

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 8 (1864-1865)
Heft: 51

Artikel: Note sur l'influence de la pression atmosphérique sur la combustion
Autor: Dufour, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-254837>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Note sur l'influence de la pression atmosphérique sur la combustion.

Par M^r L. DUFOUR,

professeur de physique à l'Académie de Lausanne.

(Séance du 16 décembre 1863.)

1. L'influence qu'exerce la pression atmosphérique sur la combustion est encore très peu connue. Des expériences propres à reconnaître cette influence ne sont pas aussi simples qu'il pourrait le sembler au premier abord. — Pour faire varier la pression entre des limites un peu étendues, on a à sa disposition des procédés de laboratoire ou des essais pratiqués à diverses hauteurs dans l'atmosphère.

Les procédés de laboratoire donnent malheureusement lieu à une difficulté inévitable, c'est l'emploi d'une atmosphère restreinte. On est obligé de faire brûler les corps dans un vase où l'on raréfie ou comprime l'air ; mais comme le volume du vase est nécessairement peu considérable, l'oxygène qui se consomme pendant l'expérience même fait varier à chaque instant la composition de l'atmosphère ambiante. En outre, les produits de la combustion se mélangent avec cette atmosphère ambiante dont la température change aussi beaucoup. Les conditions du phénomène varient donc pendant sa durée et il est difficile alors de découvrir, avec certitude, quelle a été l'influence de la *pression* seule.

Les expériences à diverses hauteurs dans l'atmosphère sont à l'abri de ces difficultés et elles sont évidemment préférables pour résoudre le problème proposé. — Mais malheureusement la pression diminue peu à mesure que l'on s'élève et il faut gravir de hautes montagnes pour que cette pression soit réduite de un quart ou un tiers. Lorsque l'on est arrivé dans des régions où la pression est décidément plus faible, les difficultés que l'on doit vaincre sont alors relatives à l'observateur et elles ne laissent pas que de devenir souvent des obstacles. Si l'expérience exige quelques appareils, le simple transport devient une complication ; et les installations dont on doit s'accomoder, à quelques mille pieds d'élévation, créent souvent une gêne ou une fatigue qui nuisent très sérieusement à l'exactitude des observations. — Malgré ces inconvénients, des essais de combustion en plein air, faits à différentes

hauteurs sur les montagnes, méritent assurément d'être entrepris plus fréquemment que cela n'a eu lieu jusqu'à présent. Ce genre d'études, encore très peu pratiqué, devrait toujours occuper une place dans le programme de ceux qui entreprennent des courses de montagnes avec un but scientifique.

2. J'ai fait, il y a deux ans, un certain nombre d'expériences sur l'influence de la pression sur la durée de combustion des fusées. Les résultats, publiés en novembre 1862¹, ont été parfaitement nets et montrent que la substance des fusées brûle plus lentement à mesure que la pression diminue. La durée de la combustion s'accroît, en moyenne, de 0,0011 pour chaque diminution de 1 millimètre dans la pression barométrique. Cette variation est presque exactement la même que celle qui a été observée par M. Frankland², en Angleterre, et elle diffère peu de celle qu'a obtenue M. Mitchell dans l'Inde.

Durant l'été dernier, j'ai voulu utiliser une ascension dans les Alpes pour faire quelques essais du même genre. Ce sont ces essais qui sont consignés dans les pages suivantes. Comme on le verra, les expériences ont été fort simples. Le genre d'excursion que j'avais entrepris ne s'accommodait guère d'appareils lourds ou délicats et le baromètre lui-même aurait difficilement pu monter, sans malheur, le long des parois assez gravement accidentées des Diablerets³.

J'ai brûlé, à diverses pressions, des *fusées amorces* semblables à celles de mes précédentes expériences ; des *cordes amorces* telles qu'on les emploie pour l'explosion des mines et enfin de l'*alcool*.

Comme je n'avais pas emporté de baromètre, j'ai toujours opéré dans des points dont l'altitude est connue ; je notais l'heure et la température. M. le prof^r Plantamour a eu l'obligeance de me communiquer les observations barométriques et thermométriques faites à Genève, aux heures correspondantes, et j'ai pu calculer ainsi la pression à laquelle je me trouvais. La pression obtenue de cette façon ne diffère de la pression réelle que d'une quantité sûrement tout à fait négligeable au point de vue dont il est ici question.

