

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039224155
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT
LISTE DES VOLUMES	
	1949, n° 1 (janv.-mars)
	1949, n° 2 (avril-juin)
	1949, n° 3 (juil.-sept.)
	1949, n° 4 (oct.-déc.)
	1949, n° 4 bis
	1950, n° 1 (janv.-mars)
	1950, n° 2 (avril-juin)
	1950, n° 3 (juil.-sept.)
	1950, n° 4 bis
	1951, n° 1 (janv.-mars)
	1951, n° 2 (avril-juin)
	1951, n° 3 (juil.-sept.)
	1951, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° 1 (janv.-mars)
	1952, n° 2 (avril-juin)
	1952, n° 3 (juil.-sept.)
	1952, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° spécial
	1953, n° 1 (janv.-mars)
	1953, n° 2 (avril-juin)
	1953, n° 3 (juil.-sept.)
	1953, n° 4 (oct.-déc.)
	1953, n° spécial
	1954, n° 1 (janv.-mars)
	1954, n° 2 (avril-juin)
	1954, n° 3 (juil.-sept.)
	1954, n° 4 (oct.-déc.)
	1955, n° 1 (janv.-mars)

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept)

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

	1983, n° 1
	1983, n° 3-4
	1983, n° 3-4
	1984, n° 1 (1er semestre)
	1984, n° 2
	1985, n° 1
	1985, n° 2
	1986, n° 1
	1986, n° 2
	1987, n° 1
	1987, n° 2
	1988, n° 1
	1988, n° 2
	1989
	1990
	1991
	1992
	1993, n° 1 (1er semestre)
	1993, n° 2 (2eme semestre)
	1994, n° 1 (1er semestre)
	1994, n° 2 (2eme semestre)
	1995, n° 1 (1er semestre)
	1995, n° 2 (2eme semestre)
	1996, n° 1 (1er semestre)
	1997, n° 1 (1er semestre)
	1997, n°2 (2e semestre) + 1998, n°1 (1er semestre)
	1998, n° 4 (4e trimestre)
	1999, n° 2 (2e trimestre)
	1999, n° 3 (3e trimestre)
	1999, n° 4 (4e trimestre)
	2000, n° 1 (1er trimestre)
	2000, n° 2 (2e trimestre)
	2000, n° 3 (3e trimestre)
	2000, n° 4 (4e trimestre)
	2001, n° 1 (1er trimestre)
	2001, n° 2-3 (2e et 3e trimestres)
	2001, n°4 (4e trimestre) et 2002, n°1 (1er trimestre)
	2002, n° 2 (décembre)
	2003 (décembre)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1969, n° 3
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1969

Collation	1 vol. (50 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	56
Cote	INDNAT (88)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.88

Note d'introduction à [l'Industrie nationale \(1947-2003\)](#)

[L'Industrie nationale](#) prend, de 1947 à 2003, la suite du [Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publié de 1802 à 1943 et que l'on trouve également numérisé sur le CNUM. Cette notice est destinée à donner un éclairage sur sa création et son évolution ; pour la présentation générale de la Société d'encouragement, on se reportera à la [notice publiée en 2012 : « Pour en savoir plus »](#)

[Une publication indispensable pour une société savante](#)

La Société, aux lendemains du conflit, fait paraître dans un premier temps, en 1948, des [Comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publication trimestrielle de petit format résumant ses activités durant l'année sociale 1947-1948. À partir du premier trimestre 1949, elle lance une publication plus complète sous le titre de [L'Industrie nationale. Mémoires et comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#).

Cette publication est différente de l'ancien [Bulletin](#) par son format, sa disposition et sa périodicité, trimestrielle là où ce dernier était publié en cahiers mensuels (sauf dans ses dernières années). Elle est surtout moins diversifiée, se limitant à des textes de conférences et à des rapports plus ou moins développés sur les remises de récompenses de la Société.

[Une publication qui reflète les ambitions comme les aléas de la Société d'encouragement](#)

À partir de sa création et jusqu'au début des années 1980, [L'Industrie nationale](#) ambitionne d'être une revue de référence abordant, dans une sélection des conférences qu'elle organise — entre 8 et 10 publiées annuellement —, des thèmes extrêmement divers, allant de la mécanique à la biologie et aux questions commerciales, en passant par la chimie, les différents domaines de la physique ou l'agriculture, mettant l'accent sur de grandes avancées ou de grandes réalisations. Elle bénéficie d'ailleurs entre 1954 et 1966 d'une subvention du CNRS qui témoigne de son importance.

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publiant les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

La publication disparaît logiquement en 2003 pour être remplacée par un site Internet de même nom, complété par la suite par une lettre d'information.

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

Daniel Blouin, Gérard Emptoz, [« 220 ans de la Société d'encouragement »](#), Histoire et Innovation, le carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement, en ligne le 25 octobre 2023.

Gérard EMPTOZ, [« Les parcours des présidents de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale des années 1920 à nos jours. Deuxième partie : de la Libération à nos jours »](#), Histoire et Innovation, carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en ligne le 26 octobre 2024.

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE

*Comptes rendus et Conférences
de la Société d'Encouragement
pour l'Industrie Nationale*

*fondée en 1801
reconnue d'utilité publique*



Revue trimestrielle
1969 - N° 3



SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES.

La D.S. 1970, par J. CADIOU p. 3

LA FLUIDIQUE,

- Introduction, par J. BERTIN p. 21
- Historique des premières recherches, par M. KADOSCH p. 26
- Les Recherches Expérimentales, par C. PAVLIN p. 32

ACTIVITES DE LA SOCIETE D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

Prix et Médailles décernés pour l'année 1968.

- 1° Distinctions exceptionnelles p. 42
- 2° Médailles d'Or p. 43
- 3° Médailles et Prix spéciaux p. 44
- 4° Médailles de Vermeil p. 46
- 5° Médailles d'Argent p. 48
- 6° Médailles de Bronze p. 49
- 7° Distinctions décernées au titre social p. 49

Publication sous la direction de M. Jacques TREFOUËL

Membre de l'Institut, Président

Les textes paraissant dans *L'Industrie Nationale* n'engagent pas la responsabilité de la Société d'Encouragement quant aux opinions exprimées par leurs auteurs.

Abonnement annuel : 28 F

le n° : 7,50 F

C.C.P. Paris, n° 618-48

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

LA DS 1970

par M. JEAN CADIOU

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MESDAMES, MESSIEURS,

Permettez-moi d'abord, Monsieur le Président, de vous assurer que je ressens pleinement l'honneur d'avoir été invité à prendre la parole au cours de cette réunion de votre Société.

— La meilleure image que je puisse donner de la Maison Citroën, c'est la DS :

— Recherche du progrès réel, et non de l'exploitation de la curiosité devant la nouveauté sensationnelle,

— Volonté de s'attaquer aux problèmes fondamentaux non encore résolus,

— Décision de mettre en œuvre toutes les techniques connues et même de créer des techniques nouvelles pour trouver des solutions.

— Dans cette ligne de conduite, de même qu'André Citroën construisait en 1919 les premières chaînes destinées à produire des véhicules automobiles en grande série en Europe, de même, en 1955, la Maison Citroën lançait, en série, la DS, voiture révolutionnaire, non seulement par sa ligne, mais aussi par les résultats des techniques nouvelles employées, qui allait bouleverser la nature même de l'automobile dans le monde.

— Je dois immédiatement ajouter que la DS a pu être réalisée avec enthousiasme parce que des conditions favorables sont réunies dans notre maison.

Une même passion de l'Automobile réunit un groupe homogène d'ingénieurs et de techniciens.

Avec l'appui sans réserve de notre Direction, elle-même passionnée de progrès, procurant à ce groupe tous les moyens de s'exprimer librement, chacun a pu donner le meilleur de soi-même.

— L'idéal de ces techniciens était une voiture d'une tenue de route irréprochable, profilée comme un avion et dont le confort permettrait d'oublier le contact avec le sol.

Les plus longs voyages sur les parcours les plus difficiles pourraient ainsi se faire rapidement, en grande sécurité et sans fatigue.

* Conférence prononcée à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, à l'occasion de la remise du grand prix Lamy à la Société Anonyme des Usines Citroën, par M. CADIOU, Directeur du Bureau d'Etudes Automobiles de la Société André Citroën de 1943 à 1966 ; Conseiller Technique à la Direction Générale de la Société Anonyme des Automobiles Citroën.

— Comment cet idéal a-t-il été réalisé ? En suivant quelles idées directrices ?

— Ces idées directrices fortement ancrées dans nos esprits étaient : la Sécurité et le Confort. Le confort pour ce qu'il apporte en soi et parce que la diminution ou, mieux, l'absence de fatigue est un facteur essentiel de sécurité.

Les faits nous ont été favorables, nous n'avons pas eu à faire de compromis, bien au contraire. Les caractéristiques de la suspension hydraulique, ainsi que je vous le dirai tout à l'heure, ont apporté une brillante solution commune.

— On parle, et à juste titre, de la Sécurité ; mais il est surtout question de ce qu'on peut toucher, de ce qu'on voit : ceintures, rembourrages multiples, arêtes non coupantes, verres spéciaux.

Tout cela concerne la sécurité seconde, qui a pour effet de diminuer la gravité des conséquences de l'accident, quand il a eu lieu.

— Mais la sécurité première, la sécurité préventive qui est d'éviter l'accident, est pour une très large part déterminée par la conception du véhicule.

Le constructeur a le devoir d'apporter à cette conception tout ce que ses connaissances lui permettent pour que le véhicule soit sûr.

— Quand on parle de véhicule sûr, on pense immédiatement à la tenue de route.

On peut arriver à faire tenir la route à des véhicules de conceptions fort diverses, le trafic actuel en apporte la preuve tous les jours.

Or, ce qui est le plus important, c'est la marge de sécurité que l'on a dans cette tenue.

Dans les divers incidents de parcours auxquels on est exposé constamment, et surtout quand ils sont imprévus, comment va réagir la voiture ? Sera-t-elle tolérante ou aggravera-t-elle la situation en transformant l'incident en accident grave ?

Sur ce point, depuis 1934, la traction AV nous avait déjà apporté la solution.

Aucune hésitation, aucune recherche de principe n'était à faire.

— Cependant, les mots « Traction Avant » ne sont pas une formule magique.

Pour qu'ils prennent tout le sens qu'on leur attribue généralement quand on pense à la Citroën, des conditions strictes d'architecture, de position de centre de gravité, doivent être respectées.

Pendant vingt ans, nous avons acquis une grande expérience sur ces points et la DS en a profité.

— Aujourd'hui, à près de 200 km/h, nous utilisons, avec la même sécurité de conduite, le même soubassement qu'au début à 140 km/h.

Nous avons conservé une structure avec poutres latérales, remplaçant le traditionnel châssis.

L'absence de transmission vers l'AR, les roues AR indépendantes, ont permis le plancher plat et, en plaçant les passagers et les bagages au plus près du sol, nous avons encore abaissé le centre de gravité que nous trouvions toujours trop haut.

— Nous faisons la chasse aux grammes situés au-dessus de ce centre et, sur un point, nous avons été impuissants : le poids des surfaces vitrées que nous voulions très grandes et, malheureusement, placées très haut.

Nous avons néanmoins donné la priorité à la visibilité en offrant un champ panoramique des plus étendus, encore élargi par la minceur des pieds supportant le pavillon et l'absence de montants de déflecteurs d'air.

C'est contraints et forcés que nous avons, dans ce compromis et la seule fois sur la voiture, fait une mauvaise action à l'égard de la tenue de route.

Nous n'avions pas la possibilité de rechercher un matériau léger, nouveau, remplaçant le verre.

Ce problème important reste posé.

Vous devinez sans peine qu'après avoir pris tant de précautions pour abaisser le centre de gravité nous ne soyons pas de chauds partisans du fixe-au-toit.

— Dans l'essieu avant, nous avons mis l'axe du pivot dans le plan de symétrie longitudinal du pneumatique, cet axe passant donc par le point de contact avec le sol.

Il n'y a plus de vibration dans les mains ni aucune réaction pouvant troubler la conduite quand un pneu avant est crevé ou que l'on passe dans des trous ou saignées des hermes de la route.

En cas d'incident de ce genre, et quelle que soit la vitesse, le conducteur garde, en pleine sécurité et sans effort, la maîtrise absolue de son véhicule.

— Vous avez peut-être observé un jour un accident de DS aux conséquences matérielles spectaculaires : avant écrasé, capot relevé, tordu et vous avez pu vous étonner, alors, du fait que l'accident était sans gravité pour les occupants.

C'est que nous avons prévu des structures d'éléments qui, en cas de chocs, absorbent l'énergie en se déformant, préservant ainsi l'habitacle.

Aujourd'hui, les tests imposés par les normes de sécurité — France et Etranger — montrent que depuis quinze ans notre voiture répond aux exigences réglementaires actuelles :

résistance de l'habitacle,
écrasement partie AV,
écrasement partie AR,
volant monobranche déformable, appelé aux U.S.A. « le volant qui sauve la vie ».

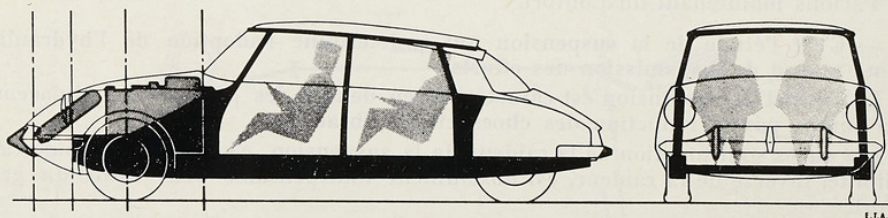


FIGURE 1. — Ecrasement AV/DS en cas de choc.

Pare-chocs. Roue de secours. Longeronnets AV. De même : partie AR — longeronnets AR. Le réservoir d'essence, placé sous le siège AR, est intouchable.

— La forme profilée, très caractéristique, de la carrosserie, apporte elle aussi, par la répartition des poussées aérodynamiques, sa contribution à la stabilité.

— Il a bien fallu penser au ralentissement et à l'arrêt de la voiture, d'autant plus que les freins sont plus sollicités dans une voiture rapide et agréable à conduire.

Nous avons mis des freins à disques, avec un servo-frein à répartition en fonction des charges et, plus tard, une alerte à l'usure des garnitures et une indication des distances d'arrêt au tableau de bord.

