

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Gesundheit
<b>Band:</b>	50 (1959)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Considérations sur la récupération des constituants de la fumée de cigarettes
<b>Autor:</b>	Golaz, P. / Girardet, A. / Regamey, R.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-983410">https://doi.org/10.5169/seals-983410</a>

### 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:** 27.01.2026

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

# Considérations sur la récupération des constituants de la fumée de cigarettes

Par P. Golaz, A. Girardet et R. Regamey

(Ecole de pharmacie, Lausanne)

(24. 11. 1958)

## 1. Méthode de récupération par précipitation électrostatique

La très grande majorité des appareils destinés à doser les constituants de la fumée de cigarettes retiennent les gaz du courant principal (Hauptstrom) dans un certain nombre de flacons laveurs, contenant de l'acide sulfurique et du chloroforme. L'appareil décrit par *Wahl et Heil*<sup>1)</sup>, n'utilisant qu'un simple tampon de coton hydrophile, montre clairement qu'il n'y a pratiquement pas de vapeurs à retenir mais seulement des particules solides ou liquides, que la fumée est un aérosol presque parfait. Nous nous sommes donc décidés à construire un appareil fonctionnant selon le principe du filtre Cottrel, qui devait avoir comme principal avantage de simplifier considérablement les opérations de récupération des liquides fixateurs des constituants de la fumée et d'en raccourcir la durée.

Nous avons découvert, après plusieurs années d'utilisation, qu'un tel appareil avait déjà été décrit une trentaine d'années auparavant<sup>2)</sup>. Une feuille d'aluminium, façonnée en cylindre traversé par la fumée, fonctionne comme électrode négative; la fumée s'y dépose quantitativement. L'électrode positive est un fil de wolfram, tendu dans l'axe du cylindre. Une tension de 20-30 000 volts règne dans l'appareil. L'augmentation de poids du cylindre correspond à la teneur totale en goudrons et en nicotine de la fumée.

Cet appareil s'est révélé peu pratique en comparaison de celui que, de modification en modification, nous avions élaboré et que nous décrivons ci-dessous:

Un cylindre de verre A (fig. 1), fermé par un bouchon rodé B, est porteur, aux deux extrémités, d'un robinet G et H; ce dernier permet l'évacuation de l'air privé des particules de fumée qui était entrée par l'orifice F, tandis que le premier permet le nettoyage de l'appareil. L'électrode négative C est constituée par une plaque de laiton argenté, formée en tuyau, d'un diamètre à peine inférieur à celui du cylindre de verre. L'électrode positive D est un fil de wolfram fixé au bouchon de verre; il porte à son extrémité inférieure une petite boule de verre E, destinée à prévenir la formation d'étincelles. Les connections sont soudées directement dans le verre.

La tension nécessaire a pu être abaissée à 10 000 volts environ; elle est fournie par un transformateur 220 volts/6000 volts et un redresseur monté spécialement. Le coût de l'appareil est ainsi minime.

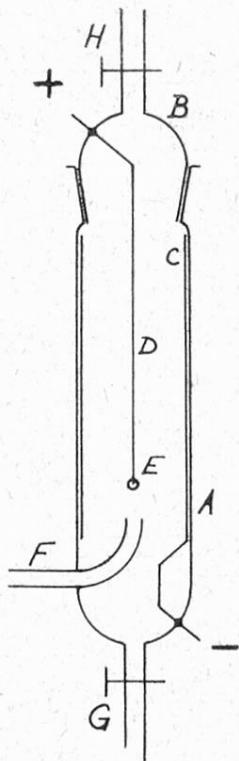


Fig. 1

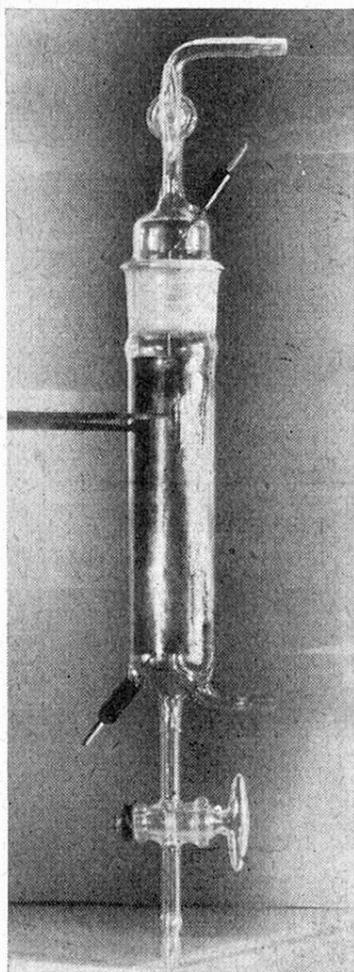


Fig. 2

#### *Mode opératoire*

Le tube servant d'électrode est soigneusement séché, puisqu'une trace d'humidité pourrait provoquer des décharges électriques entre les deux pôles de l'appareil. Celui-ci est alors mis sous tension et on allume les cigarettes les unes après les autres dans l'appareil automatique multiple décrit antérieurement<sup>3)</sup>. Les particules de fumée se déposent quantitativement sur l'électrode négative. Lorsqu'un lot de 10 cigarettes a été fumé (on peut parfaitement attendre que 100 cigarettes aient été fumées), l'appareil est déconnecté, les 3 tubulures sont soigneusement fermées et l'on ajoute (après avoir éloigné le bouchon de verre) 100 à 150 ml. de chloroforme. L'électrode qui fonctionne comme une ampoule à séparation est encore rincée 1-2 fois avec un peu de chloroforme, jusqu'à ce que celui-ci soit parfaitement incolore, et les solutions chloroformiques sont réunies dans une ampoule à séparation où la nicotine est extraite du solvant organique par de l'acide sulfurique 0,1 n. L'analyse s'achève selon la méthode traditionnelle. Le tube est finalement rincé avec un peu de méthanol, puis séché à la trompe.

### *Remarques*

A. Un tampon de coton, placé sur le chemin des gaz après leur passage dans l'électrode, reste pratiquement incolore, même après qu'on ait fumé plusieurs centaines de cigarettes; la récupération des constituants est donc quantitative, ainsi que nous avons également pu nous en rendre compte par l'extraction de ce coton et le dosage de son contenu.

La trace de goudrons que nous avons pourtant pu y déceler est insoluble dans le chloroforme et constitue la substance insoluble dont il ne doit pas être tenu compte qui, dans l'appareil habituel, flotte entre la couche de chloroforme et celle d'acide sulfurique.

B. Des poussières flottent entre la couche aqueuse et celle de chloroforme; ce sont des goudrons solubles dans le méthanol lors du rinçage de l'appareil, à la fin de l'expérience. Pour les raisons décrites plus haut, insolubles dans le chloroforme, ils ne modifient en rien les résultats obtenus.

C. La manipulation de l'électrode est infiniment plus facile et plus rapide que celle des flacons laveurs; les nombreux rinçages de ces flacons, contenant deux liquides non miscibles, sont évités et les risques de perte pratiquement supprimés. Il est possible de fumer 4 séries de 10 cigarettes par heure, avec 4 lavages, ou un lot de 100 cigarettes en 2 heures, avec un seul lavage de l'électrode. Les possibilités de l'appareil automatique multiple sont ainsi pleinement mises en valeur.

## 2. Facteurs influant sur les méthodes de fumage des cigarettes

Lorsque, ayant remplacé le système d'adsorption des constituants de la fumée des cigarettes dans les flacons laveurs par celui n'utilisant plus que l'électrode, nous comparâmes les résultats donnés par ces deux systèmes avec des lots identiques, nous avons trouvé que les résultats divergeaient profondément: ainsi, 10 cigarettes ont abandonné 15,0 mg de nicotine dans les flacons laveurs et 19,75 mg dans l'électrode.

