Fumage analytique des cigarettes ventilées = Analytical smoking of ventilated cigarettes

Autor(en): **Etournaud, A. / Aubort, J.-D. / Sansonnens, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **76 (1985)**

Heft 4

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-982374

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Trav. chim. aliment. hyg. **76,** 531–552 (1985)
Présenté le 7 août 1985. Accepté le 9 septembre 1985

Fumage analytique des cigarettes ventilées

Analytical smoking of ventilated cigarettes

A. Etournaud et *J.-D. Aubort*
Laboratoire cantonal, Epalinges-Lausanne
Assistance technique: *E. Sansonnens*

Introduction

Les accusations formulées à l'égard du tabac, notamment quant au rôle qu'il peut jouer dans l'étiologie de maladies cardiovasculaires et de cancers des voies respiratoires, ont conduit les fabricants à développer des cigarettes dites «légères», qui délivrent au fumeur des quantités réduites de goudrons et de nicotine.

Une manière simple et efficace de diminuer la quantité de condensat (goudrons + nicotine) inhalée par le fumeur consiste à *diluer* la fumée qui résulte de la combustion du tabac avec de l'air introduit lors de l'aspiration de la bouffée. Ce principe de dilution est désigné par le terme de *ventilation* (1, 2).

Jusqu'au début des années huitante, toutes les cigarettes «légères» du commerce étaient ventilées au moyen d'un filtre dont la construction (fig. 1) permet à l'air de dilution, aspiré à travers des perforations* et un papier d'enrobage poreux, de se mélanger avec la fumée du courant principal *dans la masse du filtre.* Ce mode de ventilation est dit «conventionnel» dans le présent travail.

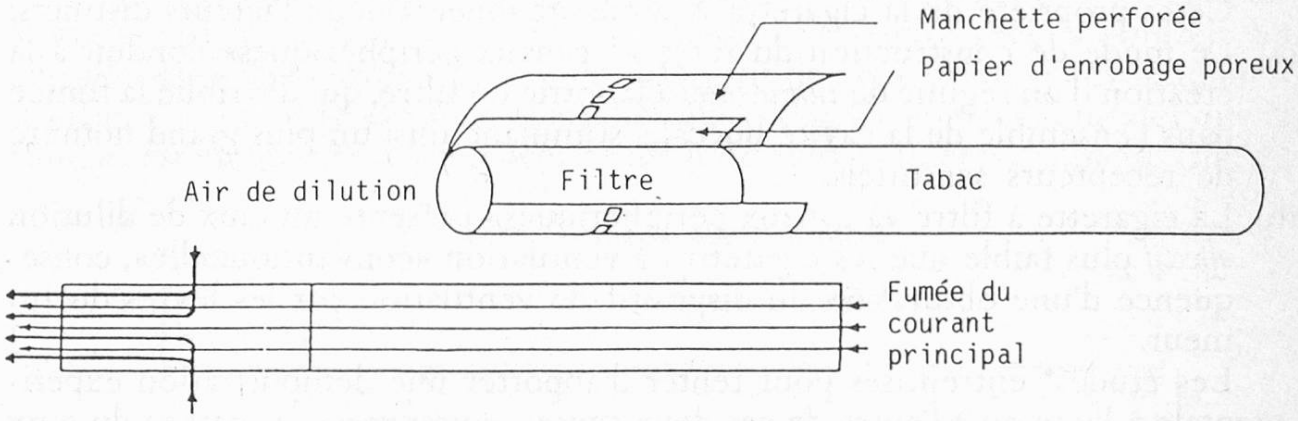

Fig. 1. Cigarette ventilée de manière «conventionnelle»

* Une partie de l'air de dilution peut également être introduite à travers le papier (poreux) qui enveloppe le tabac, facteur qui n'est pas pris en considération dans le présent travail.

Plus récemment, une cigarette ventilée est apparue sur le marché suisse, désignée «cigarette X», équipée d'un filtre dit «à canaux périphériques». De construction différente (fig. 2), ce filtre amène *séparément* dans la bouche du fumeur la fumée du courant principal et l'air de dilution, ce dernier étant conduit par quatre canaux situés sur le pourtour du filtre. L'emploi d'un papier d'enrobage non-poreux empêche l'air de dilution de pénétrer dans la masse du filtre, le mélange s'opère ainsi *dans la bouche du fumeur.*

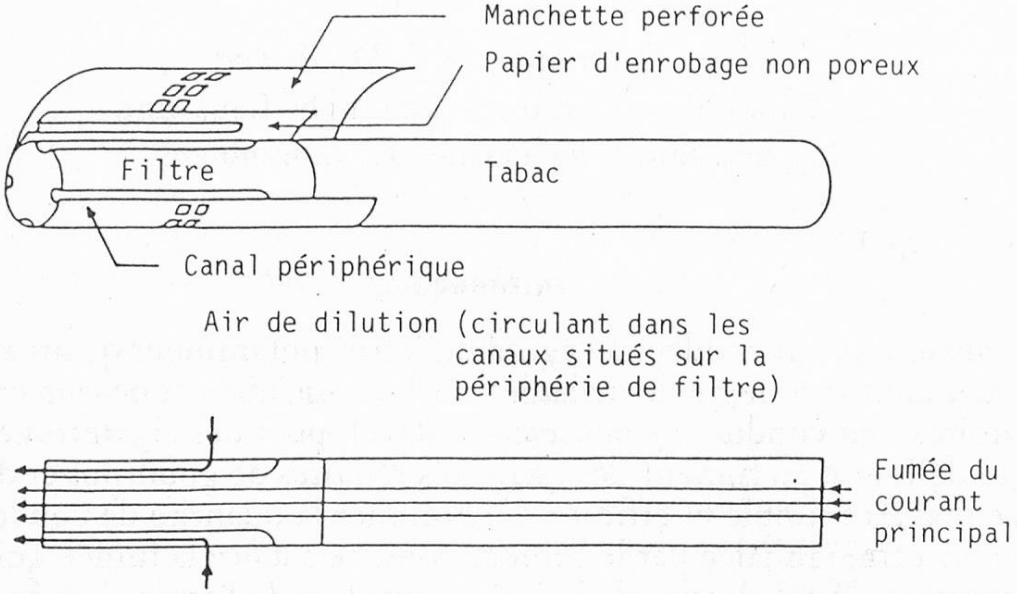

Fig. 2. Cigarette avec filtre «à canaux périphériques»

La cigarette X a la particularité de présenter pour le fumeur une saveur nettement plus «forte» que celle qu'il peut attendre d'une cigarette dont les teneurs en goudrons et en nicotine de la fumée, mesurées par fumage mécanique (machine à fumer) selon les normes ISO (3), sont très faibles (1 mg goudrons et 0,2 mg nicotine/cigarette).

Cette propriété de la cigarette X a été attribuée à deux facteurs distincts:

a) Le mode de construction du filtre «à canaux périphériques» conduit à la création d'un régime de *turbulences* à la sortie du filtre, qui distribue la fumée dans l'ensemble de la cavité buccale, stimulant ainsi un plus grand nombre de récepteurs sensoriels.
b) La cigarette à filtre «à canaux périphériques» présente un taux de dilution *effectif* plus faible que les cigarettes à ventilation «conventionnelle», conséquence d'une obturation du dispositif de ventilation par les lèvres du fumeur.

Les études* entreprises pour tenter d'apporter une démonstration expérimentale à l'une ou à l'autre de ces deux thèses, notamment la mesure du taux de dilution au moyen de débitmètres et le dosage de la cotinine (métabolite de la nicotine) dans le sang des fumeurs, ne sont pas parvenues à des résultats concluants.

* Travaux non publiés.

La manipulation des cigarettes ventilées

De par son principe même, une cigarette fortement ventilée ne peut pas procurer au fumeur la même satisfaction qu'une cigarette «forte», peu ou pas ventilée. La réduction de la teneur en goudrons de la fumée diminue sa saveur et la réduction de la teneur en nicotine atténue l'impact physiologique sur le système nerveux central.

Volontairement ou non, le fumeur peut tenter de «compenser» l'effet de la ventilation d'une cigarette très «légère». Pour ce faire, il a la possibilité de procéder de diverses manières:

- adapter la vitesse d'aspiration et le volume de la bouffée
- adapter le rythme et le nombre de bouffées tirées sur une cigarette
- *manipuler* la cigarette de manière à perturber le dispositif de ventilation avec, pour conséquence, une diminution du taux de dilution.

Dans cette liste – qui ne prétend pas être exhaustive – des possibilités offertes au fumeur pour augmenter sa satisfaction organoleptique et physiologique, il est possible de distinguer des facteurs liés au *comportement* du fumeur (vitesse d'aspiration, volume, rythme et nombre de bouffées) et des facteurs liés à la cigarette proprement dite.

Si le mode de *construction* d'un filtre de cigarette ventilée est tel que le fumeur peut aisément modifier avec ses doigts ou avec ses lèvres le taux de dilution de la fumée, ce facteur doit être pris en considération lors de l'appréciation de la cigarette pour l'information du consommateur. En d'autres termes, il s'agit alors d'une *propriété intrinsèque du produit.*

Les facteurs de *comportement,* par contre, ne peuvent en aucune manière être pris en compte, ils sont partie intégrante de la «marge de manoeuvre» du fumeur. Les paramètres de fumage mécanique (volume et durée de la bouffée, intervalle de temps entre deux bouffées) doivent forcément être maintenus constants, ils sont basés sur la «manière moyenne» de fumer une cigarette.