CITROEN DS 21 - INDICATEUR D'USURE DES GARNITURES DE FREINS

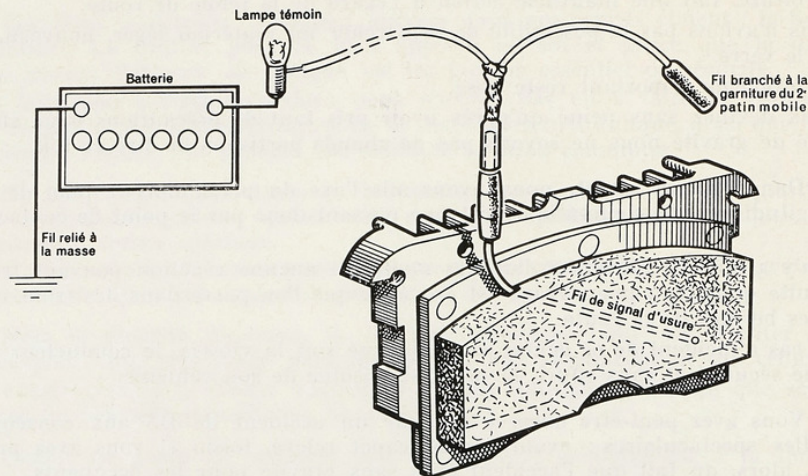


FIGURE 2. — Un fil est placé dans l'épaisseur de la garniture. Quand l'usure limite est atteinte, le disque vient frotter sur le fil, établit un contact et la lampe-témoin s'allume au tableau de bord. Sécurité et protection du disque contre une usure destructive.

— C'est pour toutes ces qualités que la Suède, pays particulièrement sévère à l'égard de la sécurité automobile, a décerné à la DS la médaille d'or de la voiture la plus sûre.

*
**

Parlons maintenant du Confort,

— C'est l'étude de la suspension qui a déterminé l'adoption de l'hydraulique comme moyen de transmission des efforts.

Le confort de suspension est caractérisé, en dehors des périodes de déplacement de la caisse, par la réduction des chocs et des vibrations.

Les chocs sont fonction de la raideur de la suspension, c'est-à-dire qu'une grande flexibilité, inverse de la raideur, est absolument indispensable pour avoir un grand confort.

— Nous étions très exigeants : nous désirions avoir à 140 km/h, mieux que ce que la 2 cv offrait à 60.

— Seules, des flexibilités inconnues à ce jour pouvaient nous donner satisfaction. Nous avons tout essayé, des solutions à base de caoutchouc, des barres de torsion avec ou sans interaction. Un prototype avait 60 kg de barres et une vingtaine de leviers montés sur aiguilles pour diminuer les frottements ; ce n'était pas suffisant. Il nous fallait dépasser les limites des possibilités des matériaux usuels.

— Un autre problème, très grave se posait : celui de l'assiette de la voiture.

Pour une variation de charge minime, on s'en aperçoit en appuyant sur le pare-chocs d'une DS, les déplacements verticaux de la caisse devenaient, et de loin, inacceptables.

Phares Directionnels sur ID/DS

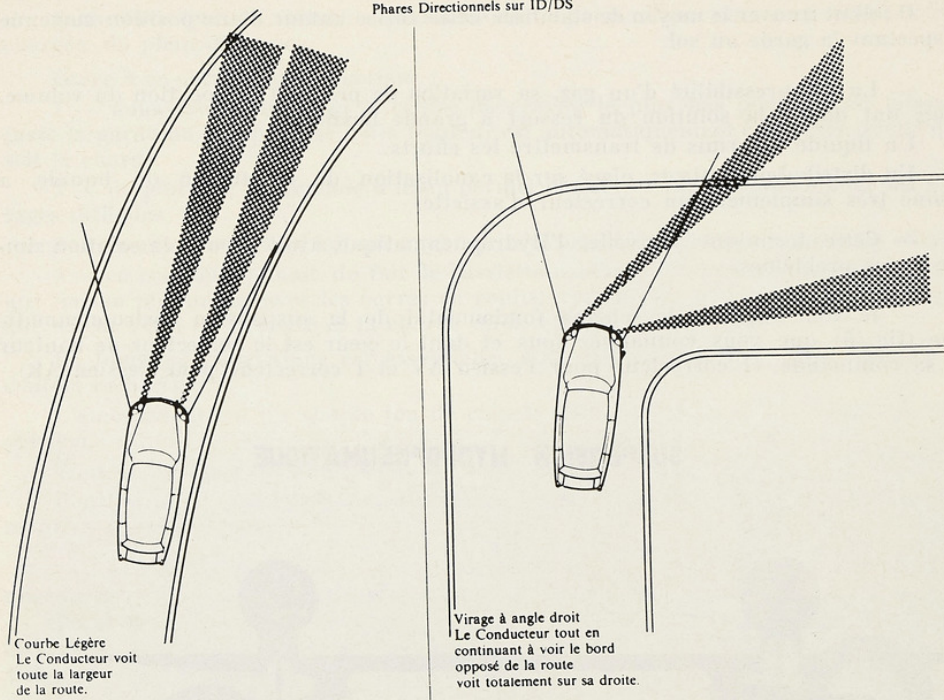


FIGURE 3. — Eclairage pour la sécurité de conduite de nuit.

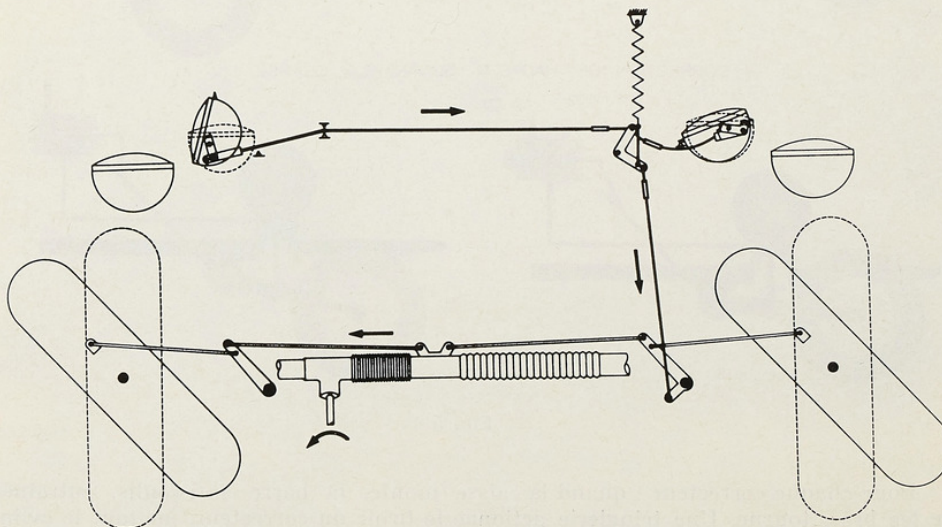


FIGURE 4. — Commande des phares directionnels.
 Levier placé sur relais de direction. Tringlerie à action différentielle
 pour rotation des phares.

Il fallait trouver le moyen de stabiliser cette caisse autour d'une position moyenne respectant la garde au sol.

— La compressibilité d'un gaz, sa variation de pression en fonction du volume, nous ont donné la solution du ressort à grande flexibilité.

Un liquide a permis de transmettre les efforts.

Un distributeur à tiroir, placé sur la canalisation de circulation du liquide, a donné très simplement un correcteur d'assiette.

— Cette technique nouvelle, l'Hydropneumatique, avait apporté la solution simple à nos problèmes.

— Je vous rappelle le schéma fondamental de la suspension hydropneumatique (fig. 5) que vous connaissez tous et dont le cœur est le correcteur de hauteur et sa commande. (1 correcteur pour l'essieu AV et 1 correcteur pour l'essieu AR).

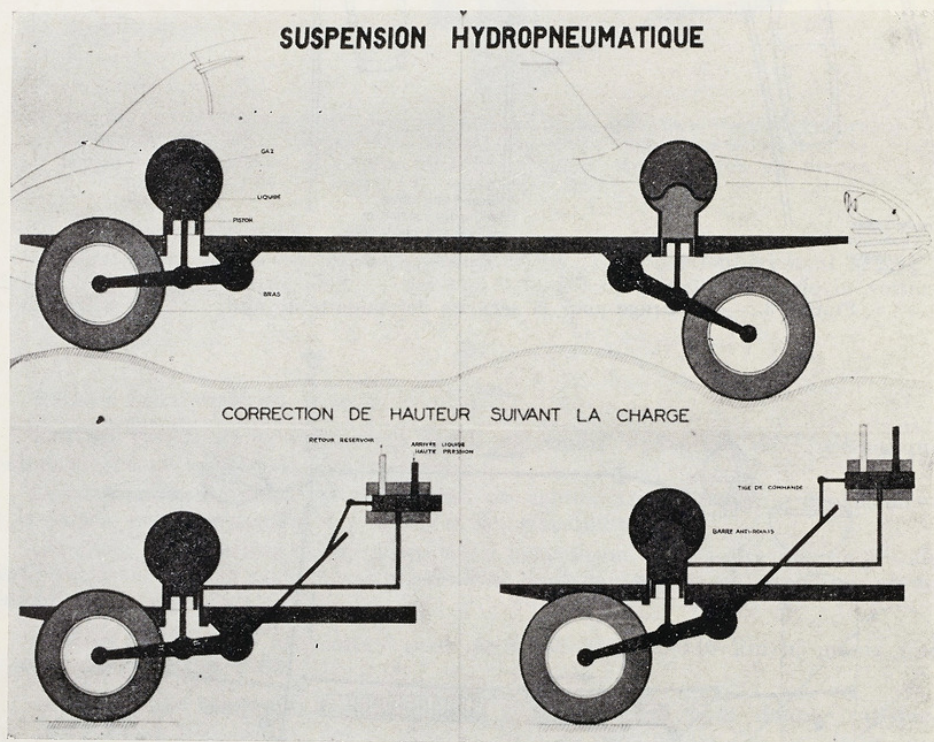


FIG. 5

Pour chaque correcteur : quand la caisse monte, la barre anti-roulis, entraînée par les bras, tourne. Une tringlerie actionne le tiroir du correcteur, mettant le cylindre de suspension en communication avec le retour du liquide au réservoir. La caisse descend jusqu'à la hauteur de la stabilisation. Quand la caisse descend, processus inverse, le tiroir admet du liquide sous pression et la caisse remonte.

Sans correcteur, la voiture s'affaisse sous le poids d'une personne, d'une valise chargée, du plein d'essence.

Grâce à ce correcteur de hauteur :

1 — nous avons pu placer le centre de gravité le plus bas possible, en laissant juste la garde au sol, puisque cette hauteur est automatiquement conservée quelle que soit la charge.

2 — de plus une commande à main permet de lever toute la voiture pour les passages difficiles.

3 — nous avons même fait un aménagement pour changer une roue sans effort.

4 — en conduite de nuit, du fait de l'assiette constante, les phares principaux, par une liaison mécanique avec les barres de roulis, conservent leur portée réelle quels que soient l'état de la route et la charge de la voiture.

La fonction amortisseur est essentielle. Elle doit s'effectuer sans détruire le confort recherché.

L'amortisseur est un simple jeu de clapets entre la sphère et le cylindre de suspension.

Tout ce système de suspension est léger et peu encombrant.

Pour avoir le maximum de sensibilité, toutes les articulations des bras sont montées sur roulements.

— Ces grandes flexibilités ont également donné les autres éléments du confort : une suspension apériodique et une absence totale de galop.

Pour vous donner une idée du changement d'échelle des flexibilités (la flexibilité et le déplacement vertical en mm de la roue pour une augmentation de charge de 100 kg sur cette roue)

11 légère	35 % à l'AV
	45 % à l'AR
celle de la DS	275 % à l'AV
	500 % à l'AR

— L'usage a confirmé depuis que le confort exceptionnel de suspension donné par ces grandes flexibilités, complété par des sièges appropriés et des tapis en caoutchouc mousse, permet effectivement de fortes moyennes sur de longs parcours et sans fatigue.

Eventuellement le passager peut travailler, et s'il le faut, écrire — c'était un test de nos essais — l'expérience vaut la peine d'être faite, comparativement à d'autres moyens de transport terrestres.

Ces fortes moyennes peuvent être réalisées même dans de très mauvaises conditions d'état du sol.

La démonstration en a été faite très souvent et récemment encore, dans le Marathon Londres-Sydney et dans le très dur Rallye du Maroc, où nos voitures ont remporté l'épreuve, sans réparation de la suspension, et sans fatigue pour les équipages.

— On dit aussi que certains malades sont intransportables — c'est souvent parce que les moyens de transport sont inconfortables.

Avec les Ambulances DS, le problème change d'aspect.

**

— Je vous disais précédemment que cette suspension participait efficacement à la Tenue de Route.

— Pour très bien tenir la route, il faut déjà maintenir le contact avec elle, il ne faut pas que les roues quittent le sol.

Or les chocs qu'on ressent dans la caisse sont issus de chocs de la roue sur le sol.

Ces chocs amènent des rebondissements, donc des pertes de contact.

La douceur que l'on ressent dans la voiture est la douceur de roulement de la roue sur le sol.

— La DS a confirmé ce que la 2 CV avait déjà prouvé, que, contrairement à une idée longtemps répandue, tenue de route et confort ne sont pas incompatibles.

Au contraire, on peut améliorer la tenue de route en augmentant les flexibilités, à condition de savoir les maîtriser par une étude correcte de l'amortissement.

— Puisque nous avons été obligés de créer une centrale de pression hydraulique pour la suspension, elle a servi pour le servo-frein et nous en avons profité pour assister la direction et faire un changement de vitesses pratique avec embrayage automatique.

**

— Ces solutions d'avant-garde n'ont pu se satisfaire des fabrications existantes.

— La réalisation en grande série nous a conduits à créer et mettre en œuvre des moyens technologiques nouveaux et, là encore, à faire des progrès.

— Parmi tous les problèmes que nous avons dû résoudre, tant en métallurgie et chimie qu'en usinage, j'ai choisi de vous parler d'un de ceux qui paraissent les plus significatifs : le haut degré de précision requis par les pièces maîtresses de l'hydraulique.

— En effet, on peut vraiment dire que par la DS, Citroën est entré industriellement dans le domaine du micron.

Dans la majorité des organes :

pompe principale,
conjoncteur,
correcteurs de hauteur, dont nous venons de parler,
distributeurs divers,

il n'y a pas de joints pour assurer l'étanchéité.

