

Janvier 1941

5 francs

# la Science et la Vie



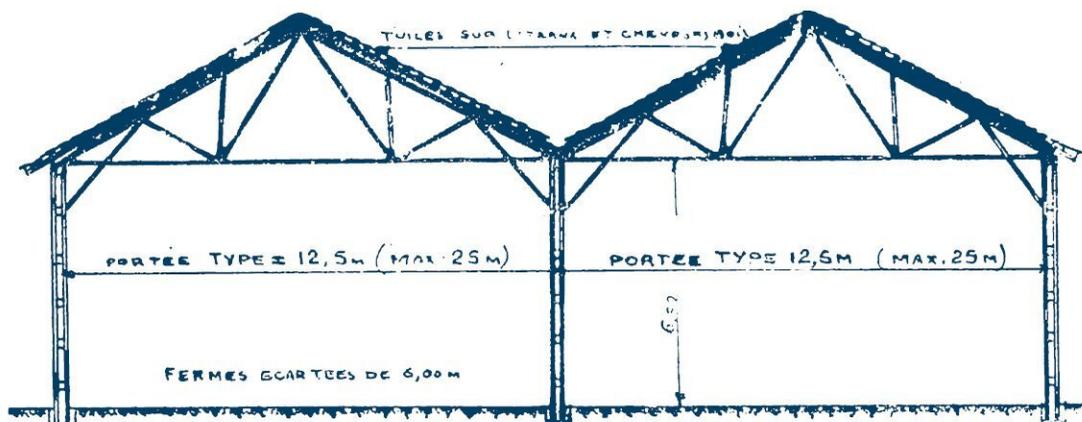
Voir page 3

# ÉTABLISSEMENTS **A. LABATUT**

ATELIERS DE CONSTRUCTION A ST-GAUDENS (HAUTE-GARONNE)

14. AVENUE DE BOULOGNE — TÉLÉPHONE : 282

**FORGE - CHAUDRONNERIE - EMBOUTISSAGE**



UNE NOUVEAUTÉ INTÉRESSANTE

DANS LA

CONSTRUCTION MÉTALLIQUE !



BÂTIMENTS D'USINES — MARCHÉS COUVERTS — HANGARS AGRICOLES  
PASSERELLES POUR PIÉTONS — HAUTS PYLONES POUR TRANSPORT  
DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

**CONSTRUCTIONS BREVETÉES  
EN TUBES A AILETTES INTÉRIEURES**

FOURNIES EN QUELQUES SEMAINES, GRÂCE AUX DISPONIBILITÉS IMMÉDIATES ET EN TRÈS BON ÉTAT. FACILEMENT DÉMONTABLES, PARCE QUE BOULONNÉES PARTOUT. LE TUBE ÉTANT UN SOLIDE D'ÉGALE RÉSISTANCE, OFFRE AVEC SES AILETTES INTÉRIEURES, UN MOMENT D'INERTIE ET UN MODULE DE FLEXION SUPÉRIEURS A CEUX D'UNE CORNIÈRE DE MÊME POIDS LINÉAIRE. CE QUI REND NOS CONSTRUCTIONS TUBULAIRES TRÈS ÉCONOMIQUES, MÊME POUR TOITURES LOURDES EN TUILES A CROCHETS (SEULE COUVERTURE DISPONIBLE ACTUELLEMENT)