¹ *Archives de la Bibliothèque universelle*, novembre 1862.

² *Philos. Mag.* décembre 1861.

³ Ces expériences n'ont donc point de prétention à une grande portée scientifique et j'avais voulu me borner à les communiquer familièrement dans une de nos séances de la Société. C'est là que quelques membres bienveillants m'ont engagé à les rédiger pour notre Bulletin.

Combustion des fusées-amorces.

3. J'avais conservé trois fusées de celles qui ont servi aux expériences de 1862 et je les ai brûlées sur les Diablerets. Ces fusées sont destinées à produire l'explosion de projectiles creux (shrapnell). La matière combustible y est rangée dans une rainure presque circulaire pratiquée dans une pièce de métal. Le commencement et la fin de la combustion sont très nets.

Comme dans les précédents essais, on allumait en tirant à bout portant, sur la mèche, un pistolet chargé au coton-poudre. La fin de la combustion est accusée par l'explosion d'une petite provision de poudre à laquelle communique la fusée proprement dite. Le temps était mesuré à l'aide d'une montre à secondes indépendantes. J'ai estimé les fractions, au commencement et à la fin, en quarts de seconde. L'approximation est naturellement bien inférieure à celle qui a pu être atteinte dans les expériences de 1862. Mais il ne pouvait pas être question de transporter sur les Diablerets l'appareil employé à cette époque.

Sommet des Diablerets, 14 août 1863, 10 heures du matin.
Température de l'air : 4°,5.

Fusée.	Durée de combustion.
1	11 ^s $\frac{3}{4}$
2	11
3	10 $\frac{3}{4}$
<hr/>	
Moyenne : 11 ^s ,17	

Les Diablerets ont une hauteur de 3251 mètres d'après la triangulation suisse. La différence de hauteur verticale avec l'observatoire de Genève est 2843^m. — Les observations correspondantes de Genève donnent une pression de 728^{mm},5 et une température de 26° ; on en conclut, pour la pression aux Diablerets, 520^{mm} en négligeant les fractions.

Les fusées étaient graduées au point 9 secondes. En se reportant aux expériences faites le 25 juin 1862, à Ouchy¹, pour une pression de 731^{mm}, on voit que la durée moyenne, à cette pression-là, est 9^s,15, c'est-à-dire donc un peu supérieure à ce qu'indique la graduation.

Ainsi, la diminution de pression entre Ouchy et les Diablerets, est de 211^{mm} ; l'accroissement dans la durée de combustion est de 2^s,02. Le coefficient d'accroissement, pour 1^{mm} de diminution dans

la pression, est $\frac{2,02}{9,15 \times 211} = 0,0010$

¹ *Mémoire cité*, page 17.

Les expériences de 1862 ont donné 0,0011 entre Ouchy et Chenalettaz. Ce nouveau résultat s'éloigne donc peu des précédents.

Combustion des cordes-amorces.

4. Ces cordes sont formées par un fil central autour duquel on a fixé du pulverin à l'état humide. Ce premier cordon de matière combustible est enveloppé de quelques torons de chanvre et le tout forme une corde d'environ 5^{mm} de diamètre. Ces cordes, on le sait, sont employées avec beaucoup d'avantages pour mettre le feu aux mines et leur usage est maintenant très répandu.

Une certaine longueur de corde a été coupée en fragments de 35 centimètres de longueur. L'inflammation se communique à l'aide d'une allumette ; le commencement et la fin de la combustion sont parfaitement nets.

Voici les expériences faites à diverses pressions.

Lausanne, juillet 1863. Pression : 725^{mm}. Température de l'air : 25°.

corde.	durée.	corde.	durée.
1	39 ^s	6	36
2	36	7	35
3	36	8	36
4	36	9	36
5	34	10	36

Moyenne : 36^s.

Anzeindaz, le 13 août 1863. Température de l'air : 8°. — La pression, à Genève, est 725^{mm},7 ; $t = 24^{\circ},3$. — Anzeindaz est à 1489^m au-dessus de l'Observatoire de Genève ; la pression y était donc, le 13 août, de 609^{mm}.