Nous sommes en complet accord avec Staub<sup>4)</sup> en ce que l'appareillage utilisé pour étudier les cigarettes par fumage doit permettre une reproductibilité parfaite; cependant, nous avons pu constater qu'il ne suffit pas d'avoir à disposition un appareillage automatique, mais qu'il faut encore un montage dont le moindre détail aura été étudié à fond et restera toujours identique. Si, d'une part, on peut discuter de la valeur respective de l'appareil Staub<sup>4)</sup> et du nôtre; si, d'autre part, nous laissons ici volontairement de côté l'influence du volume et la durée de chaque tirée, comme aussi celle de la dépression au cours de ces tirées, dont l'importance a déjà été précisée par Staub, il reste bien des points encore dont maints chercheurs semblent avoir saisi l'intérêt primordial sans toutefois les résoudre:

1. L'emploi de notre appareil multiple automatique<sup>3)</sup> ne nous permettait plus de nous contenter de l'étalonnage du volume, ainsi qu'il est décrit par Staub<sup>4)5)6)</sup> car, quelles que soient les précautions prises dans le choix des cigarettes de même poids et de résistance identique à la succion, il subsiste toujours des différences d'une cigarette à l'autre. Nous mesurons dès lors, à l'aide d'un compteur à gaz de précision, le volume exact qui a traversé les cigarettes tout au long de leur combustion pour analyse.

2. Des modifications apportées à diverses reprises aux tubulures, l'essai comparatif de flacons laveurs à boule<sup>3)</sup> et de flacons laveurs à plaque filtrante préconisés par Staub<sup>4)</sup>, ont provoqué de telles variations des résultats d'analyse que nous en avons recherché la cause en étudiant, à l'aide d'un kymographe, les courbes pression/temps, représentant le processus intervenant dans l'appareil dans chacun de ces cas.

3. Nous avons comparé les courbes ainsi obtenues avec celles provenant de cigarettes fumées par différents fumeurs; cela nous a obligés à diminuer la résistance interne de l'appareillage et spécialement celle du système d'adsorption, ce qui nous a conduits à la mise au point du système d'adsorption électrostatique décrit plus haut.

4. Comme nous obtenions des résultats différents selon l'appareillage utilisé, nous nous sommes attachés à l'étude des variations de la teneur en nicotine de la fumée en fonction du volume des tirées, et nous croyons avoir trouvé une formule qui permet de se libérer de l'appareillage compliqué nécessaire à l'obtention de tirées de volumes strictement égaux et constants, ce qui est presque une gageure.

Avant d'examiner en détail chacun de ces points, il nous paraît utile de rappeler tout d'abord quelques principes essentiels:

a) Un appareil à fumer est constitué par un système tubulaire plus ou moins complexe, dont chaque segment est caractérisé par une différence de pression et une résistance opposée à l'écoulement des gaz. La cigarette fait partie intégrante de ce système et sa résistance à la succion est la composante la plus importante de l'ensemble; il faut donc faire en sorte que l'influence du reste de l'appareillage soit le plus faible possible.

b) Le débit, et par conséquent le volume de chaque tirée, est fonction de la différence de pression totale entre les deux extrémités de l'appareil et de sa résistance totale, comme de toutes les résistances partielles.

c) L'écoulement des gaz étant discontinu (tirées), la dépression mesurée en un point (derrière la cigarette) est forcément variable dans le temps (courbe pression/temps).

d) La teneur en nicotine de la fumée est, indépendamment de la nature du tabac ou du filtre, liée à la vitesse d'écoulement des gaz, en particulier à l'endroit de la braise et, par là, à la température de la combustion<sup>7)</sup>; par conséquent, tout

ce qui peut modifier ce régime d'écoulement modifiera en même temps le taux de nicotine de la fumée.

Ainsi, non seulement le volume de chaque tirée, sa durée, la force avec laquelle se fait la succion et la résistance à la succion jouent un rôle, mais encore la façon dont ces différents facteurs entrent en jeu les uns par rapport aux autres. Staub<sup>4)6)</sup> l'a bien senti, puisqu'il détermine la dépression dans l'appareillage au début, au milieu et vers la fin du fumage de chaque cigarette, et ceci à deux reprises, soit 6 fois par cigarette.

Outre que ces contrôles sont longs et fastidieux, un point nous semble devoir être relevé:

si, au lieu de fixer dans l'embout une vraie cigarette, on y introduit une baguette de verre ou tout autre objet qui l'obture complètement, le fonctionnement de l'appareillage utilisé pour faire la succion, quel qu'il soit, provoque une certaine dépression et une circulation de gaz dans le montage, en vertu de la loi de Mariotte. Cela revient à dire que le volume réel traversant chaque cigarette n'est pas forcément celui passant par un autre point de l'appareillage et qu'il dépend de la résistance de la cigarette à la succion (bourrage), que celui-là seul compte dans le fumage et que la mesure de la dépression dans l'appareil ou celle du volume de succion dans la tubulure ne saurait suffire. On peut observer ce phénomène particulièrement avec des montages utilisant des burettes à liquides<sup>8)</sup> (mercure ou eau) ou un piston, qui aspirent un volume apparent toujours identique, mais qui n'est pas nécessairement celui qui a traversé la cigarette, et c'est ceci qui oblige à faire les nombreux contrôles évoqués plus haut, contrôles incompatibles avec l'emploi d'un appareil automatique multiple, pour les raisons mentionnées sous chiffre 1 ci-dessus, et dont, par ailleurs, le rythme de travail est beaucoup trop rapide pour permettre les dits contrôles.

### 3. Mesure du volume exact traversant les cigarettes

Tenant compte, au cours de très nombreuses analyses de fumée, aussi bien des travaux originaux de Pfyl et Schmidt<sup>9)</sup> que de Wenusch<sup>10)</sup> et des auteurs plus récents Wahl et Heil<sup>1)</sup>, Staub<sup>4)5)6)</sup>, etc., et pour les raisons indiquées précédemment, nous en sommes venus, non seulement à rendre l'appareil multiple parfaitement automatique, mais encore à introduire dans le circuit des gaz un compteur à gaz qui détermine exactement le volume d'air qui a traversé la cigarette, et lui seul.

Nous mesurons, en réalité, le volume total qui a traversé, au cours d'un dosage, les dix cigarettes mises en œuvre en deux groupes de cinq. Un compteur électromagnétique enregistre le nombre total des tirées pour les dix cigarettes de la série.

Un dispositif spécial empêche les compteurs d'enregistrer le volume ou la tirée correspondant à une cigarette déjà consumée, laquelle est immédiatement

retirée. (Il va de soi que cinq cigarettes fumées simultanément ne se consument pas, pour une longueur donnée, avec des vitesses absolument égales).

Nous obtenons ainsi des valeurs moyennes pour le volume d'une tirée (volume total/nombre de tirées) et pour le nombre de tirées par cigarette.

Le fonctionnement de l'appareil et son montage deviennent ainsi les suivants:

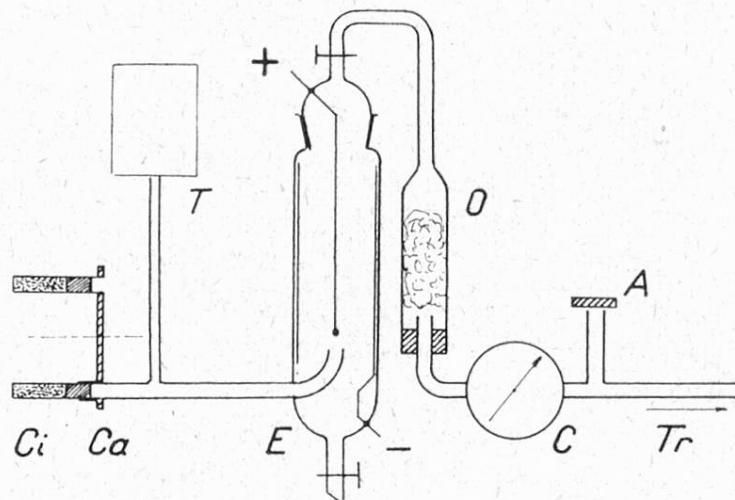


Fig. 3

Ci = cigarette	Ca = came automatique
T = manomètre et compteur de tirée	A = soupape
E = système absorbant, électrode	Tr = trompe
O = ouate	
C = compteur à gaz	