**CONSULTEZ-NOUS,**

EN PRÉCISANT VOS DÉSIRES ET VOUS EN SEREZ CONVAINCUS

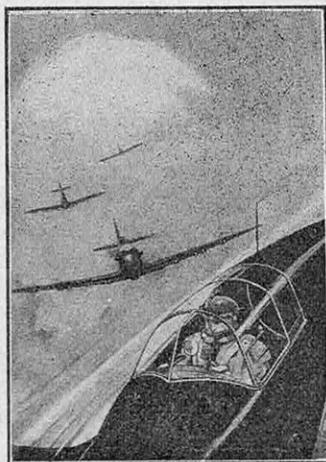
# la Science et la Vie

Tome LIX — N° 281

## SOMMAIRE

Janvier 1941

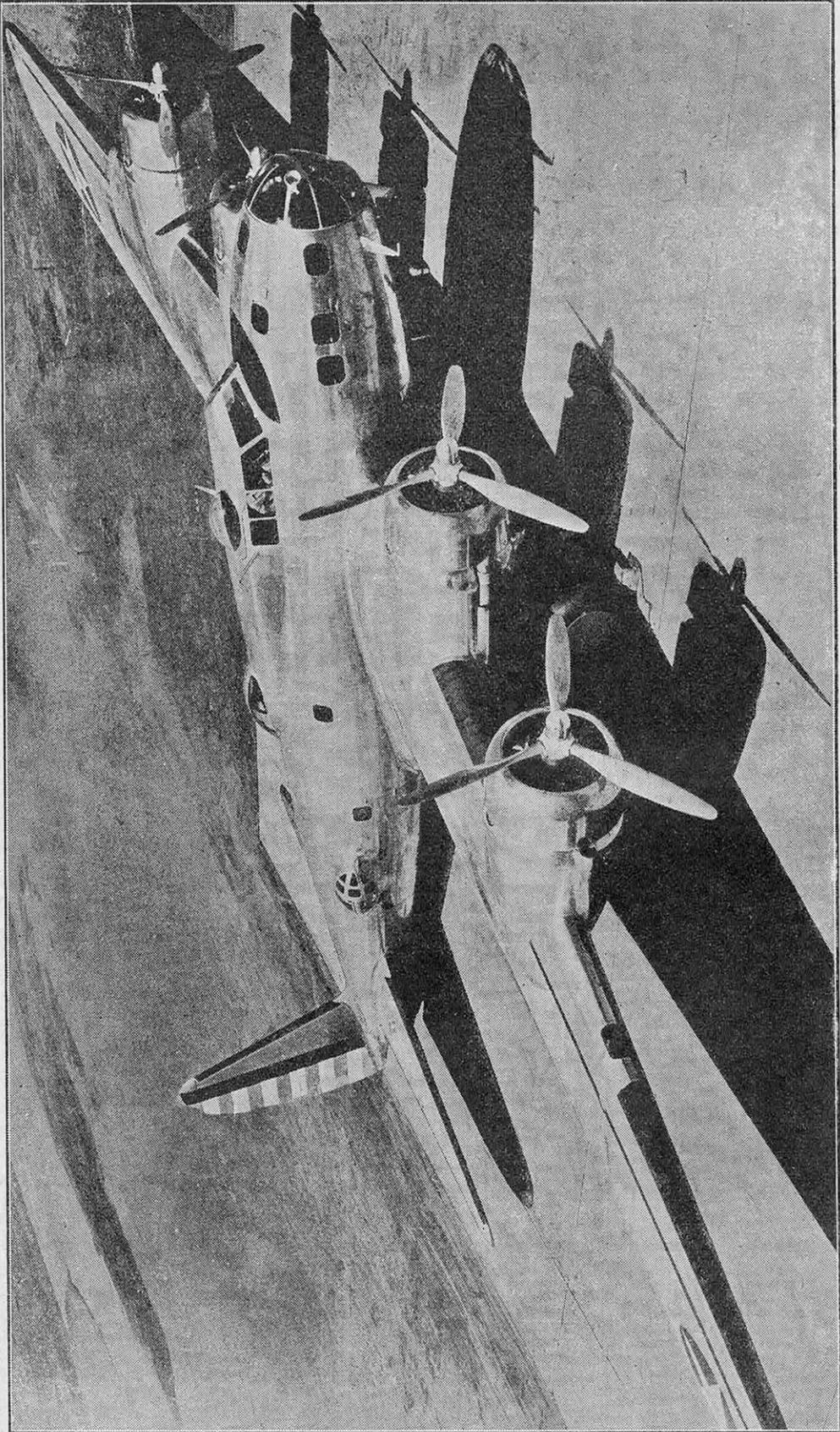
- ★ Un nouveau théâtre de la guerre totale : la stratosphère, par Camille Rougeron ..... 3
- ★ Quand la radio explore la très haute atmosphère : radiosondes et échos radioélectriques, par Louis Houllévigie ..... 13
- ★ Connaitrons-nous une crise du vêtement ? Textiles naturels et textiles artificiels, par Raymond Lévy-Seckel ..... 20
- ★ Comme tous les combustibles, le gaz est rare. Comment l'économiser ? par André Fournier ..... 30
- ★ L'électrification apportera à la campagne le confort, l'hygiène et un meilleur rendement des cultures, par Pierre Hémardinquer ..... 38
- ★ Six mois de bataille dans le ciel anglais, par Pierre Belleruche ..... 47
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor ..... 61