Par leur frottement, des joints auraient retiré toute sensibilité aux appareils en freinant le déplacement des tiroirs ou pistons dans leurs alésages.

Cette étanchéité est déterminée uniquement par le jeu de fonctionnement.

Le mini de ce jeu est de 1 micron au diamètre pour qu'il n'y ait pas serrage.

Le maxi est de 3 microns au diamètre pour ne pas diminuer le rendement des appareils.

C'est-à-dire qu'il y a un espace de 1/2 micron à 1 micron 1/2 entre les surfaces des parties cylindriques en rapport.

Nous devons faire ainsi 15 000 pièces par jour.

Dans les débuts de la fabrication, nous étions obligés d'apparier les pièces, il y avait 32 classes d'alésages et 32 classes de pistons.

Puis nous avons réduit ce nombre de classes à 10.

Enfin nous n'avons plus apparié du tout et pour cela la cote de chaque pièce a dû être tenue dans un micron bien choisi.

La cote nominale étant de 6,365 mm microns, toutes les pièces mâles sont faites entre 6,364 et 6,365, les alésages entre 6,366 et 6,367.

La combinaison des pièces maxi et mini montre que dans ces conditions, le jeu de fonctionnement résultant reste bien entre 1 et 3 microns.

Cela se traduit par la nécessité d'une plus grande précision, et, pour être sûr de rester toujours à l'intérieur du micron choisi, la tolérance de fabrication est réduite et ne peut varier qu'entre 5/10^e et 7/10^e de micron.

Toutes les pièces sont obtenues directement, sans retouche, dans cette tolérance qui représente une précision de 1/12 000^e de diamètre nominal.

Pour que ce jeu se conserve dans le temps, à l'usage sur voiture, nous avons cherché les meilleurs matériaux et les traitements thermiques les mieux appropriés.

Si on respecte la qualité de l'huile prescrite, sa propreté, par examen périodique du filtre (tous les 10 000 km), toutes ces pièces sont inusables.

Les soins et précautions nécessaires pour la réussite de cette mise au point ont créé une ambiance générale de travail qui a amené une élévation du niveau de qualité des autres organes.

*
**

— Ainsi, avec la traction avant, la 2 CV, la DS et son architecture fonctionnelle, ses freins à disques, son hydraulique, Citroën a ouvert des voies nouvelles, créé des techniques et par le comportement de ses voitures changé fondamentalement le concept même du déplacement.

Certaines de ces voies ont été suivies.

D'autres le seront.

Ce sera toujours au bénéfice de la plus grande satisfaction des utilisateurs et du développement de toute l'industrie automobile.

*
**

— Dans un autre domaine, celui du moteur, pendant de nombreuses années, Citroën a exploré et maîtrisé l'Injection ; les premiers brevets datent de 1947.

Nous avons tenu à acquérir des connaissances profondes dans les domaines de la carburation et de la combustion, ainsi que dans la pratique de l'Injection par des recherches en Laboratoire, sur prototypes et une expérimentation sur une série limitée de camions lancée en 1958.

L'augmentation de puissance du moteur de la DS, les exigences de la réglementation sur la pollution de l'atmosphère par les gaz d'échappement, à concilier avec la consommation mini et la souplesse de marche à tous les régimes ont augmenté l'intérêt de l'Injection.

Citroën l'a appliquée cette année et a choisi la commande électronique mise au point par Bosch.

— L'injection est un système rationnel qui permet de donner au moteur la quantité nécessaire et suffisante de combustible pour un fonctionnement correct dans toutes les conditions d'utilisation, si on tient compte de tous les paramètres liés à ces conditions.

— Après avoir essayé tous les systèmes de commande, le choix de l'électronique a été motivé parce que, en dehors des avantages technologiques que nous verrons tout à l'heure, cette commande permet, par une détection fine, précise d'utiliser tous ces paramètres. Elle est fidèle, les délais de réponse sont instantanés, elle présente une grande sécurité et une grande fiabilité.

Dans son principe élémentaire, l'injecteur est placé dans la conduite d'admission, en amont de la soupape sur laquelle le carburant est injecté de façon intermittente et synchronisée (le début des injections ayant toujours lieu au même moment dans le cycle) (Fig. 6-1).

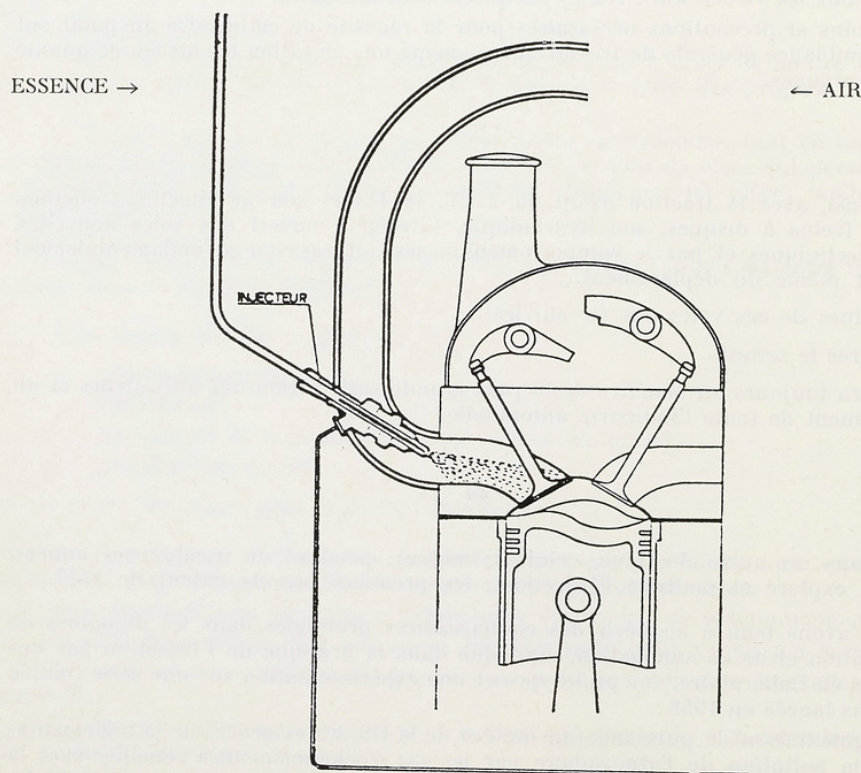
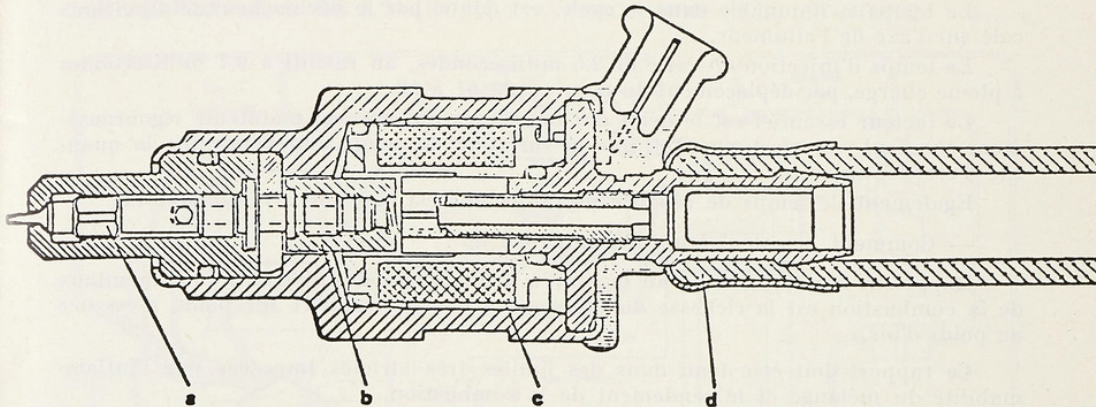


FIG. 6-1

L'injecteur se compose essentiellement d'une aiguille pointeau, solidaire d'un noyau qui est soulevé pendant l'injection par le passage du courant dans un bobinage électromagnétique (Fig. 6-2).



Injecteur. a = aiguille d'injecteur pointeau; b = induit magnétique; c = enroulement magnétique; d = canalisation d'arrivée de combustible.

FIG. 6-2

la levée de l'aiguille est constante (butée),
la section de passage à la sortie est constante,
la pression d'essence est constante.

Donc, la quantité d'essence injectée est fonction du temps pendant lequel l'injecteur est ouvert, c'est-à-dire du temps pendant lequel le courant passe dans le bobinage.

— C'est un calculateur électronique tenant compte des paramètres retenus :

C'est un calculateur électronique tenant compte des paramètres retenus :

nombre de tours-minute du moteur,
pression absolue dans la tubulure d'admission,
température d'eau de refroidissement,
accélération demandée par le conducteur,

qui donnera les signaux d'entrée et d'arrêt du courant dans cette commande électromagnétique.

— Quel est le schéma de fonctionnement de cet injecteur ? (fig. 7).

Au temps a : début du signal ou créneau, donné par le calculateur, l'aiguille se lève et vient en butée (levée 0,15 mm), l'injecteur envoie de l'essence à débit constant (pression constante : 2 kg/cm²).

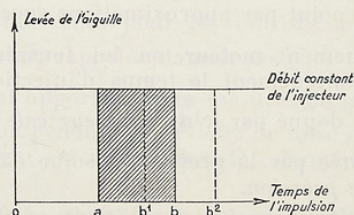


FIG. 7

En même temps, le processus de détermination du temps d'injection par le calculateur est mis en route.

Au temps b , le courant est coupé, fin de l'injection.

Le temps a , immuable dans le cycle, est donné par le déclencheur d'impulsions calé sur l'axe de l'allumeur.

Le temps d'injection ab varie de 2,5 millisecondes, au ralenti à 9,7 millisecondes à pleine charge, par déplacement du point b de b_1 à b_2 .

Le facteur essentiel est le débit des injecteurs qui doit se maintenir rigoureusement constant ; ce n'est, en effet, que la variation du temps qui détermine la quantité d'essence injectée.

Egalement, le temps de réponse de l'injecteur est constant : 1 milliseconde.

— Comment le calculateur détermine-t-il ab ?

Rappelons-nous que, dans un moteur à 4 temps, un des éléments fondamentaux de la combustion est la richesse du mélange carburant (rapport du poids d'essence au poids d'air).

Ce rapport doit être tenu dans des limites très strictes imposées par l'inflammabilité du mélange et le rendement de la combustion.

A l'intérieur de ces limites, la richesse est choisie en fonction de trois facteurs :

- 1) obtenir la puissance maxi lorsque le papillon est grand ouvert ;
- 2) en utilisation papillon entrebaillé, avoir la consommation mini ;
- 3) dans les régimes concernés par les tests anti-pollution de l'atmosphère par les gaz d'échappement, donner satisfaction aux règlements pour les teneurs en oxyde de carbone et les hydrocarbures imbrûlés.

La richesse étant choisie expérimentalement pour tous les points de fonctionnement, le moteur sera étalonné à tous les régimes et à toutes les charges.

La richesse correspond à un débit d'essence et le débit d'essence à un temps d'injection.

Les variations de richesse pourront donc être représentées directement par les temps d'injection.

— On obtiendra un réseau de courbes caractéristiques (spécifiques pour un moteur donné) faisant apparaître :

- 1) le temps d'injection en fonction de la vitesse moteur, à charge constante ;
- 2) le temps d'injection en fonction de la charge, à vitesse moteur constante.

Pour une première détermination, nous faisons au moins 1 000 mesures.

Ces mesures servent à établir les composants électroniques du calculateur qu'il faut vérifier et remettre au point par approximations successives.

— Lorsqu'en fonctionnement moteur, on lui fournira le nombre de tours et la charge, il calculera instantanément le temps d'injection.

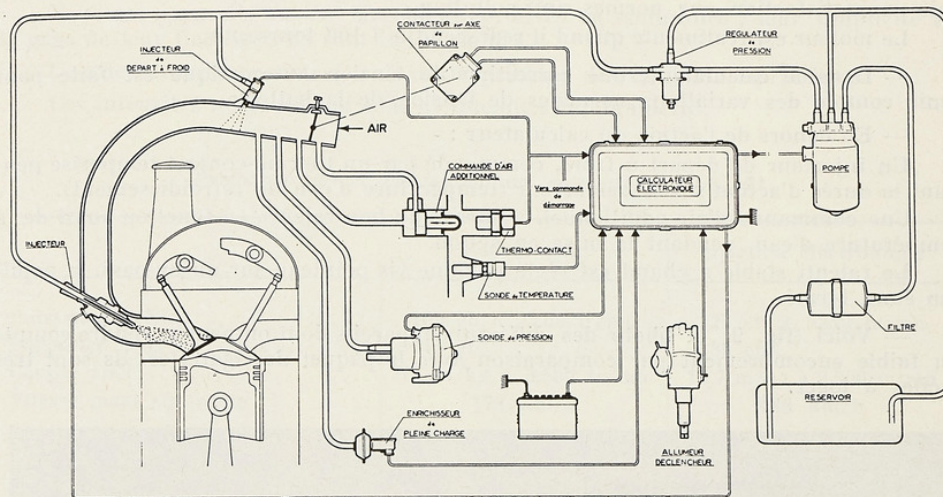
Le nombre de tours est donné par le déclencheur calé sur l'allumeur.

La charge est représentée par la pression absolue dans la tubulure d'admission et donnée par une sonde de pression.

Cette sonde est constituée par un jeu de boîtiers manométriques sous vide qui déplacent un noyau à l'intérieur d'un bobinage électromagnétique.

Le déplacement de ce noyau provoque une variation de la réluctance du circuit magnétique qui transmet au calculateur une variation de l'intensité du courant.

SCHEMA GENERAL DE L'INJECTION A COMMANDE ELECTRONIQUE FIG. 8



ALIMENTATION EN AIR

Après le filtre, un boîtier portant le papillon, puis 4 conduits — 1 par cylindre formant un circuit accordé — une suralimentation dynamique est obtenue en utilisant les modulations du courant gazeux dans les conduits.

ALIMENTATION EN ESSENCE

- Réservoir de 65 litres.
- Filtre à éléments en papier.
- Pompe électrique noyée dans l'essence, type à palettes (rouleaux).
- Régulateur de pression 2 kg/cm².
- 4 injecteurs : 1 par cylindre, alimentés en parallèle.

CONTACTEUR SUR AXE DE PAVILLON

Commandant :

- 1) la coupure de l'injection quand, papillon fermé, le moteur est entraîné par la voiture ;
- 2) les injections additionnelles pour les reprises.