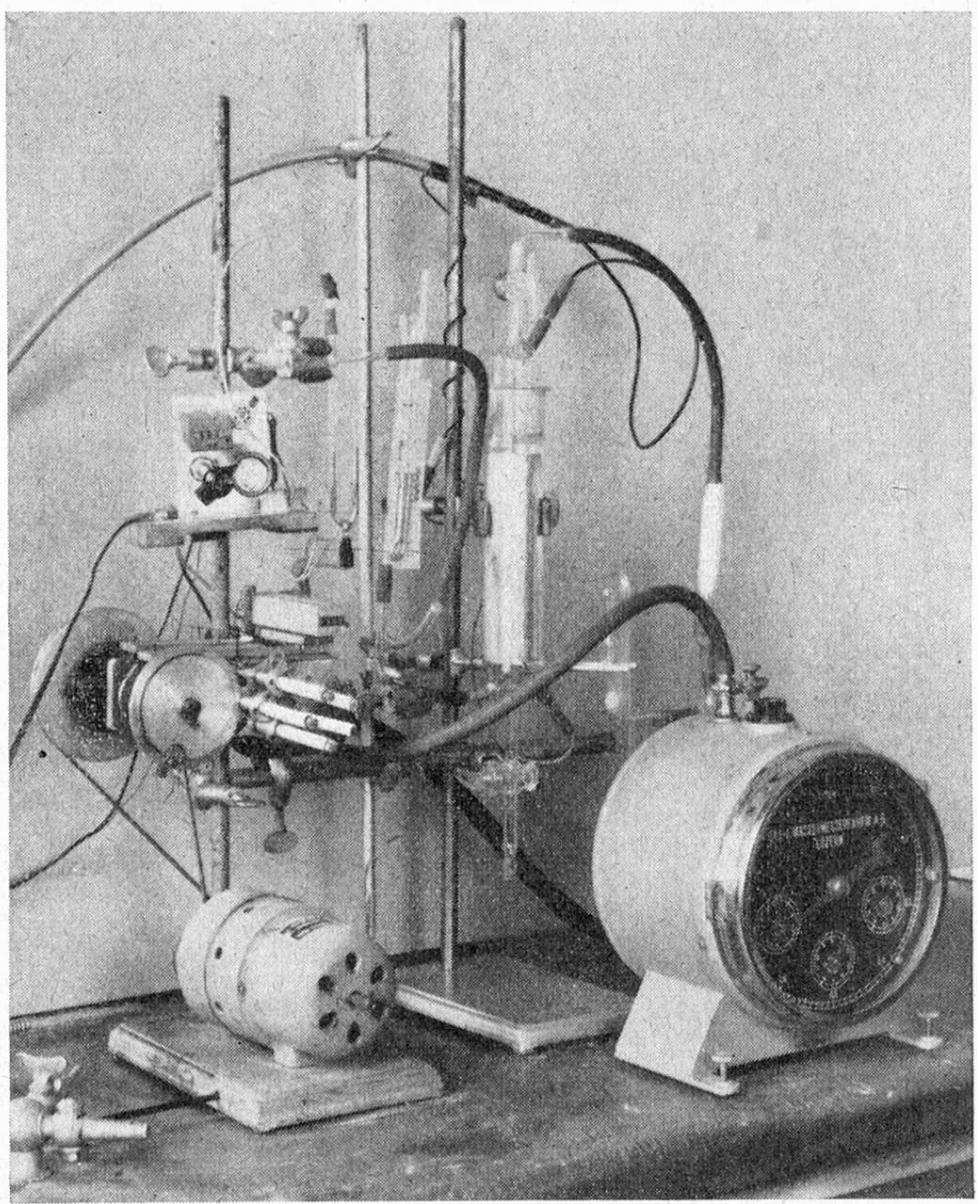


Fig. 4

Les cigarettes sont montées (voir fig. 5) sur la came automatique, avec une légère modification apportée au mode de fixation de la cigarette, d'après *Eschle*<sup>11</sup>): le tuyau de caoutchouc est remplacé par une fine membrane de caoutchouc, coincée entre deux rondelles métalliques et perforée d'un trou d'un diamètre légèrement inférieur à celui de la cigarette. L'étanchéité est parfaite et tout risque d'écrasement est exclu.

Le cycle d'aspiration se reproduit toutes les 4 secondes (fig. 6).

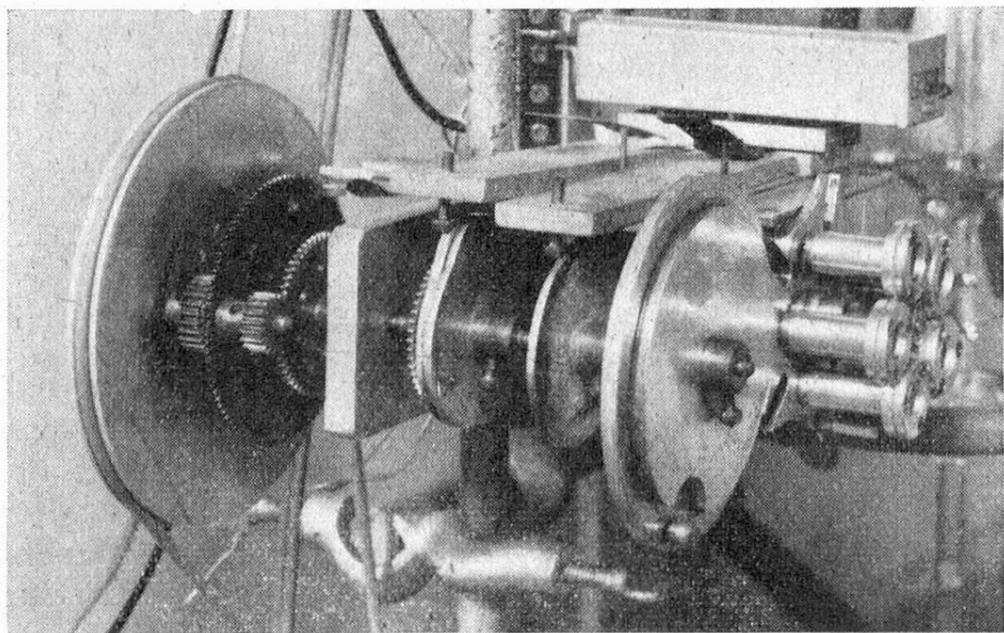


Fig. 5

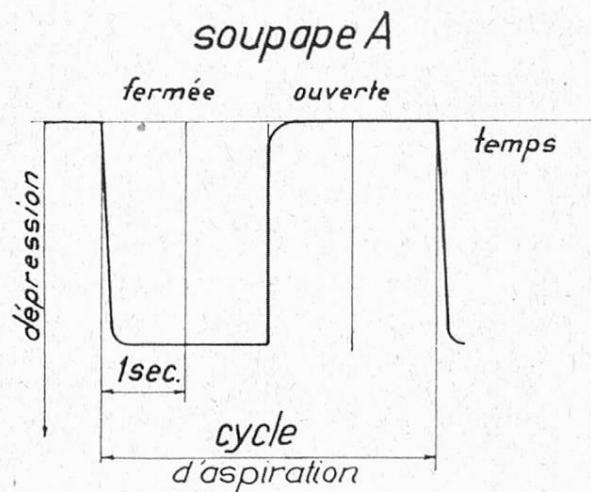


Fig. 6

a) Pendant 2 secondes, la soupape A est fermée. L'air est aspiré au travers de tout l'appareil et la dépression maximum s'établit, plus ou moins rapidement selon la résistance offerte au passage de l'air par l'ensemble du système; seul le compteur à gaz offre une certaine résistance au passage de l'air, celle-ci est d'ailleurs faible par rapport à celle de la cigarette, dans le cas de l'emploi de l'électrode.