La manipulation la plus significative qui peut être opérée sur les cigarettes ventilées est le contrôle du débit d'air de dilution aspiré avec la bouffée. En considérant les *géométries* relatives du dispositif de ventilation «conventionnelle» (fig. 1) et du filtre «à canaux périphériques» (fig. 2), on peut constater que le fumeur est en mesure d'influencer ce débit de deux manières distinctes (fig. 3).

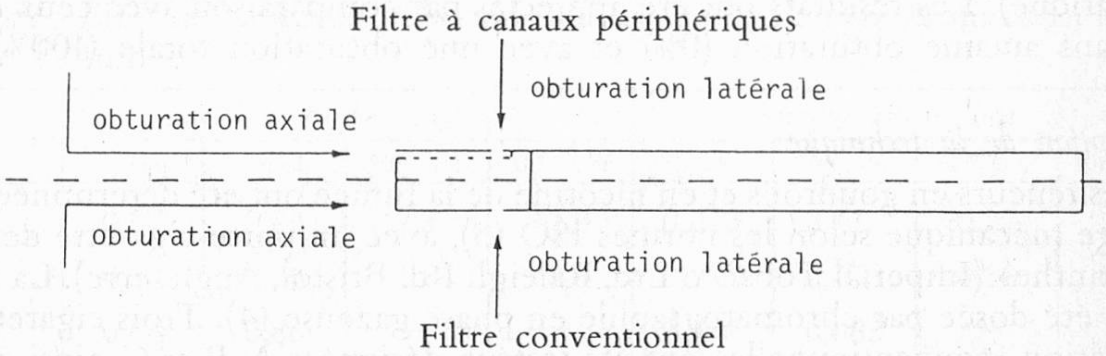

Fig. 3. Modes d'obturation du dispositif de ventilation

La manipulation par obturation dite *latérale* consiste en un recouvrement des orifices (perforations dans la manchette qui entoure le filtre) *d'admission* de l'air de dilution par les doigts ou les lèvres du fumeur, en même temps que celui-ci aspire la bouffée. Les figures 1 et 2 montrent qu'elle peut être opérée sur toutes les cigarettes ventilées, quel que soit le type de filtre.

Dans la manipulation par obturation dite *axiale,* qui ne peut concerner en première approximation que les cigarettes équipées d'un filtre «à canaux périphériques», l'obstruction des orifices de *sortie* de l'air de dilution est réalisée par les lèvres du fumeur, constituées d'un tissu particulièrement souple.

Le but du présent travail était de mettre en évidence expérimentalement ces facteurs de manipulation, d'en évaluer les importances relatives sur les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur en vue, dans un troisième temps, de proposer une technique de fumage mécanique conduisant à une appréciation aussi réaliste que possible des produits offerts au consommateur.

Approche analytique de la manipulation des cigarettes ventilées

Manipulation par obturation latérale

L'obturation *latérale* des orifices d'admission d'air de dilution par les *lèvres* du fumeur ne peut pas jouer un rôle significatif. La distance entre ces orifices et l'extrémité du filtre est telle (12 mm, en règle générale) que le fumeur devrait enfoncer la cigarette dans la bouche de manière très *inhabituelle.*

Par contre, bien que la plupart des fumeurs desserrent l'index et le majeur qui tiennent la cigarette, au moment d'aspirer la bouffée, une obturation par les *doigts* n'est pas exclue. Il n'est évidemment possible de boucher qu'une fraction des orifices, l'application des doigts sur l'ensemble de la circonférence étant irréalisable.

Pour évaluer l'effet de cette obturation sur les quantités de goudrons et de nicotine délivrées par la cigarette, un test simple a été développé, qui est décrit ci-après. Deux taux d'obturation ont été examinés, 20% (généralement considéré comme le plus élevé que le fumeur peut atteindre) et 50% (inatteignable en pratique). Les résultats ont été appréciés par comparaison avec ceux obtenus sans aucune obturation (0%) et avec une obturation totale (100%).

Description de la technique

Les teneurs en goudrons et en nicotine de la fumée ont été déterminées par fumage mécanique selon les normes ISO (3), avec un porte-cigarette de type «labyrinthe» (Imperial Tobacco Ltd, Raleigh Rd, Bristol, Angleterre). La nicotine a été dosée par chromatographie en phase gazeuse (4). Trois cigarettes à ventilation «conventionnelle» ont été testées, désignées A, B et C, ainsi que la cigarette X à filtre «à canaux périphériques».

Les fumages suivants ont été réalisés:

1. Cigarettes A, B, C et X non modifiées (0% d'obturation).
2. Cigarettes A, B, C et X dont 20% des orifices d'admission d'air ont été obturés par deux bandes de ruban adhésif, placées de part et d'autre du filtre (angle de 180°), simulant la position de l'index et du majeur de la main du fumeur. La largeur de ces bandes est calculée de manière à ce que chacune obture 10% de la circonférence (fig. 4).
3. Cigarettes A et X dont 50% des orifices d'admission d'air ont été obturés de manière analogue (25% de part et d'autre).
4. Cigarettes A et X dont l'ensemble (100%) des orifices d'admission d'air ont été obturés par une bande de ruban adhésif appliquée sur toute la circonférence.

Remarque: pour la cigarette X, les bandes de ruban adhésif ont été positionnées au hasard, sans tenir compte de la position des canaux périphériques.

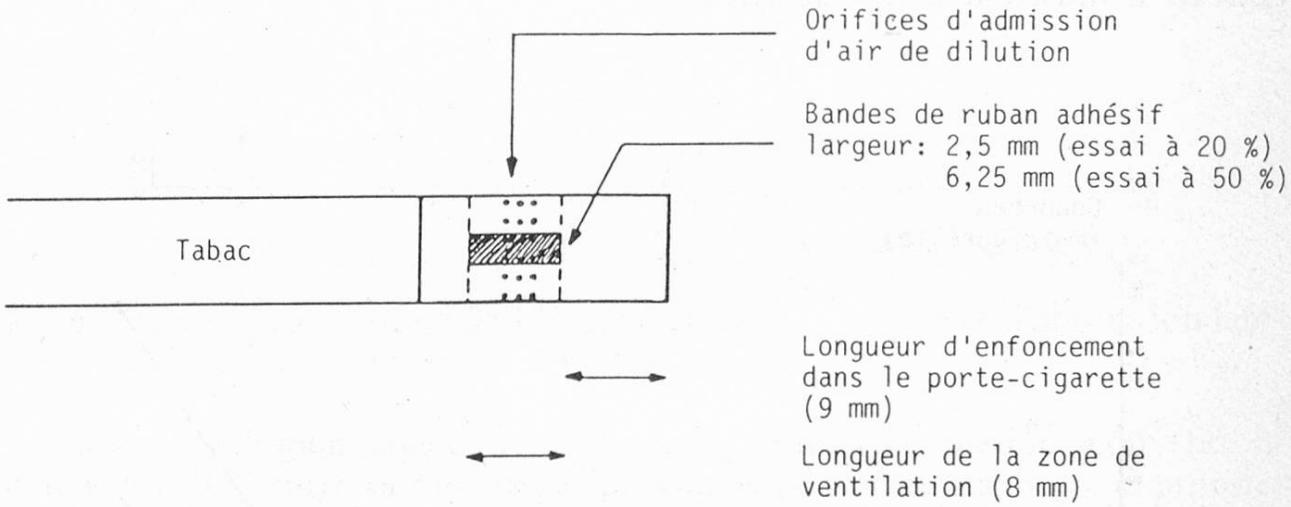

Fig. 4. Simulation de l'obturation latérale

Résultats et discussion

L'ensemble des résultats des fumages effectués sont groupés dans le tableau 1.

Tableau 1. Effet de l'obturation latérale sur les teneurs en goudrons et en nicotine de la fumée

Cigarette	Goudrons délivrés (mg/cig.)				Nicotine délivrée (mg/cig.)			
	0% obt.	20% obt.	50% obt.	100% obt.	0% obt.	20% obt.	50% obt.	100% obt.
X	0,57	0,83	2,3	11,0	0,073	0,11	0,27	1,05
A	0,51	0,66	1,8	8,0	0,057	0,078	0,18	0,46
B	0,68	0,86	–	–	0,078	0,085	–	–
C	5,2	5,7	–	–	0,43	0,48	–	–

Il apparait qu'un taux d'obturation de 20% ne modifie pas sensiblement les quantités de goudrons et de nicotine délivrées par les cigarettes ventilées. Autant pour la cigarette X que pour les cigarettes A et B, les teneurs en goudrons de la fumée demeurent inférieure à 1 mg/cigarette, et celles en nicotine inférieures à 0,1 mg/cigarette. Pour la cigarette C, de type plus «fort», la variation est également peu significative.