Les autres appareils sont rappelés dans le texte.

— Des corrections sont apportées à ces mesures de base :

Une correction continue pendant la période de mise en action, quand la température d'eau de refroidissement est inférieure à 45°, donnée par la sonde de température qui est une thermistance.

Un enrichisseur de pleine charge qui permet d'obtenir la puissance maxi quand le papillon est grand ouvert.

Injection additionnelle commandée directement par le papillon pour les reprises.

Papillon fermé quand le moteur est entraîné par la voiture, un contact sur l'axe de papillon fait couper l'arrivée d'essence.

Dans ces conditions de marche, la carburation est très mauvaise et ne donnerait pas satisfaction aux normes anti-pollution.

Le moteur est réalimenté quand il redescend à 1 100 tours/mn.

— Dans le calculateur, une correction de tension automatique est faite pour tenir compte des variations normales de tension de la batterie.

— En dehors de l'action du calculateur :

Un injecteur de départ à froid, commandé par un thermo-contact temporisé pendant la durée d'action sur le démarreur (température d'eau de refroidissement).

Une commande d'air additionnel, assurant un bon ralenti, en fonction aussi de la température d'eau, pendant la mise en action.

Le ralenti stable à chaud est réglé par une vis pointeau sur un by-pass, le papillon étant fermé.

— Voici (fig. 9) la photo des différents appareils dont on peut se rendre compte du faible encombrement par comparaison avec le paquet de cigarettes. Ils sont très faciles à loger.

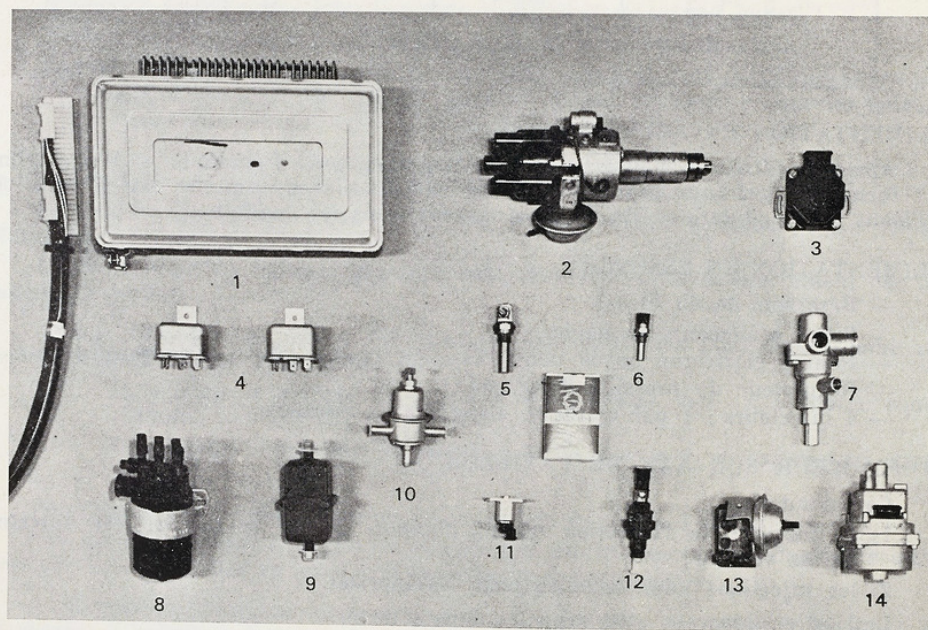


FIGURE 9

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. — Calculateur électronique. | 8. — Pompe à essence. |
| 2. — Allumeur-déclencheur. | 9. — Filtre à essence. |
| 3. — Contacteur sur axe de papillon. | 10. — Régulateur de pression. |
| 4. — Relais électriques. | 11. — Injecteur départ à froid. |
| 5. — Thermocontact temporisé. | 12. — Injecteur principal. |
| 6. — Sonde de température. | 13. — Enrichisseur pleine charge. |
| 7. — Commande air additionnel ralenti. | 14. — Sonde de pression. |

— Technologiquement, sauf l'allumeur qui existe déjà, ces appareils n'ont pas besoin d'être entraînés mécaniquement par le moteur. On peut choisir librement leur emplacement ; c'est ainsi que le calculateur est placé dans l'habitacle, sous la planche de bord.

Peu de pièces en mouvement : pas d'usure.

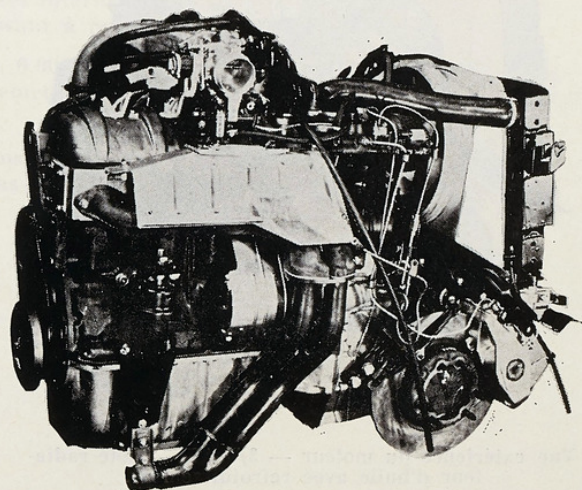
Tous ces appareils ont été largement éprouvés en endurance ; leur simplicité est le gage de leur fiabilité ; ils sont indéréglables.

Le calculateur est construit suivant le principe des circuits imprimés.

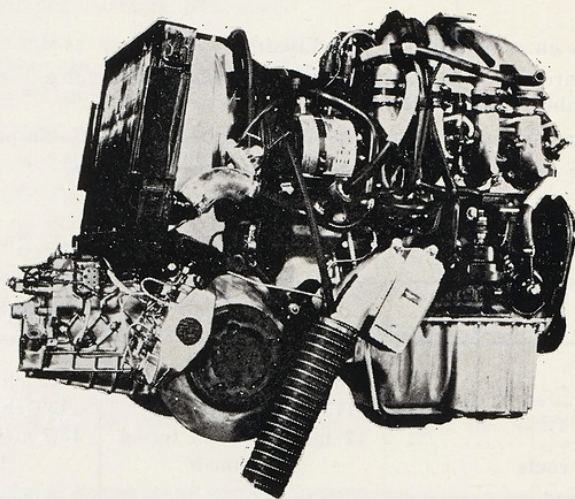
Les intensités mises en jeu sont de quelques milliampères.

Performances et consommation comparées - DS. 21

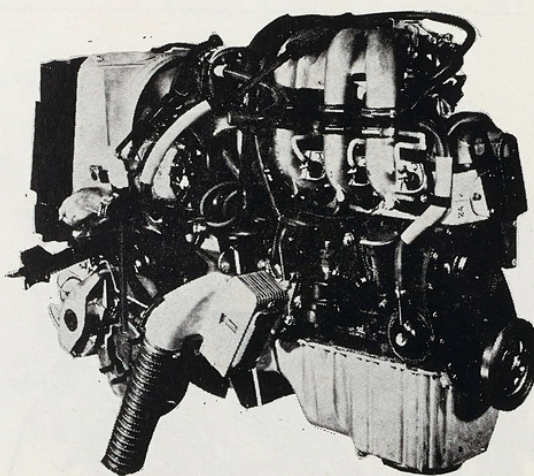
	Carburateur	injection électronique
Puissance DIN	106 ch à 5.550 tr/mn	125 ch à 5250 tr/mn
Puissance SAE	115 ch	139 ch
Couple DIN	17 m/kg à 3.500 tr/mn	18,7 m/kg à 2.500 tr/mn
Vitesse maxi sur route	178 km/h	188 km/h
Accélérations :		
0 à 400 m départ arrêté	19 secondes	18,2 secondes
0 à 1.00 m départ arrêté	35 secondes	33,7 secondes
Consommation DIN		
110 km/h + 10 %	11,27 l	10,38 l



Vue extérieure du moteur.
Côté admission-boîtier du papillon.



Vue extérieure du moteur. Côté injecteurs.



Vue extérieure du moteur — 3/4 AR — Côté radiateur d'huile avec refroidissement.

— Pour l'utilisateur :

La puissance est augmentée.

Les performances améliorées.

Les départs à froid sont automatisés et permettent l'utilisation immédiate du moteur ; il n'y a pas de starter.

Une très grande souplesse d'utilisation, donnant un très grand agrément de conduite, particulièrement en ville où le moteur est utilisable sur tous les régimes de boîte dès le régime du ralenti.

Une économie appréciable de consommation.

— Je dois souligner que l'augmentation de puissance a pu être obtenue parce que, depuis le Salon 1965, la DS a un moteur entièrement nouveau super carré, conçu autour d'une architecture de base du vilebrequin à 5 paliers, au lieu de 3 pour l'ancien moteur.

Dès 1965, l'évolution de ce nouveau moteur était prévue, ce qui a permis de disposer de 109 SAE ch au départ, puis 115 au Salon 1968 et 139 au Salon 1969, les améliorations successivement apportées assurant toujours la même longévité.

— En ce qui concerne la vitesse maxi, 188 km/h, il faut également dire que Citroën est un des rares constructeurs à ne donner, ni suggérer une quelconque restriction d'emploi sur les autoroutes, particulièrement les autoroutes italiennes sur lesquelles on peut atteindre et utiliser cette vitesse maxi et, en leur saison, dans les conditions de températures extérieures les plus élevées.

Pour cela, un radiateur d'huile a été placé sur le côté du moteur et toute l'aérodynamique des circuits de refroidissement a été réétudiée.

Nous recommandons simplement de ne pas dépasser 6.000 tr/mn au moteur, ce qui est facilement repérable par la zone rouge placée à cet effet sur le compte-tours électronique du tableau de bord.

Sur les vitesses intermédiaires, cela donne la meilleure utilisation du moteur, la puissance décroissant à partir de 5 500 tours.

En 4^e vitesse, 6 000 tr/mn correspondent à 198 km/h, vitesse qu'on ne peut atteindre que très rarement, si la circulation le permet, en cas de descente ou vent arrière.

Nous estimons donc que cette recommandation nous autorise néanmoins à affirmer qu'il n'y a pas de restriction à l'utilisation de cette voiture.

*La fluidique **

Naissance et développement d'une technique

Introduction

par M. JEAN BERTIN

La fluidique, c'est-à-dire l'amplification fluide et la logique pneumatique sans pièces mobiles, représente une technique nouvelle dont les conséquences industrielles promettent maintenant d'être considérables.

MM. Kadosch et Pavlin vont, tout à l'heure, vous en exposer les principes et l'essentiel des applications prévisibles aujourd'hui. Je ne veux donc pas me lancer dans la présentation du fond même du sujet et je resterai sur un plan de généralité correspondant mieux à ma fonction actuelle, qui est davantage de créer un climat convenable pour l'action de spécialistes qualifiés que d'interférer trop directement avec leurs travaux.

Pour situer néanmoins le sujet, je dirai que le moyen le plus simple de qualifier cette technique — peut-être d'une manière qui fera sourire certains scientifiques — est d'avancer que l'amplification

fluide est en quelque sorte l'analogue de l'électronique, mais faite cette fois avec des courants de molécules fluides au lieu de flux d'électrons. Il en résulte bien sûr des limitations dues au fait que le rapport des masses étant évidemment très élevé, les fréquences auxquelles des chaînes d'amplification fluide pourront travailler seront généralement beaucoup plus basses que celles de l'électronique. Actuellement, on peut penser que les plages des fréquences admissibles s'étendront jusqu'à un maximum d'environ 15 à 20 KHz.

En dehors de ces inconvénients, il y a, par contre, des avantages importants que je rappelle simplement :

- insensibilité à la température et aux rayonnements,
- possibilité de rapports d'amplification par étage considérables.

* Conférences prononcées à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale par Jean Bertin, Président-Directeur Général ; Marcel Kadosch, Conseiller scientifique ; Cyrille Pavlin, Ingénieur en chef de la Société Bertin et C^{ie}.

Ceci étant dit, il me paraît utile de vous décrire le processus historique de la naissance de cette nouvelle technique. Il permettra de mieux saisir les mécanismes complexes de la recherche, de préciser les qualités que l'on attend des hommes qui s'y consacrent et de montrer à quel point ce sont les faits qui comptent dans une certaine physique et non uniquement les théories préalables qu'il faut savoir utiliser, mais dont il ne faut pas être prisonnier à l'instar de certains qui croient qu'elles sont la seule clé du progrès. Ceci est l'illustration d'un vieux débat : celui selon lequel le physicien doit savoir observer avant même d'être bon théoricien. L'idéal serait évidemment de combiner ces deux qualités chez le même homme; mais, à la limite, en exagérant les choses dans un simple but de démonstration, je dirai qu'il vaudrait mieux un physicien qui sait bien observer et obéir aux faits mais sans moyens mathématiques personnels suffisants qu'une équipe de théoriciens trop abstraits. La raison en est simple : le physicien qui sait observer pourra toujours s'adjoindre l'aide d'un mathématicien valable et leur équipe sera efficace alors que les théoriciens purs ne pourront rien faire de valable sans les points de départ donnés par l'observation des phénomènes physiques, faite avec l'humilité nécessaire. La soumission de la nature à la volonté de l'homme peut s'envisager plus tard lorsque l'on est entré dans la phase de la pleine connaissance des processus physiques qui permet des applications pratiques et systématiques; mais, au départ, pour l'acquisition des connaissances, c'est l'inverse, c'est-à-dire la soumission à la nature qui doit être la règle.

Ainsi, MM. Kadosch, Paris et moi-même nous trouvions engagés en 1946 à la S.N.E.C.M.A. sous la direction de M. l'Ingénieur Général Marchal, dans la recherche de diodes fluides permettant d'obtenir des pulso-réacteurs sans pièces mobiles. Ce sont ces recherches qui ont conduit à l'Escopette, dont certains se souviendront, et qui a permis de motoriser plusieurs planeurs Emouchet. Les performances thermodynamiques de ces engins étaient extrêmement intéressan-

tes; seul le bruit trop intense a réellement été un obstacle à leur développement.