La fumée est recueillie quantitativement par le système absorbant E, tandis que le compteur C enregistre le volume aspiré au travers de la cigarette et que le compteur T reçoit une impulsion (voir fig. 3 et 6).

b) Pendant 2 secondes, la soupape A reste ouverte. La pression atmosphérique se rétablit quasi instantanément dans l'appareil. L'air ne traverse plus ni la cigarette, ni le système absorbant, ni le compteur, mais entre directement par la soupape A vers la trompe.

Pendant ce temps, la came Ca fait avancer une nouvelle cigarette. Un robinet à pointeau permet de régler très exactement le débit aspiré par la trompe.

#### 4. Etude au kymographe des courbes pression/temps

En remplaçant, dans notre appareil à fumer, les flacons laveurs à boule utilisés jusqu'alors par les flacons laveurs à plaque filtrante préconisés par *Staub*<sup>4)</sup>, dans un but de comparaison, comme aussi lors de chaque modification apportée à l'appareillage au cours des années, nous nous sommes trouvés devant le même problème: à savoir que, dans chacun des cas, toutes les autres conditions étant par ailleurs restées les mêmes, les résultats étaient fort différents. Tout en ayant pressenti la cause, nous ne pouvions ni prévoir le sens de la variation de teneur de la fumée, ni le moyen de le démontrer par une expérience concluante. C'est aussi la raison qui nous avait appris, depuis longtemps, qu'il est impossible à deux chercheurs travaillant avec les mêmes cigarettes, mais avec un appareillage non identique en tous points, d'obtenir les mêmes résultats, alors même qu'en apparence leurs appareils ne semblent pas offrir de différences essentielles. *Stark*<sup>12)</sup> évite la résistance à la circulation des gaz due aux flacons laveurs en recevant la fumée de 5 cigarettes sans la faire barboter, dans un ballon de 300 ml. contenant un peu d'alcool acide où la nicotine se dissout et la fumée se dépose par gravité; l'inconvénient de son appareil réside dans le fait qu'il faut attendre 20 minutes après chaque lot de 5 cigarettes.

Outre les nombreuses raisons décrites par *Staub* ou mentionnées plus haut, l'une des causes de ces variations réside dans l'allure de la courbe pression/temps, au cours d'un cycle d'aspiration. En effet, en plus de la force d'aspiration de l'appareillage et de la caractéristique de la cigarette (section, bourrage et qualité du tabac, nature du filtre), il faut considérer l'ensemble des tubulures que la fumée et les gaz doivent traverser, car, non seulement le volume de chaque tirée est déterminant, mais encore la façon dont se fait le réallumage à chaque nou-

uelle tirée, puisqu'il exerce un effet variable tant sur la quantité que sur la qualité des constituants de la fumée; si l'aspiration se fait rapidement, la braise se ranime plus vite, la température monte tout de suite très haut; si l'aspiration est lente au début (lorsque l'appareil présente une résistance à l'air élevée, par exemple avec plusieurs flacons laveurs), l'allumage est plus lent, la température monte moins haut, les goudrons sont de quantité et de qualité différentes, une plus forte quantité de nicotine est détruite<sup>6)7)</sup>.

Dans ce but, nous avons enregistré, à l'aide d'un kymographe muni d'une capsule de Marey, les courbes correspondant à diverses modifications apportées à l'appareil: avec un, deux, trois ou quatre flacons laveurs, avec ou sans plaque filtrante, avec électrode, avec tubulures recourbées plusieurs fois, rétrécies par endroits, etc., en faisant passer chaque fois un volume de 40 ml. Les graphiques ci-après nous renseignent sur l'allure des courbes étudiées, mais non sur leur valeur quantitative, étant donné que les déviations de l'aiguille du kymographe ne sont pas proportionnelles aux variations de la pression, puisque celui-ci ne peut être étalonné.

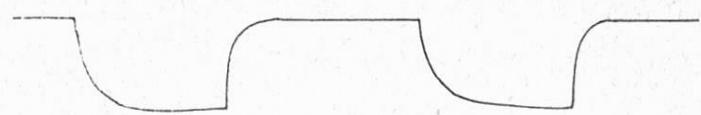
Graphiques 1 et 2

De l'étude de ces graphiques, on peut tirer les conclusions suivantes:

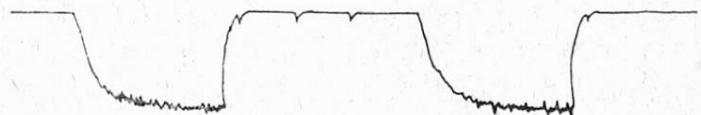
1. Au fur et à mesure que la tubulure est simplifiée (nombre décroissant de flacons laveurs, puis remplacement du tout par le tube-électrode qui, du point de vue aérodynamique, n'offre pratiquement aucune résistance), et que, par conséquent, la résistance opposée au passage de l'air est diminuée, l'effet amortisseur des obstacles de toutes sortes a disparu; les variations de pression ont lieu plus brusquement (montées et descentes des courbes presque verticales et rectilignes). Les dentelures visibles sur les courbes obtenues avec des flacons laveurs à boule correspondent à la formation des bulles.
2. On peut observer que les graphiques enregistrés par différents fumeurs présentent de grandes différences entre eux, que ce soit en ce qui concerne l'allure de la courbe, la pression, le volume ou la durée d'une tirée. Toutes sont cependant caractérisées par un brusque retour à la pression atmosphérique.

Il semble donc certain, d'après ce qui précède, que, non seulement le volume d'aspiration, mais encore la dépression derrière la cigarette et sa variation dans le temps (liée à la forme, à la section des tubulures et au volume propre de l'appareillage) jouent un rôle prépondérant dans la variation du taux de nicotine et des autres constituants de la fumée et qu'un système n'offrant qu'une faible résistance au passage des gaz (tube-électrode) se rapproche le plus des conditions physiologiques.