*Devant l'avion de chasse qui le surclasse par sa vitesse et la puissance de son armement en canons et en mitrailleuses, l'avion de bombardement s'efforce de gagner, au moins pour les opérations de jour, les altitudes les plus élevées que les progrès de la technique des moteurs et des compresseurs lui permettent aujourd'hui d'atteindre. Le chasseur l'y poursuit encore cependant, et la couverture du présent numéro montre un de ces combats dans la stratosphère qu'a inaugurés la guerre aérienne des derniers mois de 1940 et qui deviendront sans doute fréquents en 1941. Les pilotes, déjà soumis dans les piqués et les ressources à d'énormes accélérations, prisonniers de plus de leur scaphandre que la raréfaction de l'air rendra indispensable, devront posséder une résistance physique et des réflexes qui exigeront une sélection de plus en plus sévère, et que seul un long entraînement pourra leur conférer. (Voir l'article page 3 de ce numéro.)*

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, Publicité : actuellement, 22, rue Lafayette, Toulouse. Cléque postal n° 184.05 Toulouse.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », janvier mil neuf cent quarante et un, Registered Commerce : Seine 116.654. Abonnements : France et Colonies, un an : cinquante-cinq francs ; six mois : vingt-huit francs.



T W 2972

LE BOMBARDIER AMÉRICAIN BOEING B-17-B DONT LES QUATRE MOTEURS SONT ÉQUIPÉS DE COMPRESSEURS POUR LE VOL STRATOSPHERIQUE

# UN NOUVEAU THÉÂTRE DE LA GUERRE TOTALE : LA STRATOSPHERE

par Camille ROUGERON

*La lutte aérienne qui se déroule actuellement nous fait assister à une évolution presque quotidienne des méthodes de combat (1) et de bombardement (2). Le bombardier, pour éviter le feu de l'artillerie antiaérienne, pour fuir la rencontre du chasseur, redoutable par sa vitesse et sa puissance de feu, se voit confier de plus en plus des missions à la limite de son « plafond », sacrifiant ainsi en partie, à la sécurité de l'équipage, la précision de ses lancements. L'intérêt militaire de la navigation à haute altitude, où le chasseur poursuit évidemment le bombardier, vient ainsi de se révéler. D'ores et déjà, les appareils équipés de moteurs rétablissant leur puissance à 5 000 m bombardent et combattent à 12 000 m. Les moteurs rétablissant à 12 000 m sont actuellement à l'étude et, grâce aux progrès des compresseurs, des plafonds de 20 000 m seront bientôt performances courantes. L'organisme humain devra s'adapter, lui aussi, au vol stratosphérique et, malgré l'emploi des cabines étanches, des inhalateurs et des scaphandres, cette nouvelle forme de guerre aérienne exigera une sélection et un entraînement toujours plus sévères des équipages.*

## Les avantages militaires d'une supériorité de plafond

IL est curieux de constater combien pendant longtemps, on a attaché peu d'intérêt à une performance comme le plafond pour les avions militaires. Dans ce domaine, la supériorité se traduit cependant par une série de conséquences tout à fait comparables à celles qui résultent d'une supériorité de vitesse.

Tout d'abord, entre appareils de caractéristiques identiques, la supériorité de plafond signifie supériorité de vitesse. La résistance aérodynamique décroît à mesure qu'on s'élève, dans le même rapport que la densité de l'air. La vitesse maximum de l'avion dont on parviendrait à relever l'altitude de rétablissement du moteur en conservant même puissance et même finesse, croîtrait dans le rapport inverse de la racine cubique de la densité. En passant d'une altitude de rétablissement de 5 000 m à une de 10 000 m, la vitesse augmenterait de plus de 20 % : le chasseur à 600 km/h deviendrait le chasseur à 720 km/h. En fait, l'hypothèse de la conservation de la puissance et de la finesse ne cadre pas avec la réalité ; le compresseur absorbe une frac-

tion qui n'est pas négligeable de la puissance du moteur ; le refroidissement de celui-ci à une vitesse accrue, comme le refroidissement entre étages de compression qui devient indispensable, exigent des radiateurs qui influent fâcheusement sur la finesse. Le gain de vitesse maximum n'en reste pas moins considérable.