Un jour, au cours d'un essai sur une diode d'un type particulier, le courant d'air, au lieu de sortir axialement comme prévu, puisque le système était de construction symétrique, s'échappait perpendiculairement à l'axe. Nous avons eu la chance, à cette époque, que les deux metteurs au point effectuant ces essais et ayant observé ce phénomène nous alertent immédiatement. Nous avons donc pu essayer d'analyser et de comprendre ce qui se passait. Dans un premier stade, nous y avons vu un phénomène semblable à ce qu'on appelle l'effet Coanda, c'est-à-dire l'attachement d'un jet à une paroi, qui était d'ailleurs connu depuis longtemps des spécialistes puisque signalé depuis le dix-huitième siècle par Young et décrit en détail par M. Bouasse, Professeur à la Faculté de Toulouse, dans ses célèbres livres.

Sous cette forme, il n'y avait là rien de bien neuf. Mais en jouant avec l'appareil, pourrait-on dire, nous nous sommes aperçus que la déviation du jet pouvait être *produite et supprimée à volonté*; de plus, nous avons constaté que la cause de cette déviation résidait dans un défaut d'alignement extrêmement faible de deux pièces. Disons pour illustrer ceci que ce défaut d'alignement était de l'ordre de quelques centièmes de l'épaisseur de la veine fluide. Nous venions ainsi de découvrir le mécanisme fondamental à la base de toute la fluidique, c'est-à-dire permettant à un jet fluide de suivre à volonté deux ou trois trajets différents en jouant sur un seul paramètre et n'intéressant qu'une portion infime de ce jet (fig. 1). Il s'agissait véritablement de quelque chose de très nouveau puisque les brevets couvrant cette technique ont été accordés à la S.N.E.C.M.A. dans presque tous les pays du monde. D'ailleurs, il est amusant de rapprocher le schéma d'un des appareils décrit dans les brevets de l'époque de celui du module fondamental de la fluidique (fig. 2 et 3). Vous constaterez que l'analogie est saisissante.

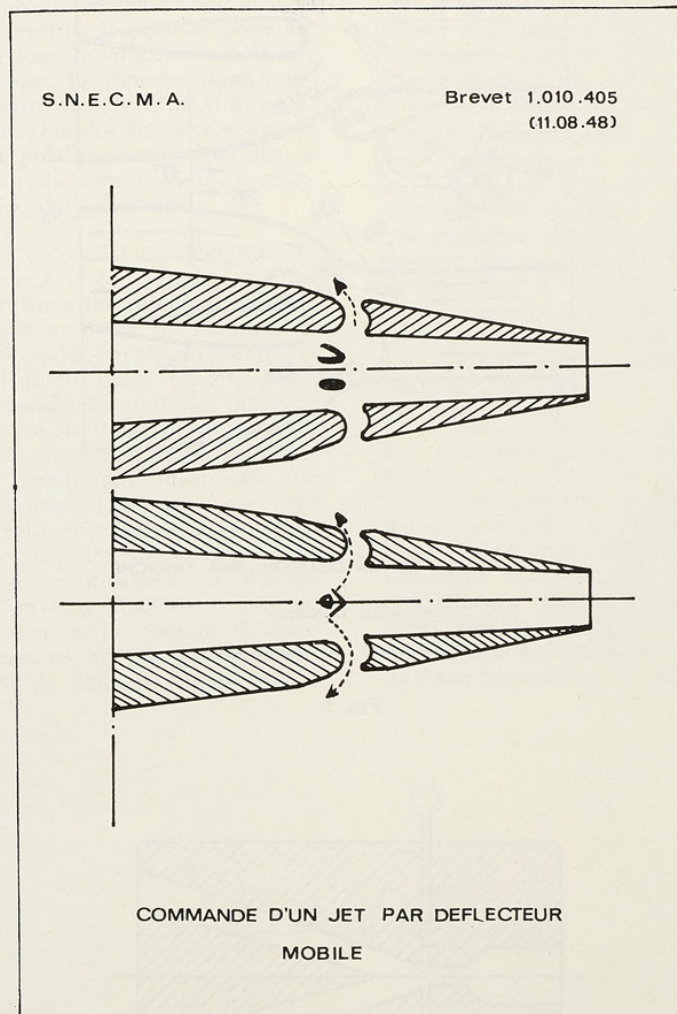
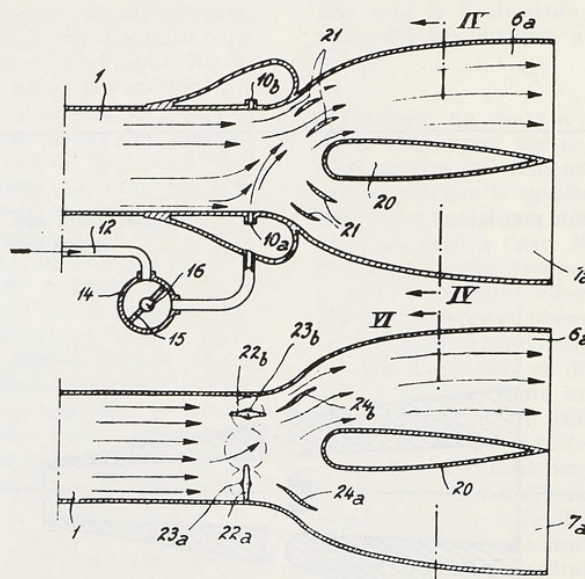


FIG. 1



COMMANDE DE LA DILUTION PAR TRANCHE

Commande fluïdique

Commande par obstacles tournants

FIG. 2

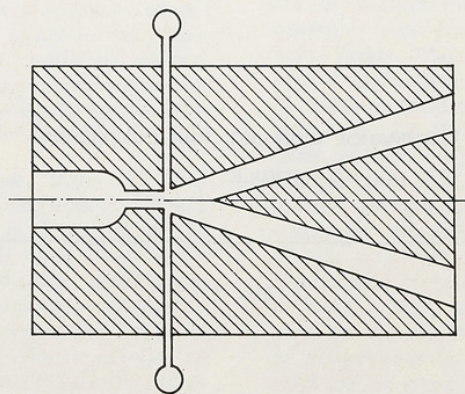


FIG. 3

Une fois en possession de ces résultats, nous avons évidemment cherché ce à quoi cela pouvait bien servir. Aidés par M. Racine, Ingénieur en Chef à la S.N.E.C.M.A. à cette époque, nous nous sommes orientés, dès 1948, vers la réalisation d'inverseurs de poussée pour les avions à réaction. Je voudrais souligner, à cette occasion, la répercussion mondiale des travaux de la S.N.E.C.M.A. puisqu'on sait que l'emploi des inverseurs de poussée s'est pratiquement généralisé à tous les appareils commerciaux à réaction en service dans le monde.

Le premier dispositif de déviation de jet sur réacteur a fonctionné en juin 1949. C'était incontestablement le premier amplificateur fluide du monde; ses performances étaient d'ailleurs extraordinaires puisqu'en deux étages, c'est-à-dire une main actionnant — grâce à un robinet — le soufflage produisant un obstacle fluide placé dans le jet principal du réacteur contenant lui-même une énergie d'environ 4.000 kw, on était capable de retourner celui-ci vers l'arrière en une fraction de seconde. Le coefficient d'amplification en énergie était donc d'environ 20.000 soit 140 par étage. Seulement voilà, comme M. Jourdain, nous avions un peu fait de l'amplification fluide sans le savoir, car, à

l'époque, nous n'avions pas bien entrevu la portée si générale de la chose.

Il faut reconnaître une bonne part de ce mérite aux Ingénieurs américains et russes. Partant du schéma de base, ils ont vu qu'il pouvait être miniaturisé et donner naissance à toute une série de composants pouvant permettre, comme l'électronique, aussi bien la logique que l'amplification proportionnelle.

Heureusement, notre expérience antérieure et une bonne information nous ont permis de prendre conscience de cette nouvelle évolution dès son départ. L'engagement immédiat de recherches rendues d'autant plus faciles et efficaces qu'elles étaient conduites tant par M. Pavlin que par M. Kadosch, qui avaient participé autrefois aux études de déviation de jet, a permis d'obtenir très vite des résultats importants et originaux.

C'est ainsi que notre pays, qui peut être considéré comme l'initiateur de la fluidique du fait des travaux de la S.N.E.C.M.A. de 1946 à 1955, peut maintenant prétendre à une place de choix pour l'application industrielle de cette technique nouvelle grâce aux efforts de nos équipes aidées d'abord financièrement par la D.G.R.S.T. puis relayées maintenant par celles de la S.O.G.E.V. et de l'AIR LIQUIDE sur le plan industriel.

Historique des premières recherches

par M. MARCEL KADOSCH

M. Bertin vous a exposé comment nous avons fait, en quelque sorte, de la fluidique sans le savoir, entre 1946 et 1956. Je vais pour ma part vous exposer comment nous avons réagi en apprenant l'existence de travaux américains et soviétiques, sous quelle forme nous avons utilisé notre acquis de connaissances et de méthodes pour inaugurer des recherches fluidiques selon des idées qui nous étaient propres, et sur la base desquelles nous avons demandé l'appui de la D.G.R.-S.T. pour tenter de créer des solutions françaises. Ensuite M. Pavlin vous exposera les travaux que nous avons effectués dans le cadre de l'action concertée de la D.G.R.S.T. à partir de 1965, puis avec AIR LIQUIDE et S.O.G.E.V.

Lorsque nous prenons connaissance, vers 1963, des travaux américains et soviétiques, qui ont débuté en 1959-1960, nous reconnaissons des schémas qui nous sont familiers, et l'utilisation de phénomènes que nous avons abondamment explorés.

Cette fois-ci on emploie pour les décrire le langage nouveau des automatismes industriels, et notre première tâche est de dégager les concepts sous-jacents pour les confronter à notre expérience acquise, et aussi à notre propre méthodologie, notre technique d'emploi de ces phénomènes. Avec les automatismes, il ne s'agit pas, à proprement parler, d'une application nouvelle extra-aéro-

nautique, car le langage des automatismes particulièrement ambitieux, tend plutôt à englober ce qui l'a précédé comme une de ses branches.

Ainsi, nous nous proposons dans nos appareils, d'obtenir un effet directionnel ou d'hypersustentation, ou l'inversion de la poussée, ou la commande par striction de la poussée elle-même, ou bien la dilution par tranches, ou encore un effet redresseur de poussée dans nos pulso-réacteurs à diode fluide. En automatique, tous ces résultats utiles, et tous les autres résultats utiles imaginables, sont englobés sous le nom générique de *signaux de sortie*. Les moyens mis en jeu pour les obtenir s'appellent signaux de commande ou d'entrée; le résultat est obtenu avec amplification de puissance si la puissance du signal de commande n'est qu'une fraction de la puissance de signal de sortie.

Un automatisme industriel est lui-même défini, dans les livres, comme un système qui sous l'action d'une grandeur à l'entrée, fournit une grandeur de sortie amplifiée en puissance, et dont la relation avec l'entrée est contrôlée par une boucle de retour ou de réaction. Mais c'est vraiment restreindre beaucoup les applications que de les réduire à celles où la relation entre la sortie et l'entrée est contrôlée automatiquement, et il y a déjà fort à faire en Fluidique avant d'aborder les automatismes.

Examinons en effet comment le concept de Fluidique s'est formé progressivement, et de quoi s'est composé notre contribution aux différentes étapes de ce concept.

Il a fallu tout d'abord reconnaître l'existence de ce que nous appelons un *effet fluidique*, c'est-à-dire un phénomène aérodynamique qui permette de sensibiliser un écoulement fluide, par

exemple un jet, à une action extérieure, de préférence fluide.

Un de ces effets bien connu des aérodynamiciens est l'effet Coanda. En vérité il est connu depuis fort longtemps. La déviation d'un jet produite par une paroi courbe, par exemple par le contour d'une bouteille, est une expérience qui a été décrite par le physicien Young en 1806. L'action extérieure qui produit la dévia-

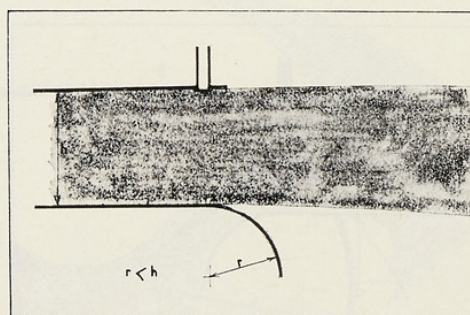


FIG. 1

tion du jet d'air consiste à rapprocher la bouteille du jet ou le jet de la bouteille. Ce n'est pas une action fluide. C'est la forme ronde, convexe vers le jet, de la paroi de la bouteille, qui sensibilise le jet et arrive à le dévier, à condition que son rayon soit beaucoup plus grand que l'épaisseur du jet. Mais on ne peut pas dire, dans une telle expérience, que la déviation du jet soit commandée, du moins par des moyens fluides. Le phénomène aérodynamique est utilisé tel qu'il se présente.

Voici comment nous l'avons modifié pour pouvoir le commander à volonté, et par des moyens fluides. La commande par des moyens fluides d'un phénomène sensibilisé ou effet fluidique constitue la deuxième étape pour arriver à la Fluidi-

que. La figure 1 montre qu'un jet n'est pas sensibilisé et passe tout droit lorsqu'on place à son côté une paroi ronde convexe dont le rayon n'est pas plus grand que l'épaisseur du jet. Supposons alors (figure 2) qu'un jet auxiliaire transversal au premier joue le rôle d'un signal de commande. En l'absence de cette paroi courbe, le jet serait dévié d'un petit angle, disons la moitié de celui qui est représenté et surtout il serait incurvé de telle sorte qu'il épouse la forme de la paroi courbe, qui se trouve donc en état de sensibiliser le jet et d'amplifier la déviation produite par la commande, alors qu'elle est sans action en l'absence de commande, (fig 1). De plus, la déviation ainsi obtenue peut varier progressivement en fonction de la commande.

C'est ce phénomène que nous avons découvert et appliqué aux nombreux appareils dont vous a parlé M. Bertin. Suivant le cas nous utilisons la déviation progressive (dans une tuyère directionnelle) ou la déviation par tout ou rien (dans un inverseur de poussée) on peut obtenir l'un ou l'autre de ces résultats en jouant sur la forme des canaux récepteurs du jet à la sortie. Ces appareils nous les avons effectivement réalisés, et

nous avons développé toute une technologie et une technique d'emploi de la commande par jet à la suite d'études théoriques et expérimentales approfondies qui nous ont permis de mettre en évidence les paramètres auxquels le phénomène était sensible.