Avec 50% d'obturation, proportion qui laisse supposer en première approximation que l'efficacité de la ventilation est réduite de moitié, l'augmentation des quantités de goudrons et de nicotine délivrées est plus sensible, mais les cigarettes A et X demeurent dans la catégorie des produits «légers» avec 2 mg goudrons/cigarette et 0,2 mg (cigarette A), respectivement 0,3 mg (cigarette X) nicotine/cigarette.

Ces résultats relativement inattendus sont liés aux relations *fortement non-linéaires* entre les quantités de goudrons et de nicotine délivrées et le taux d'obturation. Les figures 5 et 6 établies pour les cigarettes A et X avec les données du tableau 1, illustrent ces relations.

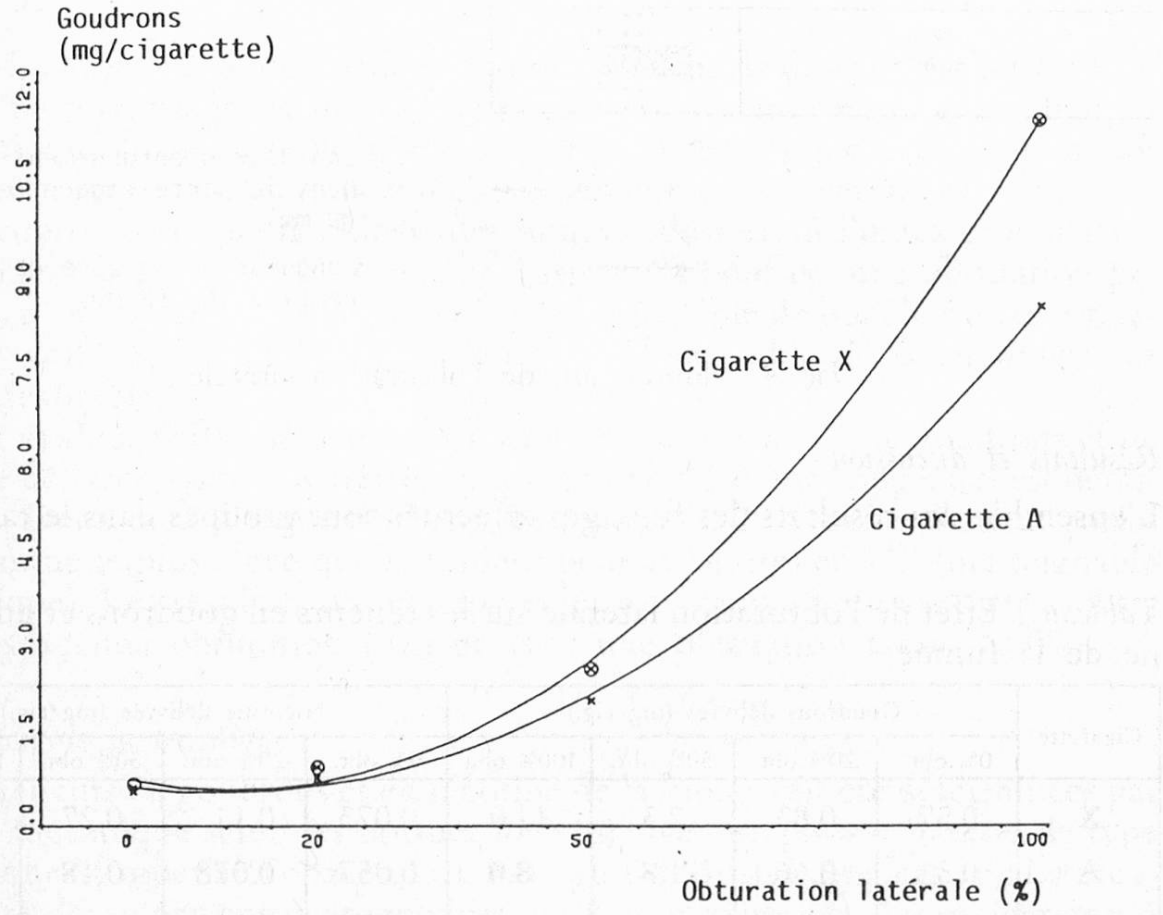

Fig. 5. Teneur en goudrons de la fumée en fonction du taux d'obturation latérale pour les cigarettes A et X

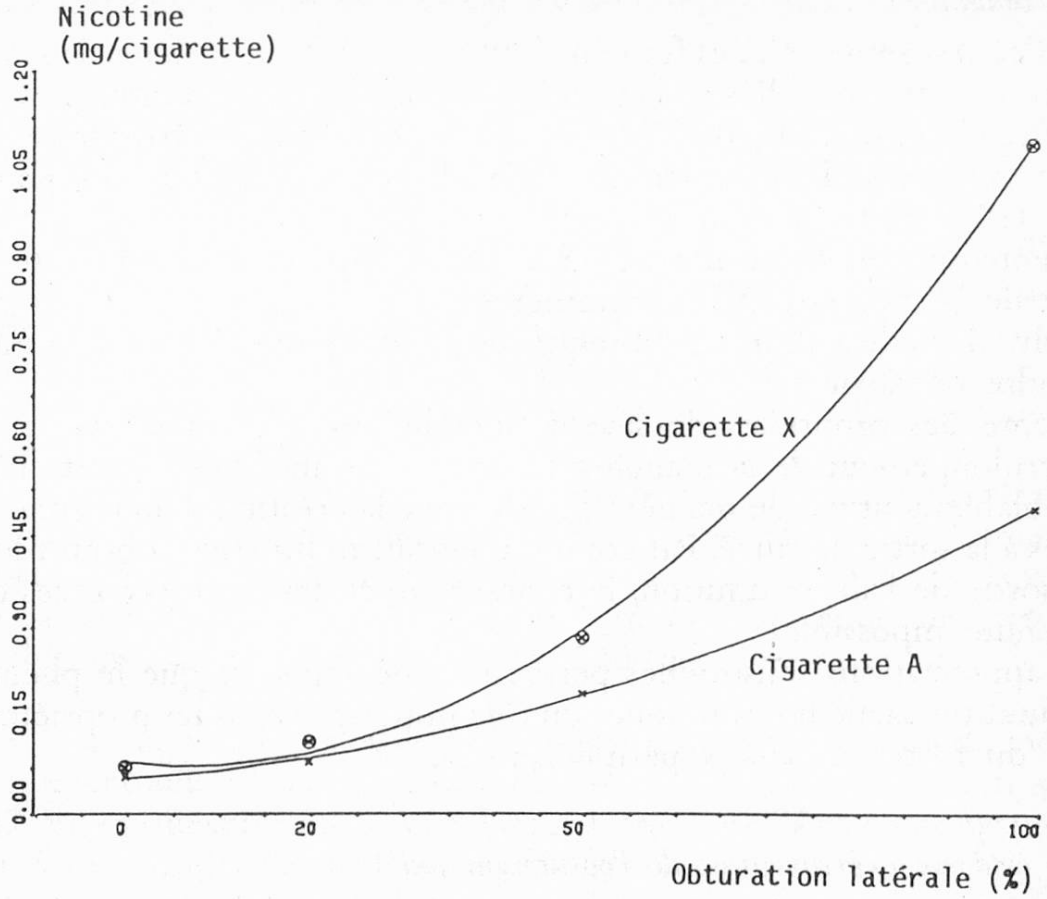

Fig. 6. Teneur en nicotine de la fumée en fonction du taux d'obturation latérale pour les cigarettes A et X

Ce comportement, analogue pour les cigarettes à ventilation «conventionnelle» et celle à filtre «à canaux périphériques», doit être attribué aux propriétés du système pneumatique complexe constitué par l'ensemble du filtre, de ses perforations et du cylindre de tabac. D'autres manifestations semblables sont rapportées dans la suite du présent travail.

Les effets très modérés de l'obturation latérale des orifices d'admission d'air de dilution révélés par ce test permettent de conclure au caractère mineur, voire insignifiant, de ce type de manipulation.

Manipulation par obturation axiale

L'obturation des orifices de sortie de l'air de dilution, manipulation qui ne peut affecter que les cigarettes équipées du filtre «à canaux périphériques», a été mise en évidence, dans un premier temps, par un essai rudimentaire. Par la suite, des tests ont été développés pour confirmer expérimentalement l'intervention de ce facteur de manipulation et pour en évaluer quantitativement les effets.

Essai préliminaire

Dans ce test sensoriel, des fumeurs ont comparé les propriétés de la cigarette X du commerce et celles de la cigarette X *modifiée* par le prolongement de la manchette qui entoure le filtre, sur une distance de 1 mm à partir de l'extrémité du filtre, au moyen d'une bande de ruban adhésif. Ces fumeurs ont pu constater que la cigarette X *modifiée*

- présente une résistance au tirage de la bouffée (perte de charge) inférieure à celle de la cigarette X du commerce
- est plus difficile à allumer, conséquence du plus faible débit d'air à travers le cylindre de tabac
- présente des propriétés de saveur notablement plus «faibles».

Le prolongement de la manchette sur une distance aussi courte n'affecte vraisemblablement pas de manière significative la création d'un régime de turbulences à la sortie du filtre. Par contre, il *interdit* au fumeur d'obturer les orifices de sortie de l'air de dilution, le contact direct des lèvres avec ces orifices étant rendu impossible.