Mais l'avantage qu'on trouve à opposer à un avion muni du premier type de moteur à un autre muni du second est très supérieur à ce qu'indique une comparaison aussi sommaire. L'expérience montre que, de tout temps, les exigences impérieuses de la sécurité ont imposé à l'aviateur l'utilisation de ses capacités en plafond. En 1918, lorsqu'on ne connaissait pas encore les moteurs à compresseur, les bombardiers, sous la menace de l'artillerie et de la chasse, eurent tôt fait de découvrir l'intérêt des missions à 4 000 ou 5 000 m, au voisinage de leur plafond pratique, et les chasseurs furent contraints d'y monter. En 1939 et 1940, avec des moteurs rétablissant entre 4 000 et 5 000 m, les bombardiers découvrent pour les mêmes raisons l'intérêt des missions entre 10 000 et 12 000 m, et les chasseurs doivent encore les y suivre.

Or, entre adversaires se rencontrant à cette altitude, la comparaison ne doit pas porter sur les vitesses maxima aux alti-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 279, page 69.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, page 131.

tudes respectives de rétablissement des moteurs. Le moteur rétablissant à 5 000 m, qu'on emploie à 10 000 m, voit sa puissance décroître plus vite que la résistance de l'appareil sur lequel il est monté, qui se présente d'ailleurs sous une inci-

dérober s'il préfère éviter le combat.

Le bombardier ne recherche pas davantage la supériorité de plafond que la supériorité de vitesse dans le but d'imposer à un adversaire un combat qui ne rentre pas dans sa mission. Mais s'il peut s'as-