1	36 ^s	5	36
2	37	6	36
3	37	7	36
4	37		

Moyenne : 36^s,43.

Diablerets, le 14 août 1863, 10 heures du matin. Température : 4°.
5. Pression : 520^{mm}.

1	38 ^s	5	39
2	38	6	38
3	38	7	38
4	38		

Moyenne : 38^s,14.

5. On voit tout d'abord que ces cordes brûlent avec une régularité très remarquable. Des bouts d'égale longueur brûlent très sensiblement pendant le même temps. Si l'on cherche, en effet, quel est l'écart moyen, on trouve :

pour la série de Lausanne, $0^s,6$ ou $\frac{1}{60}$ de la durée totale ;

pour la série d'Anzeindaz, $0^s,5$ ou $\frac{1}{72}$ de la durée totale ;

pour la série des Diablerets, $0^s,24$ ou $\frac{1}{152}$ de la durée totale.

Les fusées que j'ai étudiées en 1862 présentaient des écarts moyens plus considérables. Dans une première série, $\frac{1}{20}$; dans une seconde série, $\frac{1}{40}$ de la durée totale. Ces fusées sont pourtant construites avec de minutieuses précautions, afin de les obtenir aussi semblables que possible. Les cordes-amorces, dont la fabrication est sans aucun doute beaucoup moins soignée, puisqu'elles se livrent à très bon marché dans le commerce, leur sont cependant supérieures, on le voit, au point de vue de la régularité de la combustion.

Au point de vue de l'influence qu'a pu exercer la pression ambiante sur la durée de la combustion, on a les rapprochements suivants :

Pression.	Durée de combustion.
725 ^{mm}	36 ^s
609 ^{mm}	36 ^s ,43
520 ^{mm}	38,14

La combustion paraît donc un peu plus lente pour une pression moindre ; mais la variation n'a pas été la même de Lausanne à Anzeindaz et de Anzeindaz aux Diablerets. Si l'on prend les deux termes extrêmes, on trouve un accroissement de durée de $2^s,14$ pour 205^{mm} ; ou un accroissement de 0,00028 de la durée totale pour chaque millimètre de diminution dans la pression. L'influence de la pression paraît donc beaucoup moins sensible ici que pour les fusées où le coefficient de variation est quatre fois plus considérable.

Cette constance relative dans la combustion des cordes-amorces a été pour moi assez inattendue. Il semble que la pression ambiante doit exercer, sur elles, un mode d'action semblable à celui que subissent les fusées. — Pour expliquer le retard dans la combustion des fusées, M. Frankland a supposé que la pression influe sur la rapidité de l'écoulement des gaz au moment de la combustion. Dans l'air moins dense, les gaz s'échappent plus rapidement : il y a donc, dans un espace déterminé, au contact du foyer et à proximité de la couche qui va brûler, moins de molécules gazeuses chaudes. Ces gaz réchauffent par conséquent moins la portion de matière immédiatement voisine que la combustion va atteindre, et par suite la réaction chimique est moins active. — Cette explication est assurément fort ingénieuse. On a toutefois quelque peine à se figurer que le plus rapide écoulement des gaz diminue le ré-

chauffement des portions qui vont brûler; car la combustion étant *continue* il se produit incessamment, au contact même de la couche que le feu va envahir, une provision nouvelle de gaz.

Le phénomène présenté par les cordes-amorces ne me semble pas venir à l'appui de la théorie de M. Frankland. Dans ces cordes, en effet, les gaz peuvent se dégager latéralement, à travers les cordes de chanvre, aussi bien qu'en avant, dans l'espace qui vient de brûler. Si la pression ambiante exerce une influence bien sensible sur le plus ou moins rapide écoulement de ces gaz et si c'est cette élimination plus ou moins prompte qui détermine le degré d'activité du phénomène chimique, il me semble que cela devrait se manifester d'une façon plus prononcée encore avec les cordes-amorces que dans les fusées. On a vu que l'inverse a lieu.

Dans mon précédent mémoire, en présentant les remarques précédentes à propos de l'explication de M. Frankland, j'ajoutais que la pression ambiante a probablement de l'influence sur la température même des gaz au moment de leur production; cette température étant moindre pour des pressions moins fortes. Les résultats donnés par les cordes-amorces ne me confirment pas dans cette supposition, quoique les motifs indiqués en sa faveur persistent à me paraître exacts¹.