Ces appréciations sensorielles permettent de supposer que le phénomène de l'obturation axiale pourrait jouer un rôle important dans les propriétés particulières du filtre «à canaux périphériques».

Mise en évidence expérimentale de l'obturation axiale

Une technique a été développée pour évaluer les teneurs en goudrons et en nicotine de la fumée *prélevée dans la bouche du fumeur.* Cette approche associe ainsi les effets du comportement du fumeur, notamment les modifications qu'il peut apporter au «régime» de la ventilation, à l'objectivité des techniques analytiques pour la mesure des paramètres de composition de la fumée.

Cette méthode a été élaborée dans l'optique d'une stricte *comparaison* entre les produits à ventilation «conventionnelle» et la cigarette munie d'un filtre «à canaux périphériques», sans prétendre à évaluer les quantités de goudrons et de nicotine *effectivement* absorbées par le fumeur.

a) Description de la technique

Pour l'exécution des tests, 7 cigarettes ont été utilisées:

- 5 cigarettes à ventilation «conventionnelle» A, B, C, D et E, qui représentent une gamme de «force» étendue, 1 à 16 mg goudrons/cigarette et 0,1 à 1,2 mg nicotine/cigarette, valeurs mesurées par fumage mécanique selon les normes ISO (3).
- La cigarette X avec filtre «à canaux périphériques» du commerce.
- La cigarette X *modifiée* par prolongement de la manchette, comme décrite dans l'essai préliminaire.

Un groupe de 12 fumeurs (9 hommes et 3 femmes) ont pris part à ces tests, dont le déroulement est le suivant:

1. Le fumeur allume librement la cigarette à tester, la bouffée d'allumage n'étant pas prélevée.

2. Le fumeur aspire *librement* une bouffée qu'il retient dans sa bouche. Le prélèvement de la fumée dans la cavité buccale est opéré aussitôt au moyen du dispositif constitué d'un piège de type «Cambridge» relié par un tuyau souple à la machine à fumer (fig. 7). Les paramètres d'aspiration sont ceux prescrits par les normes ISO (3), un volume de 35 ml aspiré en l'espace de 2 secondes.
3. La phase particulaire de la fumée des 5 bouffées qui suivent la bouffée d'allumage est collectée, l'intervalle prescrit par les normes ISO (3) de 60 secondes entre deux bouffées étant respecté.
4. Chaque fumeur teste ainsi les 7 cigarettes examinées à deux reprises, une première fois dans l'ordre A–X *modifiée* –B–X–C–D–E, et une deuxième fois dans l'ordre inverse.
5. Pour chaque cigarette fumée, le filtre sur lequel la phase particulaire des 5 bouffées a été collectée est divisé en petits fragments, et le condensat est extrait au moyen de 5,0 ml de méthanol. La nicotine est dosée dans cet extrait par chromatographie en phase gazeuse (4), avec étalonnage au moyen de solutions standard à 10, 25, 50, 75 et 100 µg nicotine/ml dans le méthanol.
6. Après le dosage de la nicotine, l'extrait est dilué avec 15,0 ml de méthanol. Après éventuelle filtration ou centrifugation, l'absorbance de cette solution à 447 nm est mesurée au moyen d'un spectrophotomètre pour évaluer la teneur en goudrons de la phase particulaire.

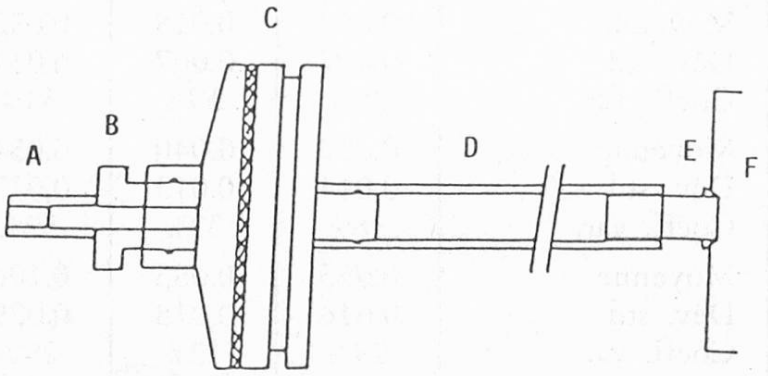

Fig. 7. Dispositif de prélèvement de la fumée dans la bouche du fumeur

A = embout pour le prélèvement dans la bouche du fumeur (tuyau silicone, long. 20 mm, ∅ int. 4 mm, ∅ ext. 7 mm)
B = raccord métallique avec 0-ring
C = piège «Cambridge» de la machine à fumer
D = tuyau de raccordement (tuyau silicone, long. 1,5 mm, ∅ int. 7 mm, ∅ ext. 10 mm)
E = raccord en verre avec joint caoutchouc
F = machine à fumer (Filtrona, modèle 302)

Remarque: les absorbances à 447 nm des goudrons (collectés et dosés par fumage mécanique selon les normes ISO (3), en solution 1 mg/10 ml méthanol) des

différentes cigarettes utilisées dans ces tests ont été comparées. Les valeurs mesurées se sont révélées suffisamment proches (absorbances comprises entre 0,045 et 0,050 pour les cigarettes A, B, C, D, E, X et X *modifiée*) pour permettre une estimation quantitative par cette technique photométrique simple.

b) Résultats et discussion

Les résultats obtenus pour les deux séries de fumages des 7 cigarettes testées (moyennes des 12 fumeurs) sont présentés dans le tableau 2. Les quantités de nicotine sont exprimées en mg/bouffée, et les quantités de goudrons en absorbance à 447 nm (A_{447}) de l'extrait méthanolique de la phase particulaire pour les 5 bouffées collectées.

Tableau 2. Composition de la phase particulaire de la fumée collectée dans la bouche du fumeur

Cigarette		mg nicotine/bouffée		A_{447} du condensat[1]	
		1e série	2e série	1e série	2e série
X	Moyenne[2]	0,089	0,102	0,088	0,098
	Dév. std[3]	0,029	0,038	0,027	0,038
	Coeff. var.[4]	33%	37%	31%	39%
X modifiée	Moyenne	0,028	0,035	0,029	0,038
	Dév. std	0,014	0,017	0,014	0,016
	Coeff. var.	50%	49%	48%	42%
A	Moyenne	0,018	0,018	0,032	0,034
	Dév. std	0,007	0,007	0,011	0,015
	Coeff. var.	39%	39%	34%	44%
B	Moyenne	0,039	0,040	0,054	0,058
	Dév. std	0,014	0,013	0,017	0,020
	Coeff. var.	36%	33%	32%	35%
C	Moyenne	0,055	0,055	0,100	0,100
	Dév. std	0,016	0,018	0,029	0,032
	Coeff. var.	29%	33%	29%	32%
D	Moyenne	0,073	0,072	0,113	0,114
	Dév. std	0,016	0,018	0,025	0,030
	Coeff. var.	22%	25%	22%	26%
E	Moyenne	0,093	0,089	0,132	0,125
	Dév. std	0,017	0,023	0,030	0,035
	Coeff. var.	18%	26%	23%	28%

[1] Absorbance à 447 nm du condensat collecté pour 5 bouffées (dans 20 ml méthanol).
[2] Valeur moyenne pour les 12 fumeurs.
[3] Déviation standard.
[4] Coefficient de variation.

Les coefficients de variation sont du même ordre de grandeur pour les différentes cigarettes testées, légèrement supérieurs pour la cigarette X *modifiée,* comportement qui pourrait être lié à sa très faible résistance au tirage (perte de charge).

Les valeurs moyennes des deux séries de mesures sont reportées sur les figures 8 et 9, en fonction des quantités de nicotine et de goudrons déterminées par fumage mécanique, selon les normes ISO (3), pour toutes les cigarettes testées.

Pour les cigarettes à ventilation «conventionnelle» (A, B, C, D et E), une relation linéaire satisfaisante (fig. 8, droite en traitillé, coefficient de corrélation = 0,992) peut être établie entre la quantité de nicotine (mg/bouffée) dans la fumée collectée dans la bouche du fumeur et celle déterminée par fumage mécanique. Une relation du 2^{e} degré (ligne en trait plein sur la figure 8) procure une corrélation légèrement meilleure.