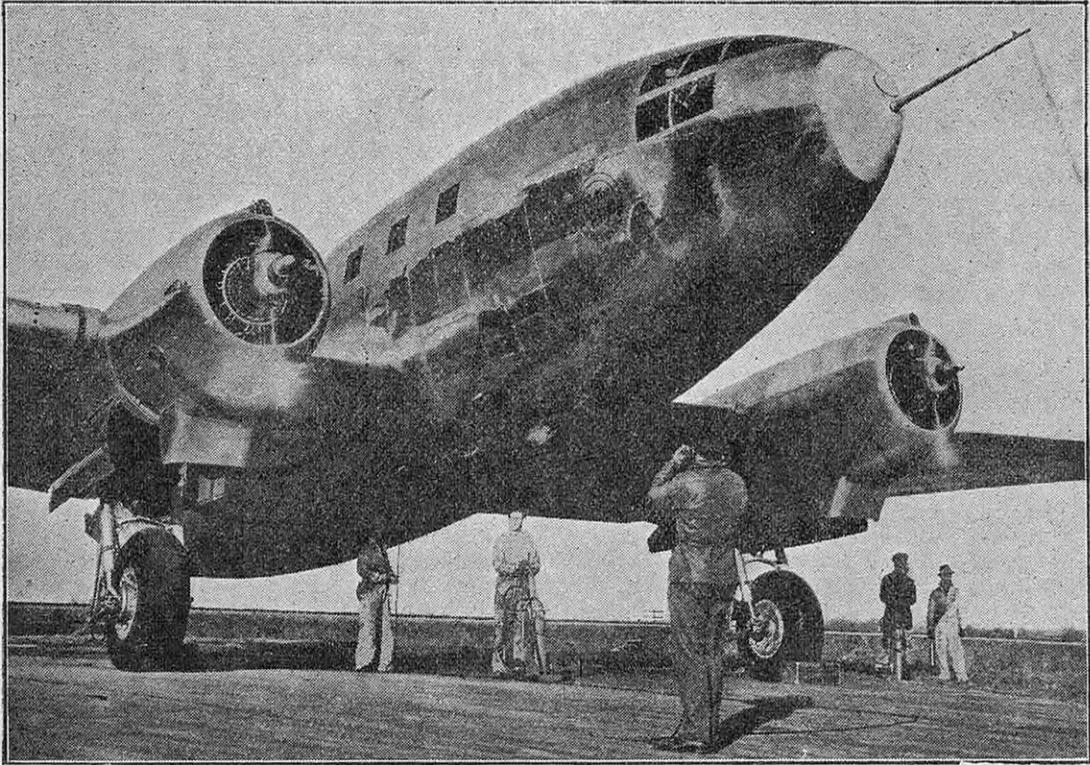


FIG. 1. — LE CURTISS-WRIGHT CW-20, AVION DE TRANSPORT SUBSTRATOSPHERIQUE

T W 2973

Le Curtiss-Wright CW-20 est le plus gros bimoteur construit jusqu'ici, ce qui tient à l'emploi de moteurs de puissance sans cesse accrue. Avec deux Wright Cyclone de 14 cylindres donnant 1 600 ch au décollage, le poids total est de 17 240 kg; avec les Wright Duplex Cyclone de 18 cylindres donnant 2 000 ch au décollage, le poids total est de 19 500 kg. On obtient ainsi la capacité de transport des quadrimoteurs actuels, avec la simplicité et la supériorité de performances du bimoteur. La cabine sous pression rétablit à 6 100 m la pression régnant naturellement à 1 830 m. Les caractéristiques sont les suivantes : Envergure : 32,93 m. Longueur : 22,87 m. Nombre de passagers : 36 de jour, 20 de nuit. Vitesse maximum : 390-440 km/h. Vitesse de croisière : 340-370 km/h (le premier chiffre avec Cyclone 14, le deuxième avec Duplex Cyclone).

dence de moins en moins favorable à mesure qu'il s'élève; la vitesse maximum diminue avec l'altitude. L'effet est d'importance presque comparable à celui qui a été chiffré plus haut.

Ainsi, la seule supériorité en vitesse qui résulte d'une supériorité en altitude de rétablissement permet, soit au bombardement d'échapper à la chasse, soit à la chasse de rattraper le bombardement ou la chasse adverse. Mais la supériorité de plafond vaut par elle-même.

Elle est indispensable au chasseur qui veut imposer le combat à son adversaire. Elle lui permet d'ailleurs de se

surer cette supériorité de plafond, elle lui donne, comme la supériorité de vitesse, le moyen d'éviter le combat.

Le plafond est pareillement d'un intérêt primordial pour l'avion qui cherche à échapper à l'artillerie. Le rendement du tir décroît très rapidement quand l'altitude de navigation augmente (1).

### La guerre de 1939 et la course à l'altitude

Si l'emploi des avions à leur vitesse maximum, et même le relèvement de celle-ci par un piqué préalable, n'ont

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 210.

guère surpris, l'utilisation intégrale du plafond, malgré tous les précédents, était certainement moins attendue.

La guerre d'Espagne avait bien montré l'intérêt du plafond, mais la carence de l'aviation gouvernementale sur le plan du matériel comme sur le plan tactique n'avait pas ouvert cette course à l'altitude, que la l'on observe aujourd'hui.

La démonstration de l'impossibilité du lancement en vol horizontal à moyenne altitude, que la plupart des aviateurs considéraient comme la méthode normale d'emploi de leurs forces de bombardement, fut faite dès la fin de 1936. Les bombardiers gouvernementaux, qui pouvaient jusqu'alors exécuter leurs missions sans rencontrer ni chasse ni artillerie, se trouvèrent brusquement en présence des premières batteries de 88 mm à grande vitesse initiale fournies

par l'Allemagne aux nationalistes. Les pertes furent sévères. Les avions furent descendus à la première salve. Très rapidement, l'aviation gouvernementale, ayant mis en balance les résultats qu'elle obtenait et les risques qu'elle courait, renonça presque complètement au bombardement.

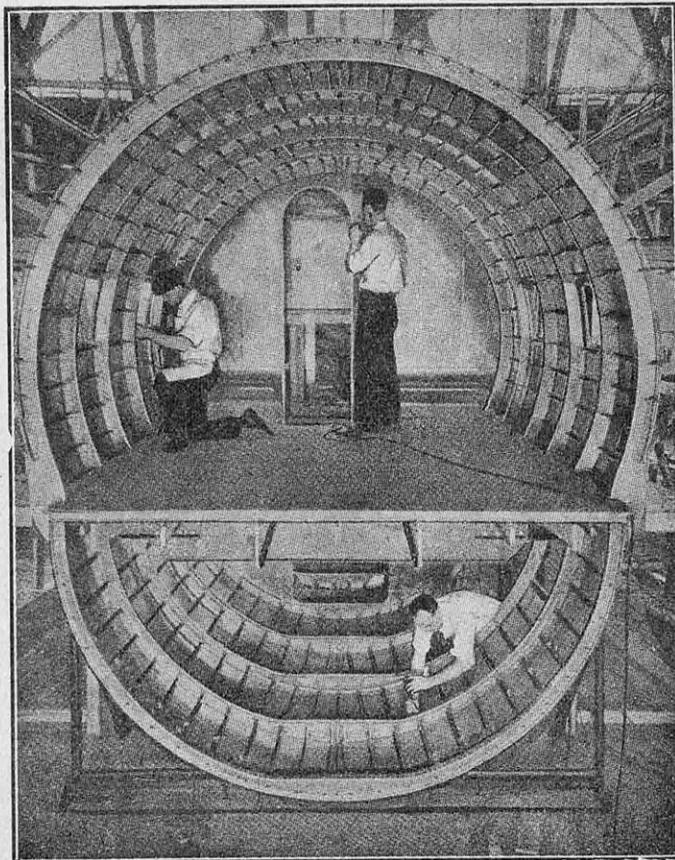
La même guerre d'Espagne avait fourni la contre-épreuve. L'artillerie gouvernementale, beaucoup moins puissante que l'artillerie nationaliste, ne pouvait pas agir efficacement à plus de 5 000 m. Les expéditions de bombardement conduites