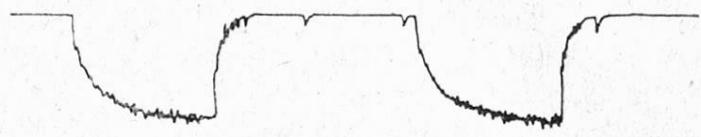
notre machine avec électrode



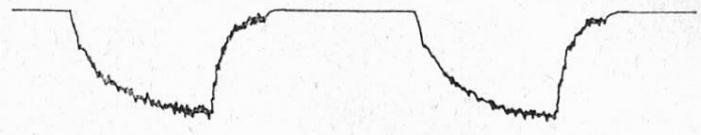
1 flacon laveur à boule



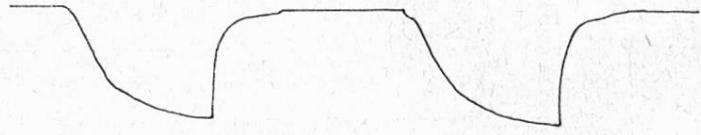
2 flacons laveurs à boule



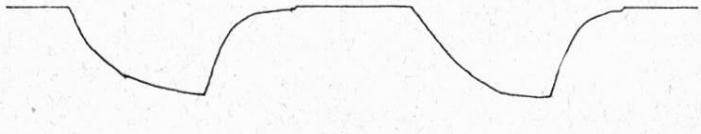
4 flacons laveurs à boule



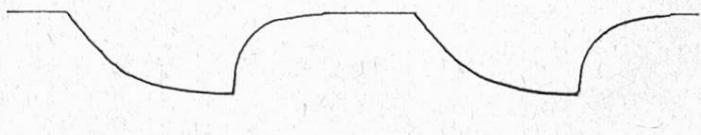
1 flacon laveur fritté



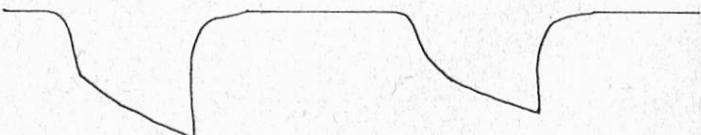
2 flacons laveurs frittés



électrode + 1 tube capillaire  
dans la tubulure

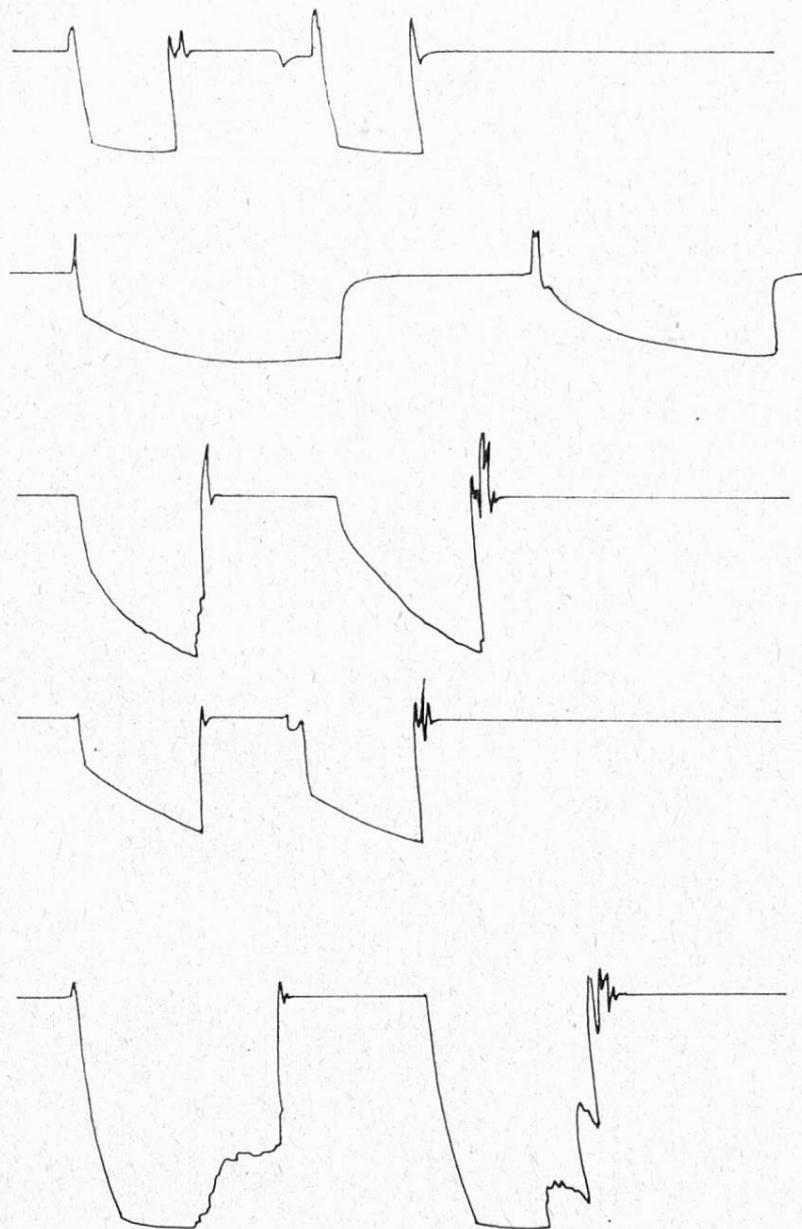


machine Staub



Graphique 1

Quelques fumeurs



Graphique 2

## 5. Influence de l'humidification sur la teneur de la fumée en nicotine et en goudrons

Malgré les nombreux renseignements contenus dans la littérature spécialisée à ce sujet, nous avons tenu à nous rendre compte par nous-mêmes de l'influence de l'humidité de l'air et de celle du tabac, tant en employant l'appareil multiple avec flacons laveurs que celui utilisant l'électrode.

Après avoir modifié les conditions d'humidification à de multiples reprises, nous préférons le mode opératoire ci-après: les cigarettes sont étalées sous une seule couche de gaze hydrophile, pour éviter toute contamination, dans un local où nous maintenons, pendant 48 heures et à 20-22°, une humidité constante de 55-60 % d'humidité relative, au moyen d'un humidificateur automatique, bien que l'humidité relative moyenne de 1906-1946 soit de 75 % à Lausanne.

La précision des hygromètres à cheveux étant absolument insuffisante et incertaine et la manipulation du psychomètre à rotation étant longue et délicate, nous faisons usage de l'hygromètre capillaire de la Tesa (Renens) qui est d'une exactitude absolue et d'une sensibilité considérable, réagissant dans l'intervalle de quelques secondes aux modifications de la teneur en humidité de l'air ambiant.

Voici quelques-uns des résultats obtenus:

*Cigarettes Turmac*

Cigarettes humidifiées à	Local à	Nicotine		Goudrons en mg	
		sans filtre	avec filtre	sans filtre	avec filtre
Appareil multiple, flacons-laveurs à boule, vol. d'aspiration 40 ml					
75 %	60-65 %	34,9	29,2	269	231
75 %	40 %	35,9		265	
20 %	50 %	38,1	31,4	276	220
Mêmes cigarettes, même appareil, mais électrode, vol. d'aspiration 33 ml					
75 %	50 %	40,0	33,0	299	253
20 %	50 %	44,6	36,5	315	243

L'influence de l'humidification sur les valeurs absolues est ainsi nettement confirmée, comme aussi la variabilité des résultats d'un appareil à l'autre:

1. Plus la cigarette est humidifiée, moins il y a de nicotine dans la fumée.
2. Pour une même humidification de la cigarette, plus l'air dans lequel on fume est sec, plus est forte la teneur de la fumée en nicotine, mais dans une proportion moindre que sous 1.
3. La quantité absolue des goudrons ne semble guère influencée par l'humidité de l'air et du tabac.

## 6. Essai de mise en équation de la variation de la teneur en nicotine en fonction du volume de tirée

Au cours de nos longues recherches, nous nous sommes rendu compte, comme d'ailleurs la plupart des chercheurs dans ce domaine, que le volume aspiré à chaque tirée est l'un des facteurs essentiels dont la variation influe sur la quantité de nicotine trouvée pour un type donné de cigarette.

Alors que Staub<sup>5)6)</sup> et d'autres s'en tenaient à l'obligation absolue de maintenir le volume de tirée rigoureusement constant, la possibilité de mesurer exactement le dit volume à l'aide de notre compteur à gaz et la comparaison des courbes obtenues en portant sur un graphique les teneurs en nicotine dosées correspondant à des volumes d'aspiration croissants, nous ont permis d'émettre l'hypothèse qu'une relation mathématique simple devait exister entre le volume d'une tirée et la teneur correspondante en nicotine de la fumée, les autres conditions de l'analyse (type de cigarette et d'appareil, humidité du local, etc.) restant identique d'un essai à l'autre.

Après quelques tentatives infructueuses, nous sommes arrivés à formuler l'hypothèse suivante:

$$N = n \sqrt{V} \quad \text{ou} \quad \frac{N}{\sqrt{V}} = n$$

où N serait le résultat de nicotine en mg pour une série de 10 cigarettes.

V serait le volume moyen en ml d'une tirée et n un facteur constant pour un type donné de cigarettes et des conditions de dosage données (appareil, humidité du local, etc.)

Le volume est mesuré au moyen d'un compteur à gaz de précision.

Afin de pouvoir vérifier notre hypothèse, il était nécessaire de connaître tout d'abord la dispersion des résultats d'une même série, étant donné qu'il est presque impossible de mesurer et d'apprécier les nombreuses causes d'erreurs qui entachent de tels résultats.

Nous avons réalisé, dans ce but, un groupe de 10 séries de 10 cigarettes chacune, analysées toutes dans les mêmes conditions, en réglant la machine une fois pour toutes. Nous avons choisi un volume moyen, voisin de 40 ml, et des cigarettes de même poids.

Nous avons calculé un  $\sigma$  (écart-type), tant pour les volumes que pour la teneur en nicotine.