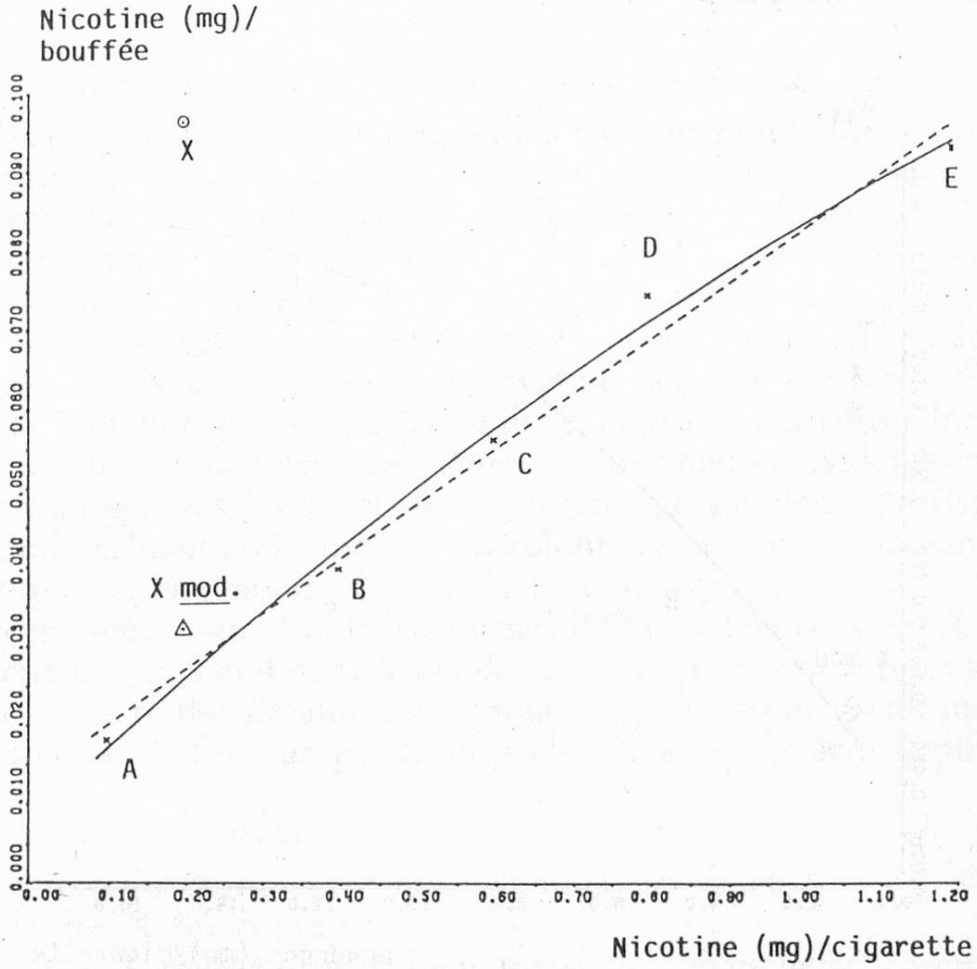

Fig. 8. Quantité de nicotine par bouffée (fumée prélevée dans la bouche du fumeur) en fonction de la quantité de nicotine déterminée par fumage mécanique (normes ISO)

Les faits suivants ressortent clairement de cette représentation graphique:

1. Les cigarettes à ventilation «conventionnelle» se comportent de manière *cohérente* dans la relation entre la teneur en nicotine de la fumée aspirée par le fumeur et celle mesurée par fumage mécanique.
2. La cigarette X *modifiée* se comporte de manière *analogue* aux cigarettes à ventilation «conventionnelle».
3. La cigarette X du commerce présente un comportement spectaculairement *différent.* La teneur en nicotine de la fumée prélevée dans la bouche du fumeur est très supérieure à celle que permet de prévoir la valeur mesurée par fumage mécanique.

La relation (fig. 9) qui peut être établie entre l'absorbance à 447 nm de l'extrait de la phase particulaire de la fumée collectée dans la bouche du fumeur et la quantité de goudrons déterminée par fumage mécanique est plus complexe. Pour les cigarettes à ventilation «conventionnelle» (A, B, C, D et E), il se manifeste un certain «nivellement» pour les produits les plus «forts». Une régression linéaire ne procure qu'une corrélation médiocre (coefficient de corrélation = 0,94), une courbe de 2^{e} ordre décrit de manière plus satisfaisante la relation entre les deux paramètres.

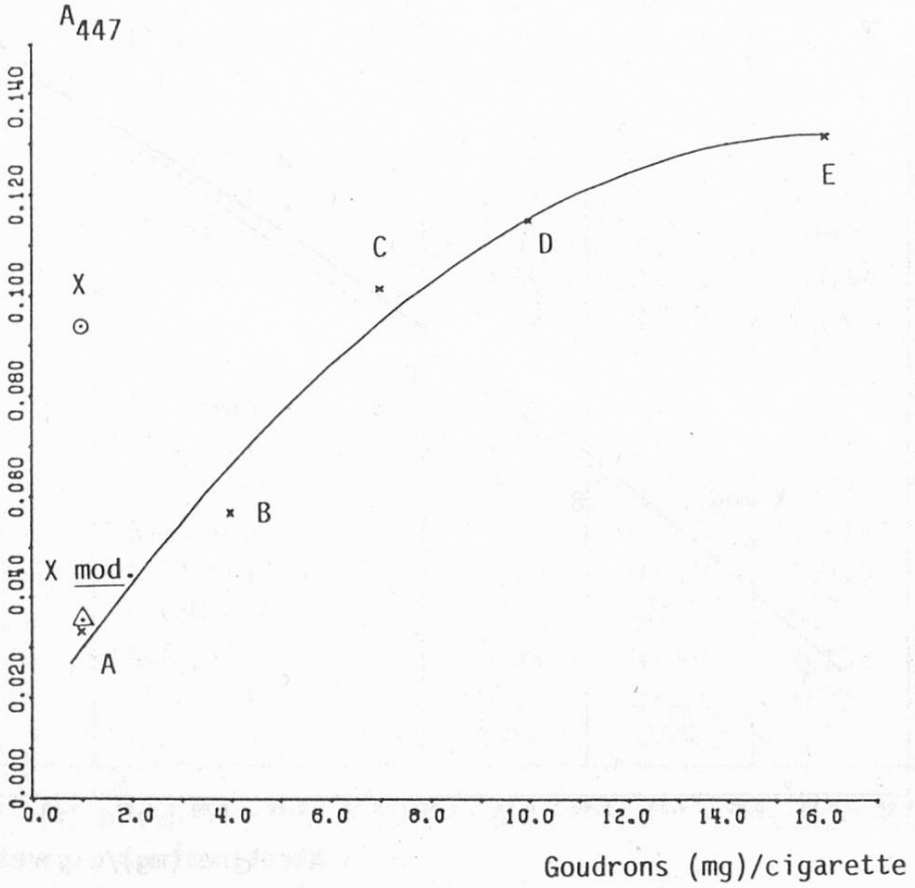

Fig. 9. Absorbance à 447 nm de l'extrait de phase particulaire de la fumée prélevée dans la bouche du fumeur en fonction de la quantité de goudrons déterminée par fumage mécanique (normes ISO)

Il apparait cependant clairement, tout comme pour la nicotine, que la cigarette X *modifiée* se comporte de la même manière que les produits à ventilation «conventionnelle», alors que la cigarette X du commerce délivre dans la bouche du fumeur plus de goudrons que prévu par le résultat du fumage mécanique.

Ces résultats démontrent que la saveur exceptionnellement «forte» de la cigarette X équipée d'un filtre «à canaux périphériques» est liée à des quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur très nettement plus élevées que celles que permettent de prévoir les résultats du fumage mécanique selon les normes ISO. La comparaison entre le comportement de la cigarette X du commerce et celui de la cigarette X *modifiée* par prolongement de la manchette qui entoure le filtre conduit à attribuer cette particularité de la cigarette X au facteur de manipulation par obturation *axiale* des orifices de sortie de l'air de dilution par les lèvres du fumeur.

Contrairement à la manipulation par obturation *latérale,* le facteur de manipulation par obturation *axiale* qui peut affecter le filtre «à canaux périphériques» exerce une influence *majeure* sur les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur par la cigarette X.

Evaluation quantitative des effets de la manipulation par obturation axiale

Pour évaluer quantitativement les effets de la manipulation par obturation *axiale,* une technique a été élaborée pour déterminer le nombre moyen de canaux de ventilation de la cigarette X obturés par le fumeur.

Considérant que le volume d'une bouffée se répartit entre le volume du courant principal de fumée et le volume d'air de dilution (cf. fig. 1 et 2), le volume d'air aspiré à travers le cylindre de tabac pour une bouffée a été mesuré pour la cigarette X du commerce et pour une série de cigarettes X *modifiées* dont, respectivement, aucun, 1, 2, 3 et 4 des canaux de ventilation ont été obturés. Conduit sur des cigarettes *non allumées,* ce test met en évidence l'influence de la morphologie des lèvres et des propriétés de souplesse du tissu qui les constitue, en excluant ainsi une action, volontaire ou non, de «compensation» physiologique ou organoleptique de la part du fumeur.

Le fumage mécanique (selon les normes ISO [3]) des cigarettes X dont, respectivement, 0, 1, 2, 3 et 4 des canaux de ventilation ont été obturés permet de constituer une «courbe d'étalonnage», dont les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur par la cigarette X peuvent être déduites.

a) Description de la technique

Les cigarettes suivantes ont été soumises aux tests:

- La cigarette X du commerce.
- La cigarette X *modifiée* par prolongement de la manchette, comme décrite dans l'essai préliminaire (*aucun* canal de ventilation obturé).
- La cigarette X *modifiée,* dont *un* des canaux de ventilation a été obturé, au niveau de l'admission de l'air de dilution, au moyen d'une bande de ruban

adhésif ou avec une goutte de vernis à ongles incolore.
- La cigarette X *modifiée,* dont *deux* des canaux ont été obturés.
- La cigarette X *modifiée,* dont *trois* des canaux ont été obturés.
- La cigarette X *modifiée,* dont les *quatre* canaux ont été obturés.