de Majorque contre les ports gouvernementaux s'empressèrent de mettre à profit cette insuffisance en se présentant au-dessus de leurs objectifs à une altitude un peu supérieure. Elles purent ainsi travailler en toute sécurité et bombarder avec un rendement acceptable les navires et les quais.

Mais les gouvernementaux ne tentèrent pas plus de se procurer une artillerie de D. C. A. à grande puissance que d'envoyer leurs expéditions de bombardement à très grande altitude. Aussi resta-t-on dans l'incertitude sur la valeur respective d'une artillerie de D. C. A. moderne

et d'une aviation décidée à utiliser l'intégralité de son plafond.

Dès les premiers jours de la guerre de 1939, le doute fut levé. Les avions allemands ne trouvant en face d'eux, sur le front français, qu'une artillerie de même puissance que celle des gouverne-



T W 5037

FIG. 2. — LE FUSELAGE DU CURTISS-WRIGHT CW-20

Le fuselage à section ovale qui répond au mieux aux exigences combinées de l'aérodynamique et de l'aménagement intérieur, ne convient pas au rétablissement de la pression qui le gonflerait aussitôt sous forme de fuselage à section circulaire. On a tourné la difficulté en composant la charpente résistante de deux segments circulaires se rejoignant sur le plancher et carénés extérieurement par une tôle légère non résistante au voisinage des angles rentrants. Le plancher fait alors partie de la charpente résistante; il travaille à la tension pour équilibrer les tractions qu'exercent sur lui les segments circulaires. Cette disposition a été inaugurée depuis plus de trente ans sur les dirigeables trilobés Astra-Torrès; elle a été reproduite sur les ballons de barrage les plus récents. Elle est plus légère, à volume intérieur donné, que la section entièrement circulaire.

mentaux espagnols, passaient sans encombre. Mais, après quelques échecs à plus basse altitude, les aviations française et britannique découvrirent qu'au-dessus de 6 000 m la vitesse des avions de 1939 les protégeait des coups de 88 mm, au moins autant que la vitesse des avions de 1918 les protégeait à 4 000 m des coups de 75 mm. La leçon s'étendait évidem-

haute altitude confirment l'efficacité de cette parade.

Restait à se protéger de la chasse. Les deux adversaires y parvinrent de façon différente, adaptée à leur situation particulière.

Les aviations française et britannique eurent recours au vol de nuit à une altitude qui réduisait beaucoup le ren-

