substance colloïdale qui forme la membrane. Ces agrégats, arrivés au contact du solvant, se décomposeront et lui céderont les molécules de la substance dissoute.

Ce qui précède nous permet d'admettre que les substances qui ne passent pas de l'état de solution à l'état de vapeur sont les seules ne pouvant pas traverser librement une membrane semi-perméable séparant leur solution du solvant pur.

9. Après la publication de cette note dans les *Comptes Rendus de la R. Acad. dei Lincei* (vol. XVI, 1^{er} semestre 1907) a paru un travail étendu de M. G. Flusin⁽¹⁾, où cet auteur étudie l'osmose à travers les membranes animales de caoutchouc semi-perméables.

M. Flusin, se rapportant à notre première note sur la nature de la pression osmotique, et ne connaissant point nos nouvelles obser-

(1) *Du rôle chimique de la membrane dans les phénomènes osmotiques*, par G. FLUSIN. Grenoble, Allier frères, 1907.

vations rapportées ci-dessus, soulève de nouveau les objections de Monti pour le cas de l'alcool et de l'eau. Il présente, contre notre explication de la pression osmotique, une nouvelle critique provenant de la façon de se comporter d'une solution d'acide tartrique en présence d'une membrane animale. Dans ce cas, l'acide tartrique et l'eau de la solution passent tous les deux dans la même direction vers l'eau pure.

Pour l'alcool éthylique séparé de l'eau, M. Flusin observe que notre explication, qui fait dépendre le sens et l'intensité de l'osmose des variations relatives que subissent les tensions superficielles des deux liquides quand, à N molécules de l'un, on en ajoute n de l'autre, rend bien compte du passage de l'eau dans l'alcool à travers les membranes animales poreuses ou semi-perméables, mais qu'elle est contredite par le cas du caoutchouc, où c'est l'alcool qui va vers l'eau.

Cette objection, toutefois, n'infirme pas la validité de notre explication. Dans notre première note nous fîmes remarquer, d'une manière explicite (§ 6) ⁽¹⁾, que nos considérations se rapportaient seulement au cas des membranes semi-perméables, mais que, toutefois, notre conception pouvait rendre compte aussi de ce qui arrive dans tous les faits connus. A ce propos, nous citâmes aussi le cas du caoutchouc séparant l'eau de l'alcool, et nous le rapportâmes justement pour réfuter l'objection de Monti. Il est clair, en effet, que, si la membrane est perméable également aux deux liquides, le sens et l'intensité du courant osmotique seront déterminés par l'influence des variations relatives des tensions superficielles dont nous avons parlé plus haut. Mais, si la membrane est semi-perméable (comme on peut le penser pour le caoutchouc) et ne se laisse pas traverser par l'eau, il est naturel que ce soit l'alcool qui y passe, et dans le sens voulu par les théories de Jäger, de Moore et de Traube, selon lesquelles le passage doit se faire du liquide de tension superficielle inférieure à celui de tension superficielle supérieure. Même le cas de l'acide tartrique ne peut entamer nos conclusions. M. Flusin a, en effet, observé que cet acide altère notablement la membrane animale dont il s'est servi (*loc. cit.*, p. 122), que la concentration de la solution dont cette membrane s'imbibé est — exception unique — avec cet acide, plus grande que celle de la solution où il est plongé ; qu'après avoir servi pour l'acide tartrique,

(1) Paragraphe 3 de la note publiée dans le *J. de Phys.*, (4), VI, p. 402.

J. de Phys., 4^e série. t. VII. (Février 1908.

même après un lavage soigné, la membrane a, pour l'eau pure, un pouvoir absorbant plus petit qu'auparavant. On ne doit donc pas s'étonner si, avec des solutions d'une substance qui altère si profondément la membrane, les phénomènes observés sont contraires à la théorie.

M. Flusin, en étendant à toutes les membranes une conception de Nernst relative au cas spécial où deux liquides sont séparés par un troisième dans lequel seulement l'un des premiers serait soluble, voudrait que, dans tous les cas, ce soit l'action chimique des liquides sur la membrane qui détermine le phénomène.

Il peut certainement, dans chaque cas, y avoir aussi une action chimique entre la membrane et le solvant ou le corps dissous; nous l'avons fait remarquer nous-mêmes. Mais il ne nous semble pas que l'extension de la conception de Nernst, comme le propose M. Flusin, soit acceptable. Du reste, ceci est implicitement prouvé par le fait que, d'après ses nombreuses observations, M. Flusin ne peut déduire aucune relation définie entre les trois facteurs déterminant le phénomène osmotique, c'est-à-dire : le coefficient d'inhibition de la membrane pour le liquide actif, la diminution de ce coefficient par la présence de l'autre liquide inactif et l'attraction échangeable entre les deux liquides, ou entre le solvant et le corps dissous.

Pour éviter toute équivoque, nous répétons donc que nos considérations valent pour les membranes semi-perméables et pour les solutions diluées; mais ceci n'empêche pas que l'explication qui en résulte pour la pression osmotique puisse rendre compte sinon de tous les faits osmotiques, au moins de ceux qui ne sont point compliqués par des altérations dans la nature du septum séparateur.

10. La relation que nous avons établie entre la pression osmotique et la tension superficielle, en permettant d'employer une nouvelle méthode pour reconnaître si deux solutions sont ou ne sont pas isotoniques, est très avantageuse dans beaucoup de recherches.

On connaît le grand intérêt qu'ont les recherches osmotiques dans les études sur les échanges organiques entre les tissus animaux. Mais on sait aussi les grandes difficultés qu'on rencontre quand on veut mesurer ou comparer les pressions osmotiques des liquides organiques soit directement, soit indirectement au moyen de recherches cryoscopiques ou ébullioscopiques. De même la méthode de l'hématocrite n'est pas toujours utilisable, car beaucoup de liquides altèrent le sang en en dissolvant les globules rouges.

Or, d'après ce que nous avons établi ci-dessus, pour reconnaître s'il y a égalité entre les pressions osmotiques de deux solutions dans le même solvant, ou de deux liquides de l'organisme animal, il suffira de rechercher s'ils ont la même tension superficielle. Ceci pourra toujours être fait facilement et avec grande précision par la méthode de Jäger, qui s'y prête mieux que toutes les autres par sa sensibilité et son exactitude.

44. En résumant, nous pensons avoir établi que :

I. Les solutions diluées d'égale tension superficielle ont la même pression osmotique et la même tension de vapeur; en général, il n'y a pas besoin qu'elles soient équimoléculaires pour être isotoniques.

II. On peut admettre que le passage du solvant à travers une membrane semi-perméable est dû à l'évaporation et à la condensation successive de sa vapeur dans les vésicules qui formeraient ces membranes.

III. Le résultat I fournit une nouvelle méthode très facile pour reconnaître l'isotonie de deux liquides. Cette méthode peut trouver d'utiles applications dans les recherches physiologiques.