L'extrémité (cylindre de tabac) de la cigarette à tester est reliée par l'intermédiaire d'un embout en matière plastique et d'un tuyau en silicone souple à l'entrée d'un débitmètre. L'instrument utilisé dans ces essais était le «Puff Parameter Analyzer» (modèle 2422-2, série 2, Philip Morris Inc., Richmond, USA), expertisé par l'Institut de physique de l'Université de Neuchâtel.

Un groupe de 12 personnes (8 hommes et 4 femmes) ont pris part à ce test. Chaque fumeur aspire trois bouffées consécutives pour deux cigarettes de chaque type (12 cigarettes au total), dans un ordre *aléatoire,* en ayant la possibilité de tenir la cigarette de manière naturelle. Pour chaque bouffée, le volume d'air (en ml) est mesuré par le débitmètre, ainsi que la durée de l'aspiration (en secondes). Pour faciliter la comparaison des résultats, un volume de bouffée *corrigé* (V_c) a été calculé, rapporté à une durée de l'aspiration de 2 secondes.

En vue d'établir la relation entre le nombre de canaux obturés et les quantités de goudrons et de nicotine délivrées par la cigarette X, une «courbe d'étalonnage» a été établie en procédant au fumage mécanique (selon les normes ISO [3]) de la cigarette X avec, respectivement, 0, 1, 2, 3 et 4 canaux obturés. (N.B.: lors du fumage mécanique, avec un porte-cigarette de type «labyrinthe» par exemple, la cigarette X du commerce et la cigarette X *modifiée* se comportent de la même manière).

b) Résultats et discussion

Pour chaque fumeur, une relation de 2^e degré peut être établie entre le volume (V_c) d'air aspiré à travers le cylindre de tabac et le nombre de canaux de ventilation de la cigarette X *modifiée* obturés, avec une corrélation satisfaisante. En reportant le volume V_c mesuré pour la cigarette X du commerce sur les courbes de régression calculées, il est possible d'en déduire le nombre de canaux obturés par le fumeur. Le tableau 3 présente les résultats obtenus pour les 12 fumeurs qui ont pris part au test. La valeur moyenne du nombre de canaux obturés est de 3,2, avec des valeurs extrêmes de 1,9 et de 4,0 (tous les orifices obturés!). La même valeur moyenne de 3,2 peut être déduite de la figure 10, sur laquelle les volumes moyens V_c pour l'ensemble des fumeurs ont été reportés en fonction du nombre de canaux obturés.

Le fumage mécanique, selon les normes ISO (3), de la cigarette X avec, respectivement, aucun, 1, 2, 3 et 4 canaux obturés, a permis d'établir les «courbes d'étalonnage» pour les goudrons (fig. 11) et pour la nicotine (fig. 12).

Le report du nombre moyen de canaux de ventilation obturés par le fumeur (3, 2) sur les courbes de régression du 2^e degré des figures 11 et 12 permet d'évaluer les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur par la cigarette X, soit *6,7 mg goudrons* et *0,77 mg nicotine/cigarette.* Compte tenu du fait que le test qui a permis de déterminer le nombre de canaux obturés a été

Tableau 3. Volume (V_c) aspiré à travers le cylindre de tabac de la cigarette X et nombre de canaux obturés, pour l'ensemble des fumeurs

Fumeur	Volume corrigé V_c (ml)	Nombre de canaux obturés
1	14,7	3,1
2	24,9	2,9
3	31,6	3,5
4	25,2	3,6
5	29,4	3,5
6	28,6	3,3
7	10,2	1,9
8	25,6	3,1
9	27,4	4,0
10	25,1	3,5
11	22,6	2,8
12	23,0	2,9
	Moyenne:	3,2
	Minimum:	1,9
	Maximum:	4,0

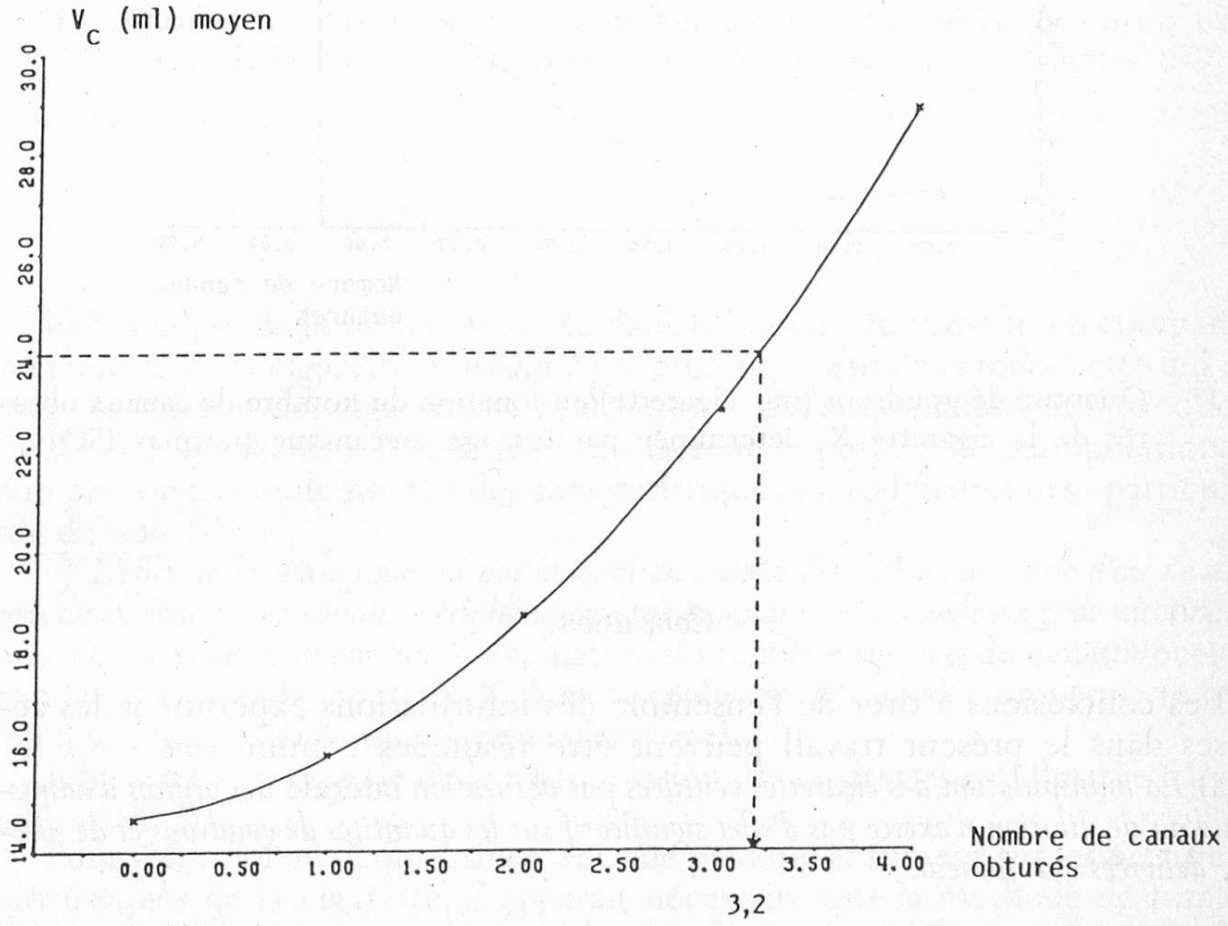

Fig. 10. Volume (V_c moyen aspiré à travers le cylindre de tabac de la cigarette X *modifiée* en fonction du nombre de canaux obturés, pour l'ensemble des fumeurs

opéré sur des cigarettes *non allumées,* ces valeurs ne sont pas affectées par une action de «compensation» physiologique ou organoleptique de la part du fumeur.

Comme pour l'analyse de la fumée prélevée dans la bouche du fumeur, ces résultats montrent que la manipulation par obturation *axiale* des orifices de sortie d'air de dilution de la cigarette X exerce une influence *majeure* sur les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur.