Naturellement, nous avons songé à adapter cette technique de commande, et notre méthodologie générale, à la réali-

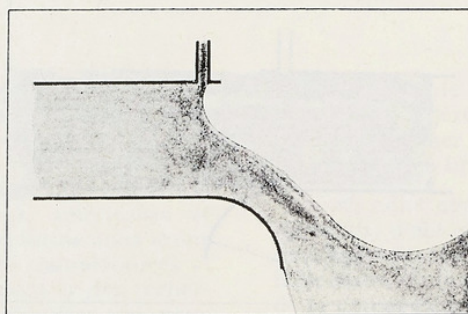


FIG. 2

sation d'amplificateurs à fluide, mais nous savions fort bien dès le départ, qu'on ne pouvait réaliser des amplificateurs à fluide en se contentant de réduire l'échelle des appareils que nous avions conçus, car cette réduction conduisait à construire des fentes de soufflage irréalisables parce que trop minces. Nous savions aussi que quelle que soit la technologie qui s'imposait, le phénomène n'en restait pas moins régi par l'équilibre transversal des quantités de mouvement dans tous les cas.

Nous avons constaté que de très nombreux chercheurs se consacraient à l'étude de l'attachement d'un jet par une paroi plane déviée. C'est un autre effet fluidique également connu depuis long-

temps : on en trouve une description détaillée dans le livre de Bouasse : *Tourbillons*.

C'est une variante très intéressante de la déviation par une paroi courbe : le jet qui entraîne l'air autour de lui crée un certain vide qui l'attire vers la paroi vers laquelle il se tourne pour s'y attacher : entre l'orifice du jet et le point d'attachement il règne une zone de dépression qu'on appelle bulle de séparation : si un conduit de commande est aménagé pour apporter de l'air dans cette bulle ou pour en retirer, on peut ainsi commander la déviation du jet par attachement à la paroi qui est un phénomène par tout ou rien, sans progressivité.

Il est bien évident qu'ayant le souci de développer une technique qui nous était propre et qui pouvait contribuer à la création d'une Fluidique française, nous nous sommes plutôt préoccupés, au début, d'étudier et d'appliquer la déviation d'un jet sensibilisé par adhérence à une paroi courbe (fig. 3) : la configuration

aérodynamique est assez différente de la précédente : il n'y a pas de bulle de séparation suivie d'un attachement du jet ; l'écoulement suit une paroi le long de laquelle une couche limite se développe. Le jet incurvé est soumis à une force centrifuge équilibrée par une différence de pression, c'est-à-dire que la

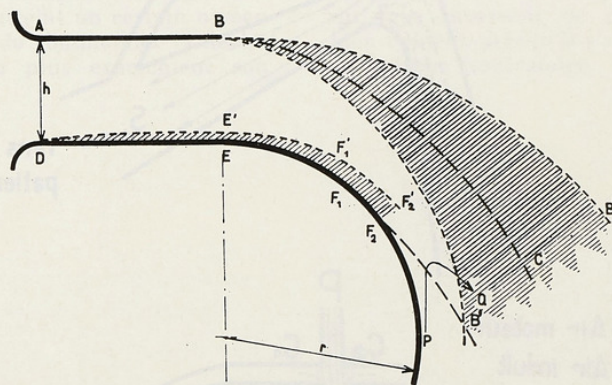


FIG. 3

pression en E est inférieure à la pression atmosphérique qui règne en B. Donc la couche limite qui finit par se décoller en un point F où la pression devient à nouveau atmosphérique, doit surmonter de E en F une différence de pression, qui est égale à la différence de pression entre B et E qu'on aura réussi à établir pour dévier le jet.

Nous avons consacré, à l'étude théorique de cette configuration d'un jet dévié entre une couche limite incurvée et une zone de mélange, un effort important qui constitue l'une de nos principales contributions à l'avancement des études théoriques de fluidique. D'autres études théoriques ont également porté sur la

déviations par adhérence à une paroi plane.

Quelle est la toute première application que nous avons faite de ces idées ?

Nous avons eu la chance au début de l'année 1964 de nous trouver en relation avec les médecins de l'équipe du professeur Israël-Asselain à l'Hôpital Foch. De nos conversations est née l'idée de faire un respirateur artificiel sans pièces mobiles, susceptible d'apporter une aide aux insuffisants respiratoires, tant à l'inspiration qu'à l'expiration, ou de servir d'appareil de secours aux asphyxiés.

Voici (fig. 4) le schéma de l'appareil que nous avons réalisé, en juin 1964 :

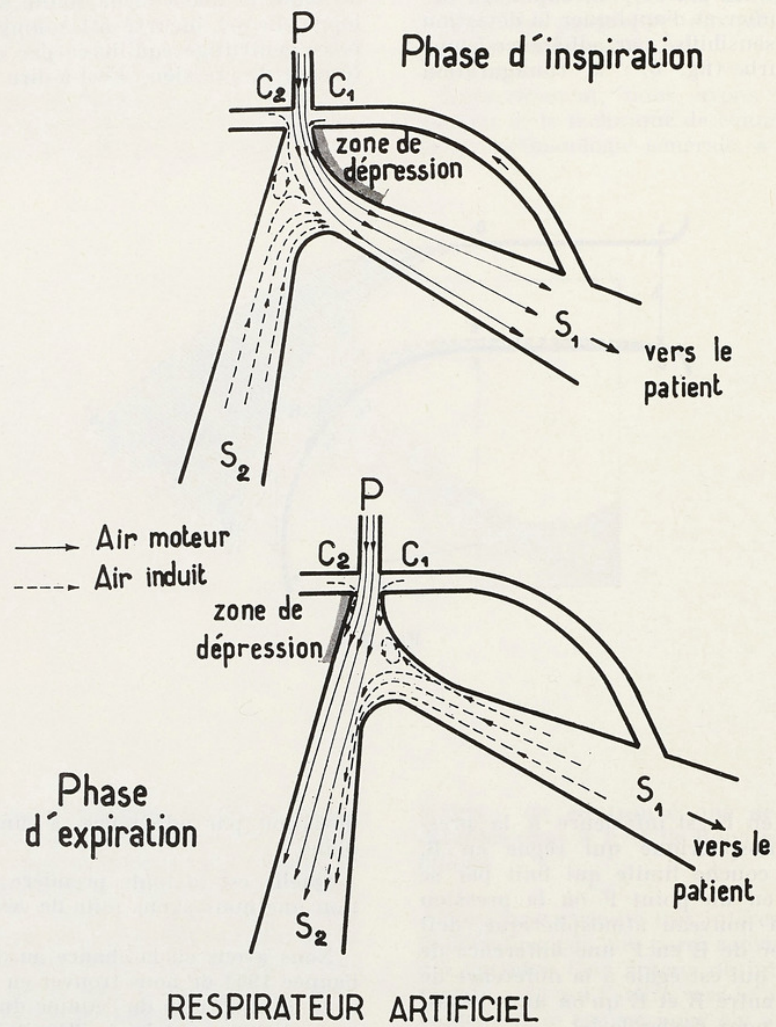


FIG. 4

c'est un déviateur de jet à 2 branches, alimenté par une source d'air oxygéné. Une des branches comporte une paroi courbe que l'écoulement suit pour alimenter le poumon, pendant la phase d'inspiration. L'équilibre du jet est assuré par la zone de dépression, un conduit de commande placé en face ayant pour rôle de maintenir l'autre face du jet à la pression atmosphérique. Mais la pression produite dans le poumon par l'alimentation est transmise à l'entrée par ce conduit de réaction ; lorsque la pression atteint un certain niveau elle est capable de commander la déviation du jet, ou plus exactement son

décollement de la paroi courbe. Le jet passe alors dans l'autre branche, et occupe une position qui lui permet d'aspirer par effet de trompe l'air vicié de la cavité branchée sur le poumon. Cette aspiration à son tour produit dans le conduit de réaction un vide qui commande à nouveau la déviation vers la paroi courbe et l'alimentation de la capacité pulmonaire.

Notre première réalisation a donc consisté à utiliser la déviation à paroi courbe dans sa version par tout ou rien du type inverseur de poussée. C'était bien évident puisqu'il s'agissait d'imiter un rythme respiratoire.

Contribution de la Société Bertin et Cie au développement de la fluidique : Les recherches expérimentales

par CYRILLE PAVLIN

Cet exposé traite brièvement des travaux spécifiques effectués à la Société Bertin et Cie dans le domaine de la fluidique. Ils ont été menés d'abord sur les fonds propres de la Société à partir de 1963. Son effort s'est trouvé soutenu à partir de la fin de 1965 par un crédit de recherche de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

Dès le début des travaux deux configurations d'écoulement ont fait l'objet d'une attention particulière : l'attachement du bord courbe provoquant ou facilitant la déviation d'un jet et la réflexion sur une paroi inclinée vers le jet. De là, sont issues deux lignes de produits tant analogiques que logiques.

A partir du démarrage de l'action concentrée soutenue par la D.G.R.S.T., les axes de recherche ont été explicitement définis et délimités.

Rappelons qu'un amplificateur fluide combine un jet sensibilisé et une action de commande. Les procédés connus de sensibilisation d'un jet sont assez nombreux. Ils reposent essentiellement sur :

— L'attachement à une paroi plane ou courbe.

- Le mouvement tourbillonnaire.
- Le régime d'écoulement.
- L'impact de jets.

Un jet de commande peut agir par accumulation de débit, par effet de pression (y compris la pression acoustique), ou par sa quantité de mouvement.

L'action concertée rassemblait initialement trois Sociétés :

- La Compagnie des Compteurs par sa filiale C.E.R.E.G.
- La Société Générale du Vide (S.O.G.E.V.).
- La Société Bertin et Cie.

L'Université de Toulouse s'y est ensuite associée en poursuivant des études fondamentales.

Il a été entendu, dès l'origine, que la C.E.R.E.G. explorerait les possibilités des amplificateurs à turbulence et à impact, tandis que la Société Bertin et Cie examinerait les amplificateurs fluides à attachement et à tourbillon. Pour sa part, la S.O.G.E.V. s'est plus particulière-

ment intéressée aux problèmes de mise en forme des circuits, de leur fabrication et de leur commercialisation, ainsi qu'à l'étude des organes périphériques.

A l'intérieur de ses thèmes de recherche propres, le but que s'est fixé la Société Bertin et C^{ie} a été la création d'une ligne homogène et complète de produits fluidiques pouvant servir de base à une industrialisation. Son souci permanent a été l'aboutissement sur le plan pratique des études ainsi menées. Pour cela, des accords sont intervenus dès que possible avec des industriels, la S.O.G.E.V. pour la commercialisation des circuits fluidiques, l'Air Liquide pour la commercialisation des respirateurs. Parallèlement, des recherches d'applications dans différents secteurs ont été poursuivies tout au long du programme de recherche.

La nature des recherches en fluidique impose des méthodes de travail particulières. Il n'est pas encore possible de déterminer à l'avance par le simple calcul un module fluidique quelconque. L'approche reste donc essentiellement expérimentale. Dans ces conditions, il est nécessaire de lier très étroitement la fabrication et les retouches avec les essais. Un petit atelier spécialisé a été installé à côté des bancs d'essais. Il a été complété par un laboratoire photographique, des installations de photogravure et de moulage.

Les études théoriques ont elles-mêmes subi le contre-coup de la nécessité de se mettre à la portée immédiate de l'expérimentation. Citons, par exemple, que les théories sur le rattachement turbulent ont été simplifiées à l'extrême en ne retenant que les propriétés fondamentales des jets et en ramenant toutes les équations à des formes simples par introduction de profils de vitesse schématisés.

Il devient alors aisé d'appliquer la théorie à des géométries extrêmement diversifiées sans aboutir à une complexité et un volume de calculs sans rapport avec le but recherché.

Les circuits logiques reposent sur la possibilité qu'ont certains écoulements de changer brusquement de configuration lorsqu'une grandeur aérodynamique a atteint un certain seuil. Les propriétés que présentent les parois convergentes ont été mises systématiquement à profit et ont conduit à des réalisations originales.

Le principe illustré (fig. 1) est qu'un jet confiné dans un chambrage délimité par des parois inclinées convergentes peut, dans certains cas, occuper deux positions stables caractérisées par une réflexion du jet qui vient frapper l'une des parois. Le jet sort alors en faisant un angle marqué avec sa direction initiale et des reflux de fluide dans le chambrage maintiennent stable l'une ou l'autre de deux configurations d'écoulement symétriques par rapport à l'axe.

Le principe est bien connu dans le cas des parois divergentes où le jet peut s'attacher à l'une ou l'autre en créant, par entraînement turbulent, un vide relatif qui fait adhérer le jet à la paroi. Mais, dans ce cas, les commandes sont systématiquement en dépression, ce qui accroît le débit de commande nécessaire au basculement. Par contre, dans le cas des parois convergentes, la zone de commande est confinée et le serrage des arêtes des parois convergentes permet de régler à volonté la pression dans la chambre. On peut ainsi mettre cette chambre à la pression atmosphérique et limiter considérablement le débit de commande nécessaire au basculement. De plus, la zone de commande se trouve isolée de l'aval par la partie rétrécie du jet. Ces deux propriétés sont précieuses pour obtenir des caractéristiques de fonctionnement convenables.

Pour qu'un module logique soit efficace, il est nécessaire qu'il puisse répondre aux spécifications suivantes, dictées par le souci de mettre entre les mains d'un utilisateur non spécialiste un composant n'imposant pas de conditions trop strictes d'emploi :

— Facteur pyramidal suffisamment élevé.

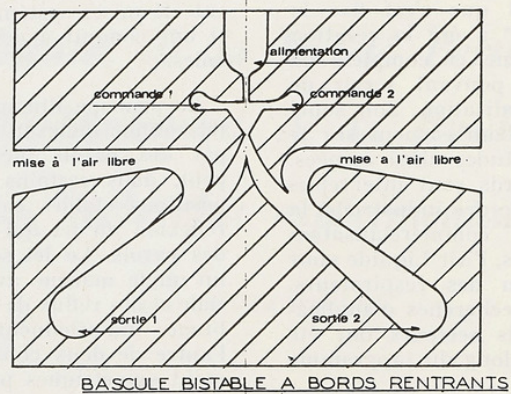


FIG. 1 a

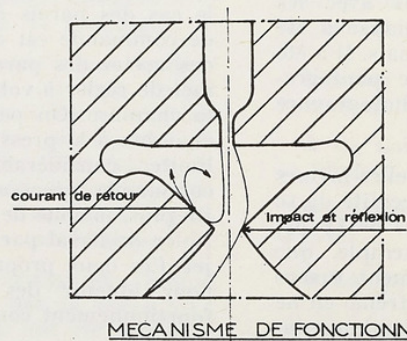


FIG. 1 b

— Large plage de pressions d'alimentation.