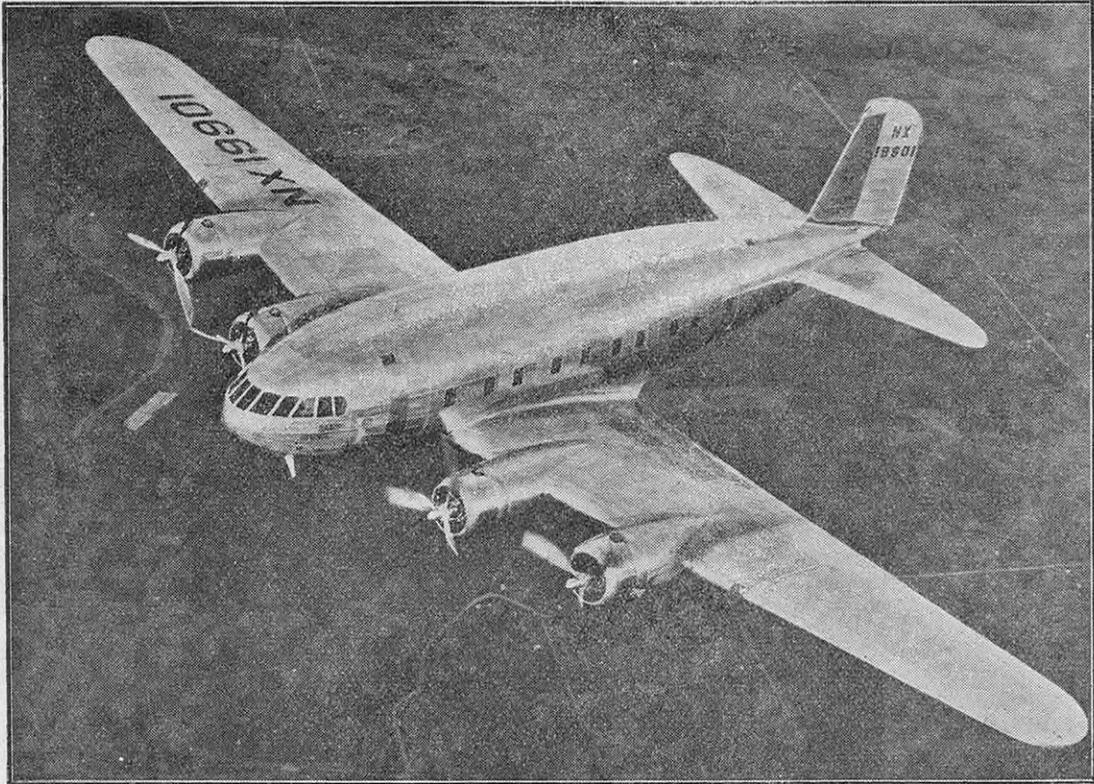


FIG. 3. — LE BOEING « STRATOLINER »

T W 2974

Le Boeing Stratoliner est un quadrimoteur à moteurs Wright Cyclone, dont les caractéristiques sont les suivantes : Poids en charge : 20 200 kg. Nombre de passagers : 33 de jour, 25 de nuit. Vitesse maximum : 400 km/h. Vitesse de croisière : 370 km/h. La cabine sous pression, à section circulaire, permet de rétablir à 6 100 m la pression régnant naturellement à 3 750 m. L'appareil est commandé en série par les TWA (Transcontinental & Western Airlines); il permet presque la traversée sans escale de nuit des Etats-Unis, avec son rayon d'action de 3 800 km à charge réduite (17 passagers).

ment aux avions allemands survolant les batteries de 94 mm de la D. C. A. britannique, et, lorsqu'elles apparurent en nombre appréciable, les batteries de 90 mm de la D. C. A. française. Un relèvement de 2 000 m de l'altitude jusqu'alors jugée la plus favorable à la navigation et au bombardement suffisait à protéger l'avion, et les maigres résultats que, de l'aveu des belligérants eux-mêmes dans leurs communiqués journaliers, leurs artilleries obtiennent contre les expéditions à

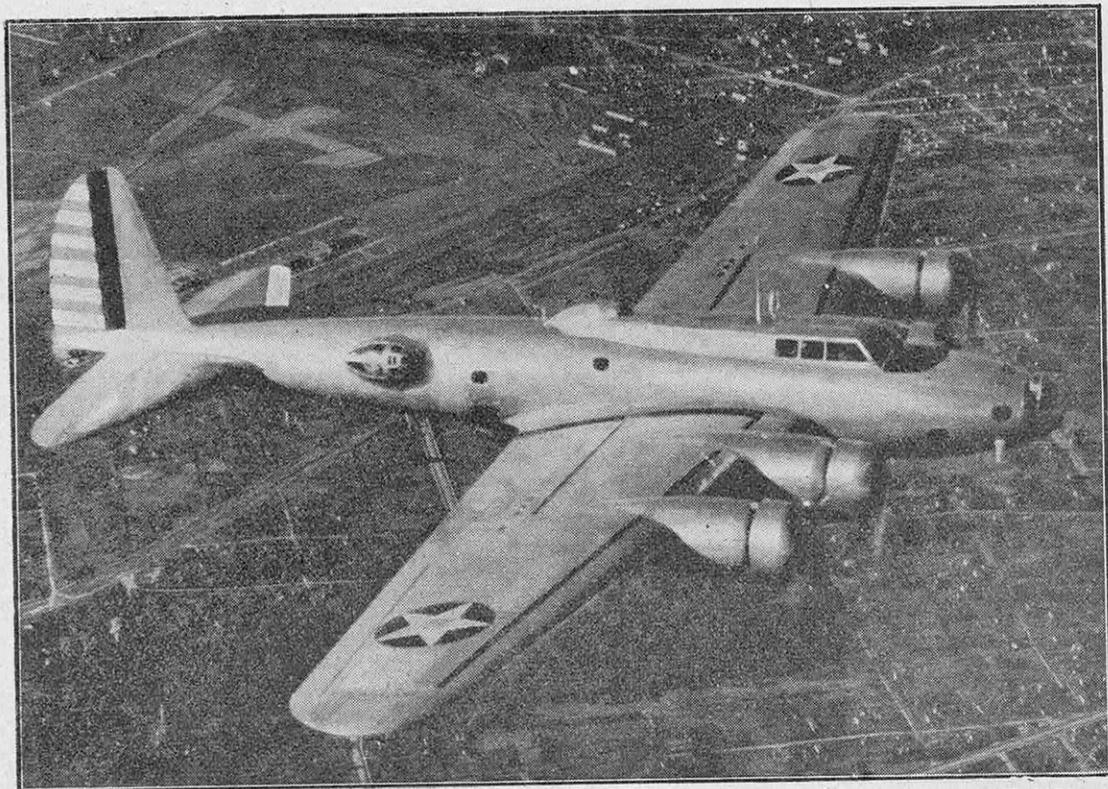
dement de la chasse en secteur éclairé, la vitesse suffisant comme parade de la chasse en secteur obscur. Depuis l'élimination de l'aviation française, la Royal Air Force persévera dans cette tactique, ne se hasardant aux opérations de jour que contre les objectifs côtiers, où le recours aux très hautes altitudes est une protection généralement suffisante contre la menace de la chasse.