Ces valeurs de  $\sigma$ , calculées en %, ont été ensuite appliquées aux résultats d'analyses antérieures. Nous avons obtenu ainsi pour chaque point un rectangle que devrait traverser la courbe théorique calculée sur la moyenne des coefficients n.

Les  $\sigma$  ont été calculés d'après la formule:

$$1. \text{ en valeur absolue: } \sigma_V = \sqrt{\frac{(V_1 - \bar{V})^2 + (V_2 - \bar{V})^2 + \dots + (V_i - \bar{V})^2}{i-1}}$$

ou

$\sigma_V$  = écart-type sur les volumes.

$V_1$  à  $V_i$  = volumes mesurés en ml pour chaque dosage.

$\bar{V}$  = moyenne arithmétique des volumes.

i = nombre de volumes mesurés.

de même pour

$\sigma_N$  = écart-type des teneurs en nicotine.

$N_1$  à  $N_i$  = teneurs dosées en nicotine.

$\bar{N}$  = moyenne arithmétique des résultats.

i = nombre de dosages effectués.

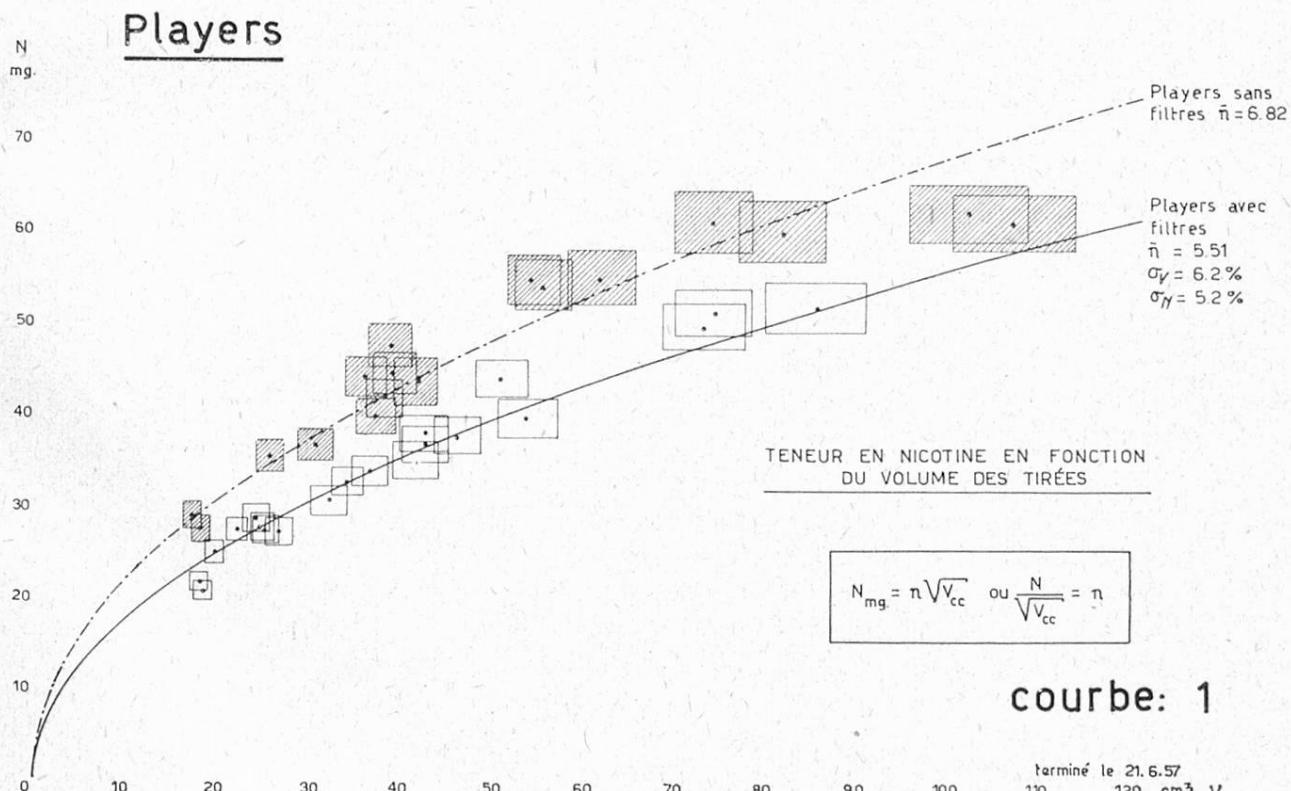
Les  $\sigma$  en % sont calculés sur  $\bar{V}$  et  $\bar{N}$

V ml	N mg	
31,4	32,2	
36,6	33,1	
37,1	31,2	
37,4	33,1	
37,5	31,5	
37,6	33,7	
38,2	32,5	
38,3	28,1	
39,0	31,9	
39,1	31,8	
40,8	33,7	
37,5	32,7	Moyennes
2,35	1,70	$\sigma$ absolus
6,2 %	5,2 %	$\sigma$ relatifs

Les résultats ont été classés dans l'ordre des volumes croissants.

*Application aux essais précédents*  
*Players-filtre*

V ml	$\sigma_V$	N mg	$\sigma_N$	n	V ml	$\sigma_V$	N mg	$\sigma_N$	n
18,4	1,14	21,5	1,12	5,01	36,8	2,28	33,5	1,74	5,53
18,5	1,15	20,6	1,07	4,8	42,2	2,61	34,8	1,81	5,36
20,0	1,24	24,6	1,27	5,52	42,9	3,09	37,7	1,96	5,77
22,5	1,40	27,2	1,41	5,73	43,0	2,67	36,5	1,80	5,57
24,6	1,53	28,5	1,48	5,75	46,4	2,78	37,7	1,96	5,53
25,2	1,56	27,6	1,44	5,50	51,5	3,19	43,8	2,28	6,10
25,6	1,58	27,2	1,43	5,32	54,3	3,36	39,4	2,05	5,34
27,2	1,69	26,7	1,39	5,12	73,4	4,45	49,4	2,57	5,65
32,4	2,01	30,4	1,58	5,33	74,7	4,63	51,0	2,65	5,90
32,5	2,01	30,6	1,59	5,38	86,0	5,33	51,6	2,68	5,57
34,5	2,14	32,3	1,67	5,50	107,6	6,67	60,7	3,16	5,85



Courbe 1  
 $\bar{n} = 5,51$   
 Humidité relative 65—70 %

La courbe théorique a été calculée pour  $\bar{n}$ , moyenne arithmétique des coefficients  $n$ .

Pour chaque point, on a calculé les  $\sigma$  (sur les volumes et sur les teneurs en nicotine) en valeurs absolues pour construire les rectangles sur le graphique.

### *Players sans filtre*

V ml	$\sigma_V$	N mg	$\sigma_N$	n	V ml	$\sigma_V$	N mg	$\sigma_N$	n
17,5	1,08	28,7	1,49	6,86	41,9	2,50	43,6	2,27	6,74
18,3	1,13	27,2	1,41	6,37	54,8	3,40	54,5	2,83	7,35
26,2	1,42	35,2	1,83	6,88	55,7	3,45	54,0	2,80	7,29
30,9	1,92	36,5	1,90	6,55	62,2	3,86	54,3	2,82	6,89
36,6	2,27	43,7	2,27	7,23	62,4	3,87	54,7	2,84	6,92
37,5	2,33	39,3	2,04	6,40	74,5	4,62	60,8	3,16	7,04
38,3	2,37	41,9	2,18	6,76	82,0	5,08	59,9	3,11	6,62
39,2	2,42	47,3	2,45	7,54	102,6	6,36	61,9	3,22	6,12
39,5	2,45	44,3	2,30	7,04	108,1	6,70	63,9	3,32	6,12