— Bonne stabilité.

— Capacité de tenue à la charge de la sortie alimentée.

— Découplage entre les commandes, parallèles ou opposées.

— Découplage entre les sorties.

— Récupération suffisante de pression.

Les balculs à parois de réflexion, ont à ce titre, des caractéristiques intéressantes :

— Le faible débit nécessaire au basculement conduit à des gains logiques élevés, autorisant l'interposition dans le canal de commande de circuits unidirectionnels protégeant la commande contre toute remontée intempestive de pression.

— Une excellente tenue aux chocs, vibrations et tous parasites industriels.

— Fonctionnement correct à sortie bloquée. La marge de sécurité est caractérisée par une capacité de surcharge atteignant 100 % de la pression de sortie.

— Récupération de pression convenable.

— Les pressions de fonctionnement s'étendent de 1 bar jusqu'à environ 100 mbar. Certaines versions peuvent fonctionner jusqu'à des pressions de quelques dizaines de millibar.

Toute une gamme de circuits fonctionnels ont été réalisés :

— *Circuits passifs* (ne comportant pas d'alimentation) :

Circuit ET

Circuit OU exclusif

Circuit OU inclusif

Inhibition

— *Circuits actifs* :

Mémoire (bascule bistable)

Inverseur (bascule monostable)

Circuit OU/NI

Diviseur de fréquence

Une première génération de circuits, en version industrielle, a été réalisée et communiquée à la S.O.G.E.V. aux fins d'industrialisation. Elle s'adresse à des applications représentant un volume de logique limité ne conduisant pas à des débits excessifs.

Actuellement, une deuxième génération de circuits miniaturisés est en cours de mise au point. Elle fait appel à la photogravure sur métal et permet de réduire considérablement le niveau de consommation.

Parallèlement, des circuits plus complexes intégrant plusieurs fonctions élémentaires ont été réalisés comme, par exemple, le compteur binaire ou le circuit additionneur.

La photogravure autorise la réalisation des circuits intégrés. On peut d'ores et déjà envisager de constituer selon cette technique des circuits à la demande selon un schéma logique proposé par l'utilisateur. Déjà valable pour des circuits relativement simples, la technique demande encore un peu de mise au point pour des circuits comprenant un grand nombre de modules.

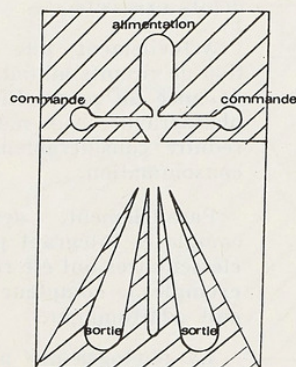
Un même effort a été également apporté dans le domaine des circuits analogiques dont l'élément de base est l'amplificateur proportionnel. Deux principes ont été examinés.

Le premier type est l'amplificateur à parois convergentes. Pour certaines valeurs de l'angle des parois, le jet sort dans l'axe et peut être dévié proportionnellement au débit de commande en faisant réflexion sur la paroi opposée (fig. 2).

Très sensible, cet amplificateur présente par contre des dissymétries de fonctionnement et quelque fois une hystérésis au zéro.

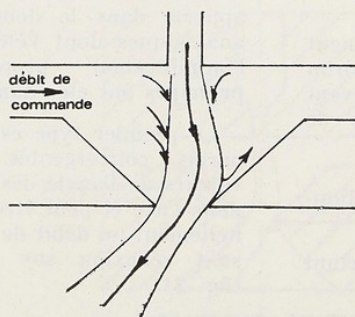
Il est surtout utilisable lorsque la déviation n'est nécessaire que dans un seul sens.

Des résultats plus réguliers ont été obtenus avec les amplificateurs à bords



AMPLIFICATEUR PROPORTIONNEL
A BORDS RENTRANTS

FIG. 2 a



MECANISME DE LA
DEVIATION

FIG. 2 b

courbes (fig. 3). Le principe est de border le jet par des parois courbes d'un rayon tel qu'il ne puisse pas s'attacher spontanément. En l'absence de commande, le jet revient dans l'axe sans hystérésis. Sous l'action d'une commande, la paroi courbe, sensibilisant le jet, multiplie l'angle dont il est initialement dévié. Cet amplificateur a donc un gain supérieur à celui d'un amplificateur reposant sur la simple composition des quantités de mouvement.

Une particularité intéressante est que la pression et le débit d'entrée varient proportionnellement, bien que la section d'entrée, qui est fixe, semble imposer une variation quadratique. On suppose que le jet de commande, repoussant le jet principal modifie la section débitante effective. Quoi qu'il en soit, cette caractéristique est précieuse pour l'étude du couplage entre éléments.

Il est essentiel que la sortie soit aussi linéaire que possible en fonction de la commande. Une optimisation des formes des récepteurs permet d'obtenir une linéarité assez convenable jusqu'au voisinage de la saturation.

La réponse en fréquence de cet amplificateur est bonne pour un appareil de cette catégorie. Elle dépasse 1500 Hz dans les dimensions de type industriel.

Un des points faibles des circuits analogiques fluidiques est que le rapport signal/bruit n'y est jamais très bon. Diverses modifications ont permis de le porter vers 100 pour toute la bande passante. Des filtres de fréquence permettent d'améliorer ce rapport dans une bande plus réduite.

L'utilisation des amplificateurs dans les réseaux est facilitée lorsque le gain peut être ajusté et maintenu constant dans tout le domaine de variations. L'amplificateur opérationnel constitué d'une chaîne de plusieurs étages présentant un gain élevé en boucle ouverte et comportant des résistances de contre-réaction calibrées, permet d'atteindre ce résultat. Les résistances qui doivent être linéaires sont réalisées à l'aide de tubes capillaires.

L'étude du couplage entre étages d'amplification consiste à considérer l'intersection des caractéristiques de sorties, qui se déforment sous l'action des commandes, avec la caractéristique d'entrée de l'étage suivant. Selon que l'on recherche un gain en pression, en débit ou en puissance, la taille des amplificateurs successifs et l'étagement des pressions peuvent être différents.

Ainsi, un amplificateur de pression, à trois étages, donnant un gain supérieur à 1500 a pu être réalisé. Câblé en amplificateur opérationnel, il sert de base à divers circuits :

— Amplificateur sommateur, intégrateur, dérivateur ;

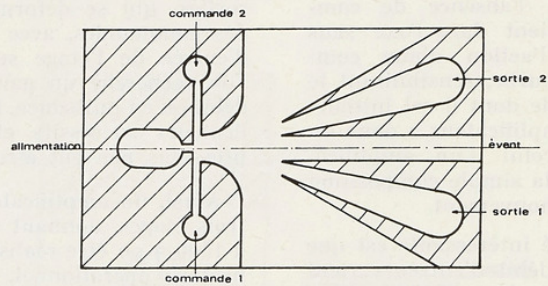
par adjonction de résistances ou de capacités dans les boucles de contre-réaction. De tels circuits ont été mis au point à l'occasion d'une application spatiale de la fluidique.

En dehors des modules à attachement, l'effort de recherche a également porté sur l'amplificateur à tourbillon dont le schéma figure déjà sur des documents S.N.E.C.M.A. remontant à 1951 (fig. 4).

A titre d'application possible, citons le régulateur de débit constitué d'un amplificateur très sensible et d'un tourbillon (fig. 5). L'amplificateur combine un bord courbe et une paroi de réflexion, ce qui accroît encore la déviation du jet. Le débit de commande traverse une résistance laminaire et croît plus vite que le débit principal lorsque augmente la pression. Le jet, entrant dans la chambre tourbillonnaire sous un angle croissant, subit une perte de charge accrue, de sorte que le débit, globalement, varie peu tandis que la pression croît dans de larges limites.

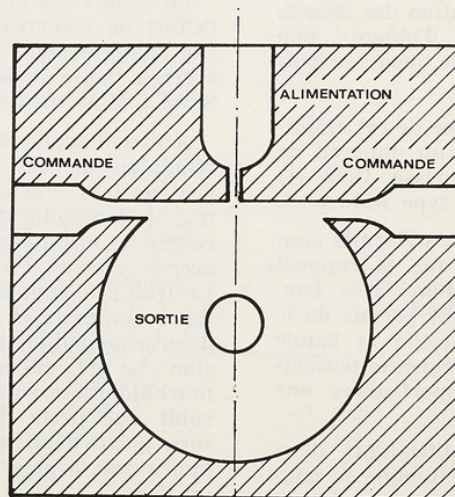
Aux travaux de recherche ont succédé des développements industriels. Très tôt, des Organismes d'Etat et des Sociétés nationalisées ou privées se sont intéressées à certaines applications.

Dans le domaine aérospatial, le C.N.E.S. et la D.R.M.E. ont recherché les possibilités offertes au pilotage des



**schéma d'un amplificateur
proportionnel
à bords courbes**

FIG. 3



AMPLIFICATEUR A TOURBILLON

FIG. 4

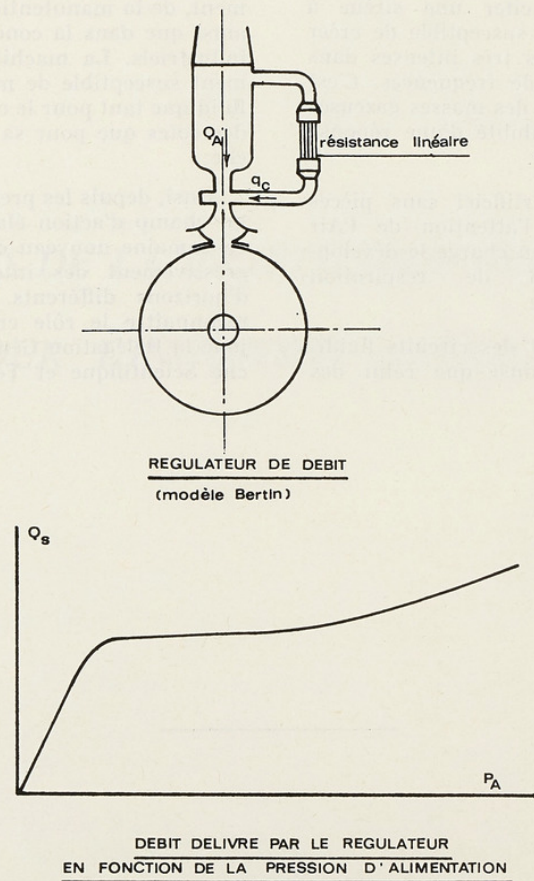


FIG. 5

engins. Une chaîne a été développée et expérimentée par la Société Bertin et C^{ie} et la S.N.E.C.M.A.

Diverses applications ont été examinées dans le domaine nucléaire tant par le C.E.A. que par E.D.F. A titre d'exemple, nous pouvons citer une sirène à amplification fluide susceptible de créer des niveaux sonores très intenses dans une large gamme de fréquences. C'est sur la faible inertie des masses gazeuses que repose la possibilité d'une réponse en fréquence élevée.

Le respirateur artificiel sans pièces mobiles a retenu l'attention de l'Air Liquide qui prend en charge le développement d'appareil de respiration incluant la fluidique.

Le développement des circuits fluidiques est assuré, ainsi que celui des

organes périphériques associés, par la Société Générale du Vide. Ces circuits permettent d'apporter des solutions originales aux problèmes de mesure, contrôle, commande et automatisation industriels. Des applications apparaissent dans le domaine du conditionnement, de la manutention et du transport ainsi que dans la conduite de processus industriels. La machine-outil est également susceptible de mettre en œuvre la fluidique tant pour le contrôle en continu des cotes que pour sa conduite de marche.

Ainsi, depuis les premières recherches, un champ d'action élargi apparaît dans ce domaine nouveau où s'associent progressivement des interlocuteurs venus d'horizons différents. Il est juste de reconnaître le rôle cristallisant qu'y a joué la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

Prix et médaille
donné par la Société d'Encouragement pour l'année 1865
ACTIVITÉS DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE
Le Directeur responsable

ACTIVITES DE LA SOCIETE D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Prix et médailles

décernés par la Société d'Encouragement pour l'année 1968

I. Distinctions exceptionnelles

- *La Grande Médaille de la Société d'Encouragement* est attribuée à M. Marcel SÉDILLE, pour l'ensemble d'une carrière au cours de laquelle il a opéré la synthèse de l'inspiration scientifique et de la réalisation technique et industrielle, sur rapport de M. René Labbens, au nom de du Comité des Arts Mécaniques.
- *Le Grand Prix Lamy* est attribué à la SOCIÉTÉ ANONYME DES AUTOMOBILES CITROËN, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Henri de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques. D'après les conditions de son attribution, le Grand Prix Lamy est destiné à une firme ou entreprise ayant puissamment contribué au développement d'une région et au bon renom de l'Industrie Française dans le monde.
- *La Grande Médaille Michel Perret* est attribuée à la SOCIÉTÉ JOBIN ET YVON, qui depuis longtemps fait honneur à l'industrie française d'instruments scientifiques, et qui vient de donner une nouvelle preuve de vitalité, par la production de réseaux de diffraction, grâce à la réalisation de machines répondant à des exigences de très haute précision, sur rapport de M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille Oppenheim* est attribuée à M. Aimé CASSAGNE, pour ses études techniques concernant en particulier les vibrations flutter, sur rapport de M. Roger Chevalier, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- *Une Médaille Oppenheim* est attribuée à M. Henry LE BOITEUX, antérieurement lauréat de la Médaille d'Or, auteur de nombreux travaux, d'une part sur la théorie des milieux continus déformables, et d'autre part sur les méthodes expérimentales d'analyse des contraintes, sur rapport de M. René Lucas, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