En somme, la différence très prononcée que manifestent les fusées et les cordes-amorces, quant à l'influence de la pression atmosphérique lors de leur combustion, n'est pas facile à expliquer. Cette différence tient-elle uniquement à la manière suivant laquelle les produits gazeux de la combustion peuvent s'échapper, ou bien dépend-elle peut-être de ce que, dans l'un des cas, la matière combustible est entourée de métal, tandis que dans l'autre elle est enveloppée par un tissu organique?.... Cette question demanderait, pour être résolue, des expériences nombreuses faites avec des cordes-amorces plus ou moins épaisses et enveloppées d'un tissu plus ou moins lâche.

Combustion de l'alcool.

6. Dans les expériences avec les fusées et les cordes la proportion d'oxygène contenu dans l'air ambiant n'a pas d'influence, puisque la matière combustible renferme, sous forme de nitrates, une quantité suffisante de l'agent comburant. Pour ces corps-là, l'influence de la pression est purement physique, l'oxygène de l'air n'intervenant pas. — Il n'en est pas de même avec l'alcool. Ici, la variation de densité de l'air agit au double point de vue physique et chimique. Lorsque la densité de l'air change, la proportion d'oxygène, contenu dans un volume donné, change également. D'une

¹ *Mémoire cité*, page 26.

autre part, l'alcool se vaporise plus ou moins facilement suivant la pression ambiante, et cette circonstance doit très probablement influencer sur l'activité de sa combustion. Le résultat final de ces deux actions opposées est intéressant à connaître.

Les essais assez nombreux que j'ai entrepris sur ce point n'ont rien donné de décisif jusqu'à présent. J'ai voulu brûler un volume constant d'alcool dans une capsule de platine, afin d'éviter l'influence des corps étrangers (mèche, etc.). Mais il est difficile d'éviter les effets perturbateurs de l'agitation de l'air ambiant. Cette agitation seule suffit pour modifier considérablement la rapidité de la combustion, et il est nécessaire de changer ce mode d'expérimentation pour pouvoir reconnaître l'effet de la pression extérieure. — Voici, à titre de simples renseignements, quelques chiffres qui montreront les variations observées. La quantité d'alcool brûlée était chaque fois de 770 milligrammes estimés à l'aide d'un tube calibré.

A *Lausanne*, dans une chambre fermée et où l'air était parfaitement calme, la durée de combustion a varié de 43 à 50 secondes pour des pressions de 710 à 723^{mm}. Température de 12 à 18°. La moyenne de 20 déterminations est 45^s,2.

En plein air, par un temps paraissant très calme, dans les mêmes circonstances de pression, la moyenne de 8 déterminations est 55^s,8. — Température : 8°.

Aux *Plans*, dans une chambre. Pression : 666^{mm}. Moyenne de 8 expériences : 44^s,5. — Température : 15°.

Dehors. Air un peu agité. Moyenne de 7 observations : 55^s,2. — Température : 5°.

A *La Varraz*, dans un chalet. Pression : 619^{mm}. Moyenne de 7 observations : 47^s,3. — Température : 8°.

Anzeindaz, dans un chalet. Pression : 609^{mm}. Moyenne de 8 observations : 47^s,7. — Température : 11°.

Sur les *Diablerets*, air faiblement agité. L'observation était rendue très difficile à cause de la clarté du jour sur cette cime élevée et de l'éclatante blancheur de la neige voisine. La flamme d'alcool n'était que très difficilement visible. La moyenne de 9 déterminations est 66^s,2. — Pression : 520^{mm}. Température : 4°,5.

Ces expériences doivent évidemment être reprises avec des précautions nouvelles. Il me paraît probable cependant que, dans les limites de pression indiquées ci-dessus, la pression n'exerce qu'une faible influence sur l'activité de la combustion de l'alcool¹. Il faudra d'ailleurs étudier d'une façon spéciale l'influence de la température ambiante.

¹ J'ajouterai, comme renseignement, que MM. Tyndall et Frankland ont observé la rapidité de la combustion des bougies à Chamounix et sur le sommet du Mont-Blanc. Cette combustion s'est produite avec la même activité dans ces deux stations.