$$\bar{n} = 6,82$$

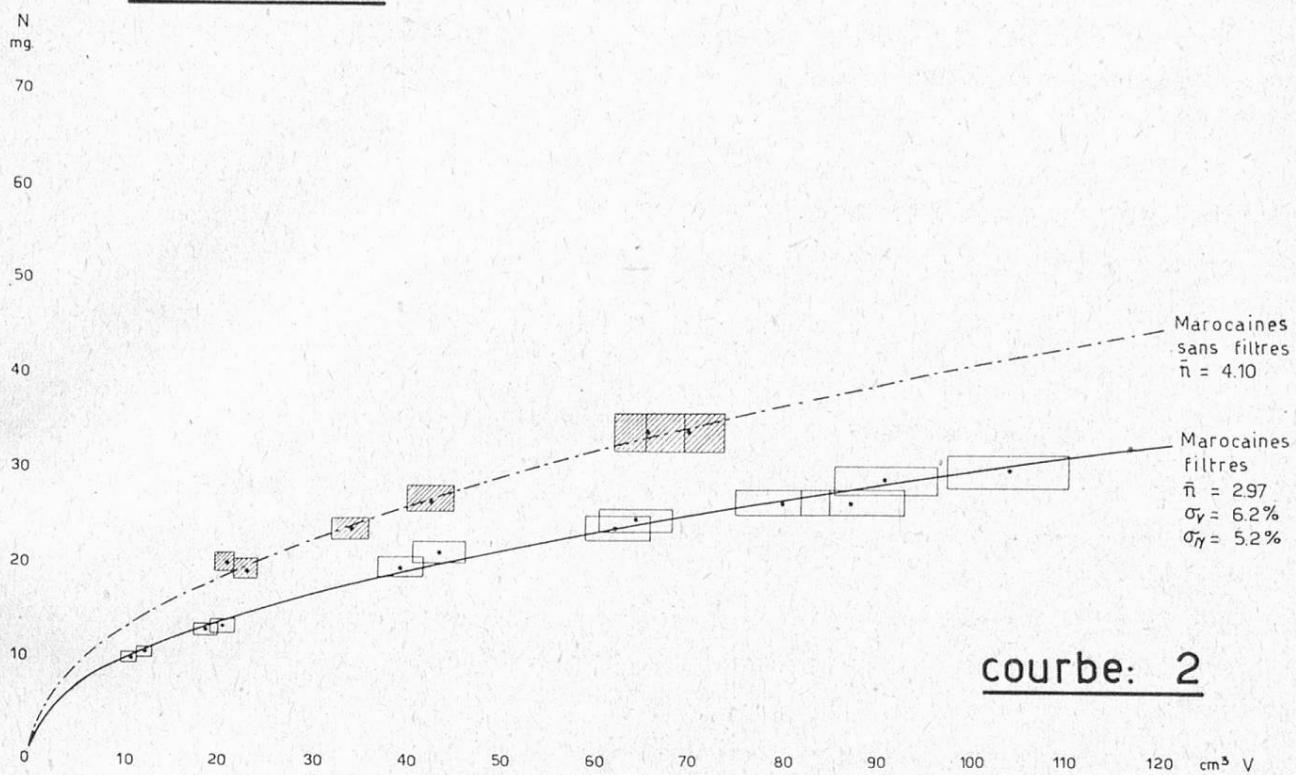
*Remarques.* Comme on peut le constater, l'accord est moins bon pour les cigarettes sans filtre, ce qui provient probablement d'une moins grande régularité de fabrication qui, chez les autres, est plus ou moins compensée par l'identité des bouts filtrants. De même, les causes d'erreur deviennent plus grandes et plus importantes pour des volumes trop grands ou trop petits:

$$V > 100 \text{ ml} \text{ ou } V < 20 \text{ ml}$$

### *Marocaines-filtre*

V ml	$\sigma_V$	N	$\sigma_N$	n
10,7	0,66	9,72	0,51	2,97
12,1	0,75	10,1	0,53	2,90
18,8	1,16	12,6	0,65	2,91
20,4	1,46	13,0	0,68	2,87
39,4	2,44	19,4	1,01	3,09
43,5	2,80	21,0	1,10	3,18
62,3	3,86	23,5	1,22	2,98
64,5	4,00	24,3	1,26	3,02
80,0	4,96	26,3	1,37	2,94
87,3	5,41	26,3	1,37	2,81
90,9	5,64	28,8	1,50	3,02
104,1	6,45	29,9	1,55	2,93

## Marocaines



Courbe 2  
 $\bar{n} = 2,97$   
 Humidité relative 40-50 %

On remarquera l'accord particulièrement bon de ces résultats avec l'hypothèse.

*Marocaines sans filtre*

V ml	$\sigma_V$	N	$\sigma_N$	n
20,8	1,29	19,7	1,02	4,29
22,9	1,42	19,4	1,01	4,05
42,7	2,65	26,7	1,39	4,08
34,0	2,11	23,4	1,22	4,01
65,6	4,06	33,6	2,05	4,15
69,5	4,31	33,6	2,05	4,03

$\bar{n} = 4,10$   
 Humidité relative 50 %

### *Conclusion*

Il semble, d'après les graphiques ci-dessus, que l'on est en droit d'admettre, avec une approximation suffisante, l'hypothèse formulée au début de ce rapport, soit que:

«Pour un type de cigarette donné, la teneur en nicotine de la fumée varie proportionnellement à la racine carrée du volume moyen d'une tirée», ce qui s'exprime mathématiquement:

$$N_{mg} = n \sqrt{|V_{ml}|} \text{ ou } \frac{N_{mg}}{\sqrt{|V_{ml}|}} = n = \text{constante.}$$

Il est nécessaire d'apporter les restrictions suivantes:

1. La formule n'est valable que pour une méthode d'analyse donnée.
2. Elle ne permet de comparer entre eux que des résultats obtenus avec le même appareil à fumer.  
Malgré de nombreuses recherches, il ne nous a pas été possible de trouver une relation entre les résultats d'analyses effectuées sur des appareils différents.
3. Il est nécessaire d'opérer toujours dans les mêmes conditions d'humidité relative de l'air ambiant. En effet, le facteur n doit être une fonction, non établie, de H, l'humidité relative de l'air.

L'équation serait alors:  $N_{mg} = f(H) \sqrt{|V_{ml}|}$

### *Utilisation de la formule*

1. Dans une série de dosages, il n'est pas nécessaire que le volume soit toujours le même, ce qui est parfois difficile à obtenir; il est facile, en effet, de ramener les résultats à un même volume.

On a, pour des volumes  $V_1$  et  $V_2$ :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{n \sqrt{|V_1|}}{n \sqrt{|V_2|}} \text{ et, par conséquent } \frac{N_1}{N_2} = \frac{\sqrt{|V_1|}}{\sqrt{|V_2|}}$$

Il est encore facile, de la même façon, de ramener tous les résultats à ceux d'un volume standard, 40 ml par exemple:

$$\frac{N}{N_{40}} = \frac{\sqrt{|V|}}{\sqrt{40}} \text{ et enfin } N_{40} = \frac{6,324 N}{\sqrt{|V|}}$$

$$\text{où } \sqrt{40} = 6,324$$

On peut montrer de même que, lors de la comparaison d'un type de cigarettes avec filtre avec le même type sans filtre, le taux de retenue R en % d'un filtre est indépendant des volumes de tirées des différents dosages.

Il faut déterminer les coefficients  $n_{avec}$  et  $n_{sans}$  et l'on a:

$$R \% = \frac{n_{sans} - n_{avec}}{n_{sans}} \cdot 100$$

La démonstration de ce fait est simple:

le taux de retenue est normalement calculé au moyen des teneurs en nicotine de cigarettes fumées dans les mêmes conditions et à des volumes égaux: en principe 40 ml.