- La Médaille Louis Pineau, au titre de 1968, est attribuée à MM. André BOUILLOT et Jean FEGER, qui ont très efficacement participé à la brillante activité de la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, sur rapport de M. Jean Majorelle, au nom du Comité des Arts Economiques.
- La Médaille Louis Pineau, au titre de 1969, est attribuée à M. Guy BARON, pour ses travaux dans le domaine de la mécanique des roches, sur rapport de M. Paul Laffitte, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- Une Médaille Dumas est attribuée à M. Jean NORMAND, pour la série de ses travaux dans le domaine du génie chimique et de l'analyse de M. Paul Chovin, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- Une Médaille Dumas est attribuée à M. Hyacinthe DUBREUIL, pour l'ensemble de sa belle carrière, sur rapport de M. Jacques Rueff, de l'Académie Française, au nom du Comité des Arts Economiques. Rappelons que la Médaille Dumas a été instituée en 1897 — sur l'initiative de M. Aimé Girard — en faveur des ouvriers qui, sans quitter les ateliers, se sont peu à peu élevés jusqu'au rang de Directeur d'usine ou de Chef d'un service important, dans un grand établissement industriel ou agricole.
- Une Grande Médaille des Activités d'Enseignement est attribuée à M. Pierre SORIN, pour une longue carrière, au cours de laquelle il a fait preuve de brillantes qualités de pédagogue au service d'une vaste culture scientifique et technique, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Pierre Nicolau, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- Une Grande Médaille des Activités d'Enseignement est attribuée à M. Etienne BAUER, animateur de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, auteur d'innovations fécondes pour l'avenir de notre Enseignement Supérieur, sur rapport de M. Jean-Jacques Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

II. Médailles d'Or

- Une Médaille d'Or est attribuée à M. Pierre PIGANIOL, pour l'ensemble de ses travaux et, plus particulièrement, pour sa participation au renforcement des liens entre l'Industrie et l'Agriculture, sur rapport de M. Paul Vayssière, au nom du Comité d'Agriculture.
- Une Médaille d'Or est attribuée à M. André ETIENNE, pour ses travaux personnels dans de nombreux domaines de la chimie industrielle, sur rapport du regretté M. Charles Dufraisse, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

- Une Médaille d'Or est attribuée à M. Philippe OLMER, pour l'ensemble de sa carrière consacrée à la Science, à l'Enseignement et aux liaisons de celui-ci avec l'Industrie, sur rapport de M. Jean Majorelle, au nom du Comité des Arts Economiques.
- Une Médaille d'Or est attribuée à M. Pierre LALLEMANT, pour son rôle dans les progrès de l'aviation et, en particulier, ses remarquables réalisations dans le domaine des trains d'atterrissage, sur rapport de M. Raymond Brun, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- Une Médaille d'Or est attribuée à M. Claude FRÉJACQUES, pour l'ensemble de ses travaux dans le cadre scientifique et industriel, sur rapport de M. Jean-Jacques Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- Une Médaille d'Or est attribuée à M. Louis Joseph LIBOIS, pour son rôle d'ingénieur, d'organisateur et d'animateur de la recherche scientifique au Centre National d'Etudes des Télécommunications à Lannion, sur rapport de M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

**

- La Médaille Bardy est attribuée à M. Jean-Paul LANGERON, pour ses travaux sur les métaux réfractaires, sur rapport de M. Georges Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- La Médaille Carrion est attribuée à M. Pierre NICOLLE, auteur de la 32^e Conférence Carrion, sur les bactériophages, sur rapport de M. Jacques Tréfouël, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

III. Médailles et Prix spéciaux

- Le Prix Meynot est attribué à M. J.B. SULTANA, pour sa remise en état d'une exploitation agricole abandonnée, sur rapport de M. René SOULET, au nom du Comité d'Agriculture.
- Le Prix Thenard est attribué à M. André GUILBOT, pour l'ensemble de ses travaux et, notamment, pour ses études sur les questions relatives à l'eau, à son dosage, à son influence sur les structures des matériaux biologiques, sur rapport de M. Jean Buré, au nom du Comité d'Agriculture.
- Le Prix Parmentier est attribué au C.F.T.P. de BISCUITERIE (Centre de Formation Technique et de Perfectionnement de l'Union intersyndicale des industries françaises de Biscuiterie, Biscotterie, Entremets et Desserts instantanés, Aliments diététiques et de régime), pour son activité de recherche appliquée, complétée par l'enseignement et la documentation, sur rapport de M. Jean Buré, au nom du Comité d'Agriculture.

- *La Médaille Jollivet* est attribuée à M. H. BOURON, pour son rôle dans la lutte contre les ennemis des cultures, sur rapport de M. Georges Le Moan, au nom du Comité d'Agriculture.
- *La Médaille Aimé Girard* est attribuée à M. Paul DUPAIGNE, pour ses travaux sur la transformation des fruits et la fabrication des boissons non alcooliques, sur rapport de MM. Jean Buré et André Bonastre, au nom du Comité d'Agriculture.
- *Le Prix Bardy* est attribué à M. Jean JAEGER, pour la mise au point de la production de polychlorure de vinyle en masse, au Laboratoire de Saint-Fons de la Société Pechiney - Saint-Gobain, sur rapport de M. Jean Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Le Prix Osmond* est attribué à M^{me} Simone TALBOT-BESNARD, pour ses travaux de métallographie, sur rapport de M. Georges Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Le Prix de la Classe 65* est attribué à M. Albert PORCHER, pour ses réalisations d'appareillages de laboratoire, sur rapport de M. Georges Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *La Médaille Fauler* est attribuée à M. François GRALL, pour ses travaux au Laboratoire d'application du cuir de Villers Saint-Paul, sur rapport de M. Jean Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *La Médaille Menier* est attribuée à M. Roger Louis MUNIER, pour ses travaux de chromatographie, sur rapport de M. Paul Chovin, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *La Médaille Legrand* est attribuée à M. Robert CARRIQUE, pour ses travaux sur les détergents, sur rapport de M. Jean Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Le Prix Elphège Baude* est attribué à M. Paul ARZENS qui, en dessinant des carrosseries de voitures et des véhicules divers, notamment des voitures de chemin de fer et même des locomotives Diesel, a montré comment l'art moderne pouvait s'affirmer dans le sens de la technique, sur rapport de M. Jean Fressinet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.
- *La Médaille Armengaud* est attribuée à M. Jean LATOURTE, pour son activité au sein de l'industrie sidérurgique française et, tout particulièrement, pour son rôle en matière de formation et de perfectionnement, sur rapport de M. André Grandpierre, au nom du Comité des Arts Economiques.
- *La Médaille Roy* est attribuée à M. Robert LEMAIGNEN, pour son action tendant au développement des pays africains francophones, sur rapport de M. Jean Lecerf, au nom du Comité des Arts Economiques.
- *Le Prix Carré* est attribué à la SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE, qui a centralisé, depuis 57 ans, la plupart des études et recherches en matière d'hydraulique et de mécanique des fluides, ainsi que leurs applications, sur rapport de M. André de Rouville, au nom du Comité des Arts Economiques.
- *La Médaille Toussaint* est attribuée à M. Henri ZIEGLER, qui a été, à de nombreux titres, un animateur dans les domaines de l'industrie et des transports, sur rapport de M. Christian Beau, au nom du Comité des Arts Economiques.
- *La Médaille Bapst* est attribuée à M. André TRANNOY, pour son activité comme Président-Fondateur de l'Association des Paralysés de France, sur rapport de M. Jacques Rueff, de l'Académie Française, au nom du Comité des Arts Economiques.

- *La Médaille Gilbert* est attribuée au Docteur Jacques GODARD, pour son activité dans le domaine de la Médecine du Travail, sur rapport de M. André Grandpierre, au nom du Comité des Arts Economiques.
- *Le Prix Letort* est attribué à M. René HÉBERT pour ses travaux sur la lubrification et la coupe des métaux, sur rapport de M. Pierre Naslin, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- *La Médaille Farcot* est attribuée à M. Hervé CHÉNEAU, pour un ensemble de six mémoires relatifs à des problèmes divers concernant la structure du navire, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Henri de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- *La Médaille Richard* est attribuée à M. Pierre BÉZIER, pour ses méthodes concernant la génération des courbes et des surfaces, sur rapport de M. Pierre Naslin, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- *La Médaille Giffard* est attribuée à M. Maurice BARTHALON, pour ses travaux concernant le train sous coussin d'air « Urba » et les électrocompresseurs linéaires, sur rapport de M. Raymond Brun, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- *La Médaille Massion* est attribuée à M. Charles MARCHETTI, pour les progrès techniques et les réalisations diverses que lui doit la construction aéronautique française, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Raymond Marchal, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- *Le Prix Melsens* est attribué à M. Claude SELLA, pour ses remarquables études de structures, dans lesquelles il a été servi par l'étendue de ses connaissances et son habileté expérimentale en matière de microscopie et de diffraction des électrons, sur rapport de M. Jean-Jacques Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Le Prix Galitzine* est attribué à M. Michel WINTENBERGER, pour ses nombreux travaux en métallurgie, sur rapport de M. Jacques Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *La Médaille Gaumont* est attribuée à M. André DIDIER, pour ses nombreuses et importantes recherches dans les domaines de l'enregistrement des images et de la photographie, sur rapport de M. Jean-Jacques Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

IV. Médailles de Vermeil

- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Jean COCHARD, pour le talent et la foi avec lesquels il a su faire de son exploitation un magnifique exemple de réussite professionnelle et familiale, sur rapport de M. Stéphane Hénin, au nom du Comité d'Agriculture.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Robert LONGCHAMP, pour les perfectionnements qu'il a apportés aux techniques de désherbage, sur rapport de M. Jean Lhoste, au nom du Comité d'Agriculture.

- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Alexandre TSALPATOUROS, pour ses travaux sur la conservation et la maturation des fruits, sur rapport de M. Paul Vayssièrè, au nom du Comité d'Agriculture.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Pierre BOUTILLIER, pour ses travaux sur les matières plastiques, sur rapport de M. Jean Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Robert FROMAGEAU, pour ses recherches sur les métaux de haute pureté, sur rapport de M. Georges Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Armand MARIE DE FICQUELMONT, pour ses travaux personnels, ainsi que pour les recherches effectuées par lui au Laboratoire central de la Préfecture de Police, sur rapport de M. Paul Chovin, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Francis WEISS, pour ses différents travaux, notamment dans le domaine des monomères acryliques, sur rapport de M. Jean Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Jacques LE CHEVALLIER, pour avoir réalisé de nombreuses créations, notamment dans le vitrail, sur rapport de M. Jean Fressinet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. André ARNOUX, pour l'ensemble d'une carrière aux activités multiples et fécondes, sur rapport de M. Jacques Rueff, de l'Académie Française, au nom du Comité des Arts Economiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Michel Yves BERNARD, pour ses travaux scientifiques, ainsi que pour son rôle dans l'enseignement et la diffusion des sciences, sur rapport de M. Pierre Auger, au nom du Comité des Arts Economiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à MM. Marcel KADOSCH et Cyrille PAVLIN, pour leur contribution aux réalisations françaises en matière de fluidique, sur rapport de M. Pierre Naslin, au nom du Comité des Arts Mécaniques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Pierre BORTAUD, pour ses travaux sur les produits réfractaires, sur rapport de M. Jean-Jacques Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Louis COLOMBIER, pour son œuvre considérable en métallurgie et métallographie, sur rapport de M. Jacques Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Henri-Jean LATIÈRE, pour ses travaux divers, et notamment ses dernières études sur les trichites métalliques, sur rapport de M. François Canac, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille de Vermeil* est attribuée à M. Claude VÉRET, pour ses réalisations très variées, notamment en ce qui concerne les appareils d'optique, sur rapport de M. Albert Arnulf, au nom du Comité des Arts Physiques.

V. Médailles d'Argent

- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. François RAMADE, pour ses travaux sur la résistance aux toxiques de diverses souches d'insectes, sur rapport de M. Jean LHOSTE, au nom du Comité d'Agriculture.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M^{me} Yolande PRAT, pour ses études sur les constituants de la vanille, sur rapport de M. Paul CHOVIN, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. Claude CHEVALIER, pour un ensemble d'études et réalisations dans lesquelles est intervenue l'utilisation des hautes pressions, sur rapport de Boris Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à la CODERG, pour ses réalisations remarquables dans le domaine de la spectroscopie instrumentale et, en particulier, pour le spectromètre Raman, très apprécié sur le plan mondial, sur rapport de M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. LY DANG-PHUOC, pour ses études et réalisations à l'Institut de Mécanique des Fluides à Toulouse, sur rapport de M. Léopold Escande, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. David DECOMPS, pour sa coopération technique à l'Institut de Mécanique des Fluides à Toulouse, sur rapport de M. Léopold Escande, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M^{me} Denise FAUTRET, pour ses travaux de photographie scientifique, au Laboratoire du C.N.R.S. à Bellevue, sur rapport de M. Jean-Jacques Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. François GOUTEL, pour ses travaux divers, notamment en matière de traitements thermiques, sur rapport de M. Jacques POMEY, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. Pierre MATHON, pour sa contribution précieuse à la recherche métallurgique, sur rapport de M. Jacques Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. Michel PHILBERT, pour ses réalisations expérimentales, notamment en spectroscopie, sur rapport de M. Albert Arnulf, au nom du Comité des Arts Physiques.
- *Une Médaille d'Argent* est attribuée à M. Michel RAPIN, pour ses travaux divers et notamment sur les hautes pressions, sur rapport de M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

VI. Médailles de Bronze

- Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Maurice LANQUETIN, pour la coopération technique qu'il a apportée à l'atelier de mécanique du Centre de Recherches de Microcalorimétrie et de Thermochimie du C.N.R.S. à Marseille, sur rapport de M. Paul Laffitte, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- Une Médaille de Bronze est attribuée à M^{me} Lucienne SADORGE, pour la longue coopération, compétente et dévouée, qu'elle a apportée aux travaux scientifiques de l'Institut Pasteur, sur rapport de M. Jacques Tréfouël, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.
- Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Gaston ESCUDE, pour ses travaux personnels et son activité au Laboratoire d'Electronique industrielle de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electronique, d'Informatique et d'Hydraulique de Toulouse, sur rapport de M. Léopold Escande, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- Une Médaille de Bronze est attribuée à MM. Henri JOSSELIN et Maurice TONG-CUONG, pour leur participation aux études entreprises à la Régie Renault, sur les problèmes d'emboutissage, sur rapport de M. Jacques Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.
- Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Henri LEGER, pour son rôle et ses initiatives précieuses, dans le cadre de l'enseignement technique et technologique, sur rapport de M. Léopold Escande, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

VII. Distinctions décernées au titre social

Le Prix Fourcade est attribué

- à M. César TORI, ajusteur à l'usine de Port-de-Bouc, pour 42 ans de services à la Société des Usines Chimiques Ugine Kuhlmann.
- à M. Lucien MINCHIN, Chef de section chrono H C 3 A, pour 49 ans de services à la Régie Nationale des Usines Renault.

Le Président de la Société, Directeur de la publication : J. TRÉFOUËL, D.P. n° 1.080

I.T.Q.A.-CAHORS. — 00 408 — Dépôt légal : III-1970