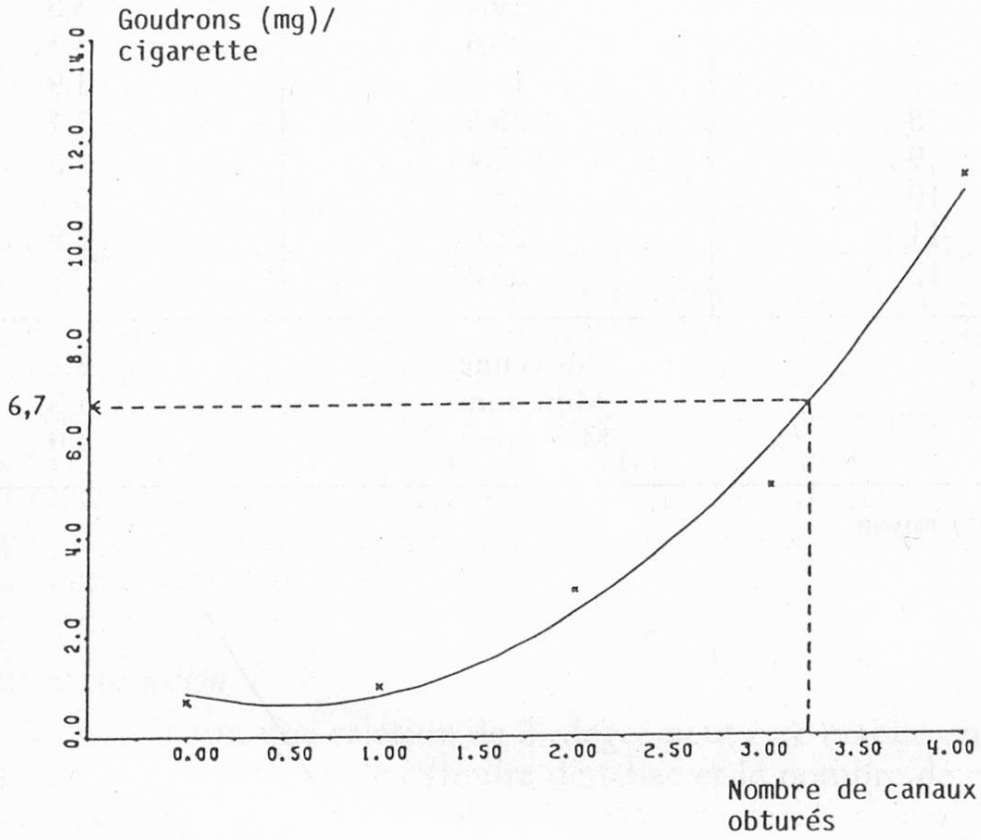

Fig. 11. Quantité de goudrons (mg/cigarette) en fonction du nombre de canaux obturés de la cigarette X, déterminée par fumage mécanique (normes ISO)

Conclusion

Les conclusions à tirer de l'ensemble des informations expérimentales acquises dans le présent travail peuvent être résumées comme suit:

a) *La manipulation des cigarettes ventilées par obturation* **latérale** *des orifices d'admission d'air de dilution n'exerce pas d'effet significatif sur les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur.*

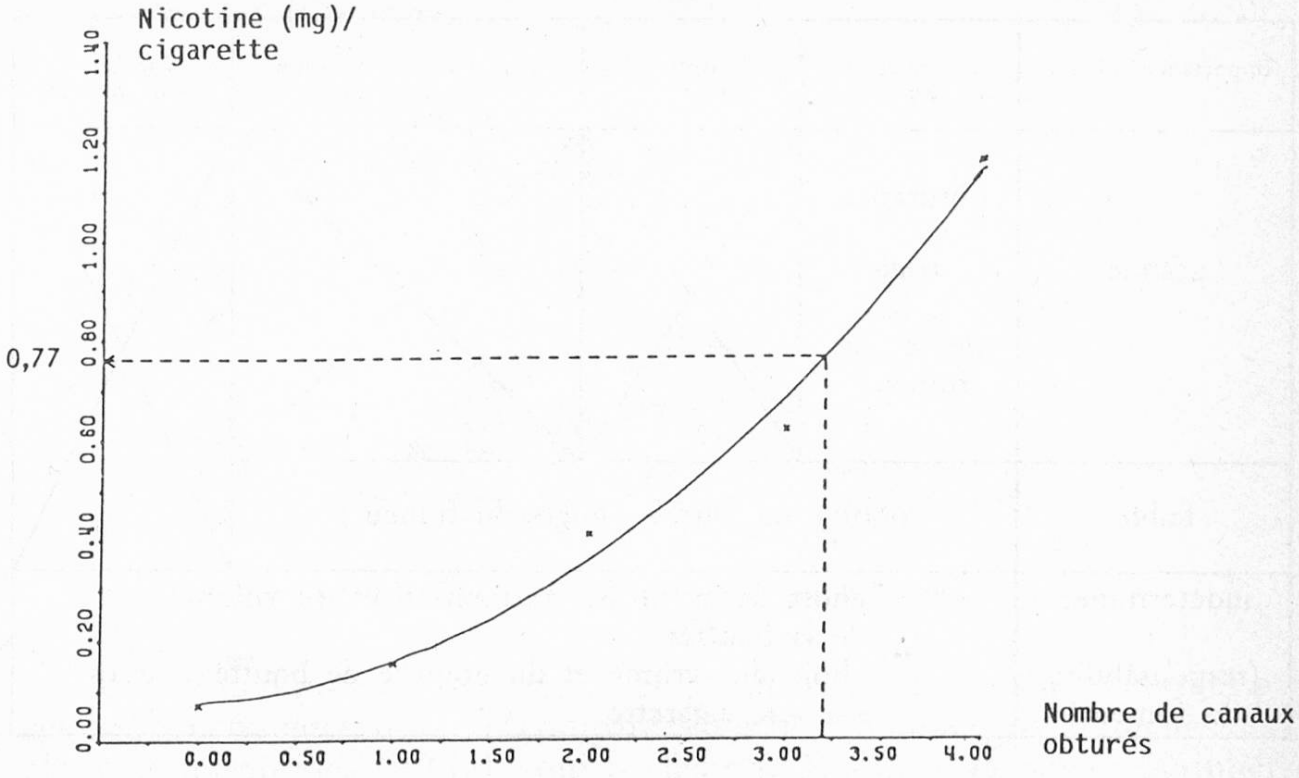

Fig. 12. Quantité de nicotine (mg/cigarette) en fonction du nombre de canaux obturés de la cigarette X, déterminée par fumage mécanique (normes ISO)

b) L'analyse de la fumée prélevée dans la bouche du fumeur, en comparant la cigarette X, la cigarette X *modifiée* par prolongement de la manchette qui entoure le filtre et des cigarettes à ventilation «conventionnelle», montre que la «force» de la cigarette X est liée à un facteur important de manipulation, et non pas (ou pas seulement) à des caractéristiques «aérodynamiques» particulières de son filtre.

c) *L'effet de la manipulation par obturation* **axiale** *des orifices de sortie d'air de dilution de la cigarette «à canaux périphériques» sur les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur est important.* L'évaluation du nombre moyen de canaux obturés conduit à classer la cigarette X dans la catégorie de «force» moyenne (env. 7 mg goudrons et 0,8 mg nicotine/cigarette).

Une approche globale de la manipulation des cigarettes est illustrée dans le tableau 4.

Pour informer aussi objectivement que possible le fumeur sur les propriétés intrinsèques de la cigarette, il apparait nécessaire que la méthode de fumage mécanique utilisée prenne en considération un éventuel facteur de manipulation par obturation *axiale,* le facteur d'obturation *latérale* pouvant être négligé.

Tableau 4. Approche globale de la manipulation des cigarettes par le fumeur

Importance relative	Cigarette X du commerce	Cigarette X modifiée	Cigarette à ventilation «conventionnelle»	Cigarette non ventilée
grande	obturation *axiale* (lèvres du fumeur)			
faible	obturation *latérale* (doigts du fumeur)			
indéterminée (responsabilité du fumeur)	– choix de la vitesse d'aspiration et du volume de la bouffée – choix du rythme et du nombre de bouffées tirées sur une cigarette			

Fumage mécanique des cigarettes ventilées

Pour tenter de prendre en considération de manière réaliste les facteurs de manipulation – obturation latérale et obturation axiale – décrits dans ce qui précède, deux techniques de fumage mécanique ont été évaluées:

- *Double fumage type A (5):* il consiste à opérer un premier fumage mécanique (selon les normes ISO [3]) sur la cigarette non modifiée et un second fumage sur la cigarette dont l'ensemble des orifices d'admission d'air de dilution ont été obturés au moyen d'une bande de ruban adhésif (obturation latérale totale).
  Les résultats, exprimés en mg goudrons et mg nicotine/cigarette, sont les valeurs moyennes des deux fumages.
- *Double fumage type B:* les deux fumages mécaniques sont opérés sur la cigarette non modifiée, le premier (selon les normes ISO [3]) avec le porte-cigarette de type «labyrinthe» (Imperial Tobacco Ltd, Raleigh Rd, Bristol, Angleterre) utilisé habituellement, le second avec le porte-cigarette *modifié* selon Copeland (Dr G. K. E. Copeland, Laboratory of the Government Chemist, Department of Industry, Stamford St, London, Angleterre). Ce porte-cigarette, illustré à la figure 13, comporte un anneau de caoutchouc mousse sur lequel vient s'appuyer l'extrémité du filtre de la cigarette, bloquant ainsi les orifices de sortie des canaux du filtre «à canaux périphériques».

Comme pour le double fumage type A, les résultats sont les valeurs moyennes des deux fumages.