On a donc:  $N_{sans} = n_{sans} \sqrt{40 \text{ ml}}$  et  $N_{avec} = n_{avec} \sqrt{40 \text{ ml}}$

$$R \% = \frac{N_{sans} - N_{avec}}{N_{sans}} \cdot 100$$

or, on peut écrire à la place:  $\frac{n_{sans} \sqrt{40 \text{ ml}} - n_{avec} \sqrt{40 \text{ ml}}}{n_{sans} \sqrt{40 \text{ ml}}}$

On met en évidence  $\sqrt{40 \text{ ml}}$ :

$$\frac{(n_{sans} - n_{avec}) \sqrt{40 \text{ ml}}}{n_{sans} \sqrt{40 \text{ ml}}} \cdot 100 = \frac{n_{sans} - n_{avec}}{n_{sans}} \cdot 100 = R$$

qui montre bien que théoriquement  $R \%$  est indépendant du volume de tirée.

*Eschle*<sup>13)</sup> décrit une électrode légèrement modifiée de la nôtre par les dimensions et l'inclinaison de l'entrée et de la sortie des gaz; nous regrettons qu'il ait omis de mentionner le fait que c'est nous qui l'avions rendu attentif à la possibilité de récupération électrostatique de la fumée de cigarettes, lors de sa visite de l'été 1956, quand nous l'avions autorisé à en faire fabriquer un exemplaire chez notre fabricant, Dumas à Zurich.

### Résumé

Les auteurs décrivent la récupération des constituants de la fumée de cigarettes, par précipitation électrostatique dans un appareil simple, fonctionnant ensuite comme ampoule à séparation;

ils déterminent le volume exact de l'air qui a traversé les cigarettes, au moyen d'un compteur à gaz et en prouvent la nécessité;

ils étudient à l'aide d'un kymographe les courbes pression/temps au cours d'un cycle d'aspiration, correspondant à diverses modifications apportées à l'appareillage muni d'une cigarette et les comparent à celles obtenues par des fumeurs;

ils précisent l'influence de l'humidification du tabac sur la teneur de la fumée en nicotine et en goudrons;

ils proposent une équation établissant la variation de la teneur en nicotine en fonction du volume de chaque tirée, et montrent que lors de la comparaison d'un type de cigarettes avec filtre avec le même type sans filtre, le taux de retenue en % du filtre est indépendant des volumes de tirées, pour un type de cigarettes données.

### Zusammenfassung

Die Autoren beschreiben die Erfassung der Bestandteile des Zigarettenrauchs durch elektrostatische Fällung in einem einfachen Apparat eigener Konstruktion, der nachher als Scheidetrichter gebraucht werden kann.

Sie bestimmen das exakte Luftvolumen, das die Zigaretten passiert hat, mit Hilfe eines Gaszählers, dessen Nützlichkeit sie beweisen.

Mittels eines Kymographen werden die Zugkurven aufgezeichnet, welche dem Verhältnis Druck/Zeit entsprechen, und es zeigte sich, dass sie ja nach der Apparatur stark variieren; sie wurden mit denen verglichen, welche man mit verschiedenen Rauchern erhielt.

Der Einfluss der Tabakfeuchtigkeit auf den Rauchgehalt an Nikotin und Teer wird bestimmt.

Eine Gleichung, welche die Schwankungen des Nikotingehaltes in Abhängigkeit vom Volumen der einzelnen Züge zeigt, wird vorgeschlagen; es wurde ferner gefunden, dass beim Vergleich eines Zigarettentypus mit Filter, mit demselben Typ ohne Filter, die prozentuale Adsorptionswirkung des Filters unabhängig vom Volumen der einzelnen Züge ist.

### Summary

The AA. describe a method for obtaining the main constituents of cigarette smoke by electrical precipitation in a simple apparatus which can be used as a separating funnel for recuperating nicotine and tar.

They determine the exact volume of air which passed through the cigarettes during smoking, with the aid of a gas counter.

They obtained the curves pressure/time on a kymograph showing the nature of a cycle of aspiration in respect to different changes made within the apparatus and compare them with those obtained from smokers.

They show the influence of moisture of tobacco on the content of nicotine in the smoke.

They propose an equation showing the variation in nicotine content in relation to the volume of each puff; they show that when one compares cigarettes of a given brand with or without filter-tip, the % reduction in nicotine content due to the filter is independent from the volume of the puffs.

### Littérature

- 1) Wahl, R. et Heil, O., Tabakforschung. Sonderheft Juli 1953.
- 2) Baumberger, J. P., J. pharmacol. and exper. Ther. **21**, 47 (1923).
- 3) Decker, C., Girardet, A., Golaz, P. et Regamy, R., ces Trav. **46**, 178 (1955).
- 4) Staub, M. et Furrer, H., ces Trav. **44**, 371 (1953).
- 5) Staub, M. et Furrer, H., ces Trav. **45**, 473 (1954).
- 6) Staub, M. et Furrer, H., ces Trav. **48**, 94 (1957).

- <sup>7)</sup> Pyriki, C., Z. U. L. **88**, 254 (1948).
- <sup>8)</sup> Bradford, J. A., Harlan, W. R. et Hamer, H. R., I. Indust. Engin. Chem. **28**, 836 (1936) et A. M. A. Laboratory: J. A. M. A. **152**, 917, 1035 (1953); **154**, 677 (1954); **157**, 1309 (1955).
- <sup>9)</sup> Pfyl, B. et Schmitt, O., Z. U. L. **54**, 65 (1927); **66**, 501 (1933).
- <sup>10)</sup> Wenusch, A., Der Tabakrauch 1939.
- <sup>11)</sup> Eschle, C., Communication privée.
- <sup>12)</sup> Stark, R. R., Technical details of the work described in J. A. M. A. **152**, 917 (1953) obtainable upon request from the Chemical Laboratory.
- <sup>13)</sup> Eschle, C., ces Trav. **49**, 280 (1958).

## Radioaktive Isotope in unseren Nahrungsmitteln

Von R. Müller und J. Bäumler

(Aus dem Kantonalen Laboratorium Basel-Stadt)

In den meisten Nahrungsmitteln kann heute ausser der natürlichen Radioaktivität, herrührend vom Gehalt an Kalium-40, eine zusätzliche Aktivität nachgewiesen werden. Die zahlreichen Versuche mit Atombomben (über 150) haben zu einer derartigen Verseuchung der Atmosphäre mit radioaktiven Spaltprodukten geführt, dass die mit den Niederschlägen auf die Erde fallenden Radioisotopen über die ganze Welt verteilt werden und eine gewisse Kontamination unserer Nahrungsmittel verursacht haben.

Von den für die Menschheit gefährlichen radioaktiven Spaltprodukten (<sup>14</sup>C, <sup>131</sup>I, <sup>137</sup>Cs usw.) ist besonders das Isotope des Strontiums, <sup>90</sup>Sr, hervorzuheben. Die chemische Ähnlichkeit von Strontium und Calcium führt den menschlichen Organismus dazu, dass er an Stelle von Calcium auch Strontium-90 resorbiert und dieses in den Knochen ablagert. Befindet sich Strontium-90 einmal in den Knochen, so kann es infolge seiner grossen Halbwertszeit (25 Jahre) zu Erkrankungen (z.B. Leukämien) führen. Durch den relativ langsamen Stoffwechsel des Knochengewebes vergeht eine ziemlich lange Zeit, bis ein abgelagertes Strontium-90-teilchen wieder aus dem Körper ausgeschieden wird. Die genaue Verweilzeit in den Knochen ist bis jetzt noch unbekannt; man weiss lediglich, dass es einige Jahre dort abgelagert bleibt <sup>1)</sup>.

Aus diesem Grunde sind vor allem diejenigen Nahrungsmittel auf ihren Gehalt an Strontium-90 zu prüfen, die dem Menschen als Calciumquelle dienen. Der Calciumbedarf wird bei der Durchschnittsbevölkerung <sup>2)</sup> zu 75 bis 85 % aus der Milch, zu je etwa 5 bis 10 % aus Getreide, Gemüse und andern Lebensmitteln (wie Trinkwasser usw.) gedeckt. Ganz unbedeutend für die Calciumaufnahme sind Fleisch, Eier, Fisch usw. Aus dem Verhältnis von Strontium-90 zu Calcium in den verschiedenen Lebensmitteln kann man den ungefähren Gehalt an Strontium-90 in den menschlichen Knochen abschätzen.