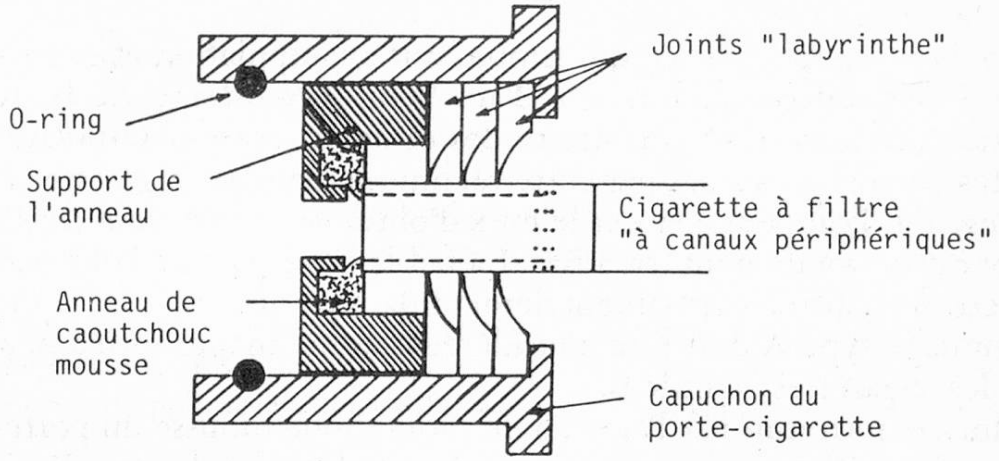

Fig. 13. Porte-cigarette *modifié* selon Copeland

Le tableau 5 présente les teneurs en goudrons et en nicotine mesurées par ces deux techniques, qui sont comparées à celles obtenues par le fumage simple selon les normes ISO (3), pour la cigarette X à filtre «à canaux périphériques» et 4 cigarettes à ventilation «conventionnelle» A, B, C et D.

Tableau 5. Teneurs en goudrons et en nicotine mesurées par les techniques de double fumage type A et type B

Cigarette	Teneurs en goudrons et en nicotine (mg/cigarette) mesurées par:					
	Fumage simple selon ISO (3)[1]		Double fumage type A		Double fumage type B	
	Goudrons	Nicotine	Goudrons	Nicotine	Goudrons	Nicotine
X	1	0,2	5,8	0,56	5,0	0,53
A	1	0,1	4,4	0,25	0,6	0,05
B	1	0,1	3,8	0,15	0,7	0,05
C	6	0,4	8,5	0,53	5,8	0,44
D	9	0,9	11,4	0,88	9,2	0,82

[1] Valeurs qui figurent sur les emballages des cigarettes.

L'application en parallèle de ces trois méthodes de fumage permet de constater les faits suivants:

a) Pour la cigarette X, les doubles fumages type A et type B donnent des résultats très voisins.

b) Pour les cigarettes à ventilation «conventionnelle», le double fumage type A donne des résultats nettement supérieurs à ceux du double fumage type B, ces derniers étant très proches de ceux du fumage simple selon les normes ISO (3).

Le double fumage type A, qui simule une manipulation *efficace* par obturation *latérale* des orifices d'admission d'air de dilution (doigts du fumeur), conduit à une *surévaluation* très manifeste des effets de cette manipulation. En reportant les valeurs mesurées par cette technique pour les cigarettes X et A sur les figures 5 et 6 on peut évaluer le taux d'obturation correspondant à environ 70%, proportion totalement irréaliste. La faible incidence de l'obturation *latérale* ayant été démontrée expérimentalement dans ce qui précède, la méthode de double fumage type A doit être considérée comme inappropriée pour l'appréciation des cigarettes ventilées.

Le blocage introduit par l'anneau de caoutchouc mousse du porte-cigarette selon Copeland (fig. 13), utilisé dans le double fumage de type B, simule une manipulation par obturation *axiale.* Les résultats obtenus démontrent, s'il était nécessaire de le faire, que cette forme de manipulation n'affecte *que* les cigarettes à filtre «à canaux périphériques». Les valeurs mesurées pour la cigarette X font apparaitre un effet important de l'obturation *axiale,* conclusion qui rejoint celles tirées des tests précédemment décrits. Les teneurs en goudrons et en nicotine déterminées par le double fumage type B, 5,0 mg goudrons et 0,53 mg nicotine/cigarette, peuvent être considérées comme raisonnablement proches de celles évaluées précédemment sur la base de la valeur moyenne de 3,2 canaux de ventilation obturés, soit 6,7 mg goudrons et 0,77 mg nicotine/cigarette. En utilisant une pondération autre que la moyenne arithmétique des deux fumages, la concordance pourrait être encore améliorée.

Les résultats du tableau 5 suggèrent également que le double fumage de type A pourrait s'appliquer *sélectivement* à l'appréciation des cigarettes à filtre «à canaux périphériques», les produits à ventilation «conventionnelle» étant mesurés par fumage simple selon les normes ISO (3). Cette approche, matériellement plus aisée à mettre en oeuvre, a été proposée récemment dans une norme préliminaire allemande (6).

Si l'appréciation des cigarettes ventilées ou non, dans le but d'informer le consommateur, doit répondre aux critères suivants:

- ne pas faire appel à des fumeurs «cobayes» humains
- être réalisée par une technique applicable sans restriction à l'ensemble des cigarettes du marché
- prendre en considération de manière réaliste l'effet de manipulations associées aux caractéristiques propres des cigarettes

la technique du double fumage mécanique type B, avec et sans porte-cigarette *modifié* selon Copeland, se révèle actuellement la méthode de choix.

Résumé

Sur la base des caractéristiques géométriques des filtres de cigarettes ventilées, deux types de manipulation par les doigts et/ou les lèvres du fumeur ont été définis: l'obturation *latérale* des orifices d'admission d'air de dilution et, pour les cigarettes à filtre «à canaux périphériques», l'obturation *axiale* des orifices de sortie de l'air de dilution.

Des tests expérimentaux ont été développés, qui ont montré que l'obturation *latérale* ne peut exercer qu'un effet mineur sur les quantités de goudrons et de nicotine délivrées au fumeur. L'obturation *axiale,* cependant, exerce un effet important, qui doit être pris en considération dans l'appréciation des cigarettes pour l'information du consommateur.

Deux techniques de fumage mécanique ont été évaluées. Le double fumage, avec et sans porte-cigarette modifié selon Copeland, permet de tenir compte de l'obturation *axiale,* tout en étant applicable à l'ensemble des cigarettes ventilées actuellement dans le commerce.

Zusammenfassung

Aufgrund der geometrischen Eigenschaften der Filter von ventilierten Zigaretten wurden zwei Arten von Manipulationen mit den Fingern und/oder den Lippen des Rauchers definiert: die *seitliche* Verstopfung der Eintrittslöcher für die Verdünnungsluft und im Falle der Filterzigaretten mit peripheren Kanälen die *axiale* Verstopfung der Austrittslöcher für die Verdünnungsluft.

Es wurden experimentelle Tests durchgeführt, die gezeigt haben, dass die *seitliche* Verstopfung nur einen kleinen Einfluss auf die an den Raucher abgegebenen Teer- und Nikotingehalte ausüben kann. Die *axiale* Verstopfung hat hingegen eine grosse Wirkung, die bei der Beurteilung der Zigaretten zur Information des Rauchers in Betracht gezogen werden muss.

Zwei mechanische Rauchverfahren wurden getestet. Die doppelte Rauchung mit und ohne Zigarettenhalter, geändert nach Copeland, erlaubt es, die *axiale* Verstopfung zu berücksichtigen, und ist auch für alle gegenwärtig im Handel angebotenen ventilierten Zigaretten anwendbar.

Summary

Considering the geometrical features of the filters of the ventilated cigarettes, two types of manipulation by the fingers and/or the lips of the smoker have been defined: the *lateral* obturation of the input vents of dilution air and, for the cigarettes fitted with a «peripheral canals» filter, the *axial* obturation of the output vents of dilution air.

Experimental tests have been developed which have shown that *lateral* obturation can only operate a minor effect on the quantities of tar and nicotine delivered to the smoker. *Axial* obturation, however, has an important effect, which has to be taken into account when appreciating cigarettes in order to inform the consumer.

Two techniques of mechanical smoking have been evaluated. The double assay, with and without the cigarette holder modified according to Copeland, takes into ac-

count the *axial* obturation, while being applicable to all the ventilated cigarettes on the market at the present time.

Bibliographie

1. *Norman, V.:* The effect of perforated tipping paper in the yield of various smoke components. Beitr. Tabakforsch. **7**, 282–287 (1974).
2. *Kiefer, J. E.:* Ventilated filters and their effect on smoke composition. Recent Advances in Tobacco Science **4**, 69–83 (1978).
3. *Organisation internationale de normalisation:* Norme ISO 3402 (Atmosphères de conditionnement et d'essai), Norme ISO 3308 (Machine à fumer analytique de routine pour cigarettes. Définitions, conditions normalisées et équipement auxiliaire) (1977).
4. *Wagner, J. R. and Thaggard, N. A.:* Gas-liquid chromatographic determination of nicotine contained on Cambridge filter pads: Collaborative study. J. Assoc. Off. Anal. Chem. **62**, 229–236 (1979).
5. *Office fédéral de la santé publique:* Information anticipée d'une méthode du Manuel suisse des denrées alimentaires (chapitre 38, tabac et articles de tabac). Circulaire n° 2 (Berne, 1984).
6. *Deutsches Institut für Normung:* Vornorm DIN V 10240, Teil 4. Maschinelles Abrauchen von Zigaretten und Bestimmung des Rauchkondensats. Zusätzliche Bedingungen für kanalspezifisch ventilierte Zigaretten. Berlin (1985).

Dr A. Etournaud
Prof. Dr J.-D. Aubort
Laboratoire cantonal
Les Croisettes
CH-1066 Epalinges