L'aviation allemande s'en tint d'abord au bombardement de jour, le plus sou-

vent avec accompagnement de la chasse dont la proximité des objectifs permettait l'engagement. Ce n'est que plus récemment qu'elle compléta l'action de jour par l'action de nuit, dans les mêmes conditions que l'aviation britannique. Mais, simultanément, elle poussait au maximum l'utilisation de l'altitude pour le bombardement de jour, en introduisant

tible emporté, permettent aux expéditions de jour allemandes la navigation entre 10 000 et 12 000 m. Selon les déclarations officielles britanniques reproduites dans la presse neutre, des escadrilles de bombardement allemandes auraient même été rencontrées à 12 300 m.

S'en tiendra-t-on là? Les 12 500 m sont très certainement le plafond pratique des



T W 2977

FIG. 4. — LE DERNIER MODÈLE DE « FLYING FORTRESS » AVEC MOTEURS A TURBO-COMPRESSEURS

Sur le dernier modèle de leur Boeing B-17-B, la « forteresse volante », l'aviation américaine a monté des turbo-compresseurs rétablissant à plus haute altitude que le compresseur mécanique. Ce type d'avion était donné comme « bombardier substratosphérique » immédiatement avant la guerre, alors que l'altitude d'emploi normal des avions à compresseur mécanique était estimée à 5 000 ou 6 000 m. Aujourd'hui, où ces derniers sont employés à 10 000-12 000 m, il n'est pas douteux que la « forteresse volante », utilisée à rayon d'action et charge de bombes modérés, serait un excellent bombardier stratosphérique.

pour la première fois d'une façon régulière l'aviation militaire dans la stratosphère. L'entrée en service des nouveaux moteurs DB-601 et DB-603 à puissance nettement accrue par rapport aux moteurs de 1939, l'emploi comme bombardiers légers des Messerschmitt-109 avec un très faible chargement de bombes, le remplacement des bombardiers lourds tels que les Do-17 par les bombardiers à moindre charge utile dérivés du Messerschmitt-110, la proximité des objectifs et la réduction corrélative du poids de combus-

avions militaires actuels avec les plus puissants moteurs en service, rétablissant entre 4 000 et 5 000 m. Mais la presse britannique nous annonce que son industrie aéronautique étudie des moteurs rétablissant à 12 000 m; il faut alors envisager des plafonds de l'ordre de 20 000 m pour les appareils qui les recevront. L'industrie américaine, qui fut la première à mettre au point les compresseurs à turbine d'échappement et les appareils à cabine étanche pour le transport des passagers à haute altitude, est

parfaitement qualifiée pour suivre le mouvement. Et l'on peut être certain que les aviations allemande et italienne, pour être plus discrètes sur leurs intentions et leurs études, ne se laisseront pas distancer sur une question capitale pour l'issue de la lutte.

### Les objections à l'aviation militaire stratosphérique à la lumière de la guerre de 1939

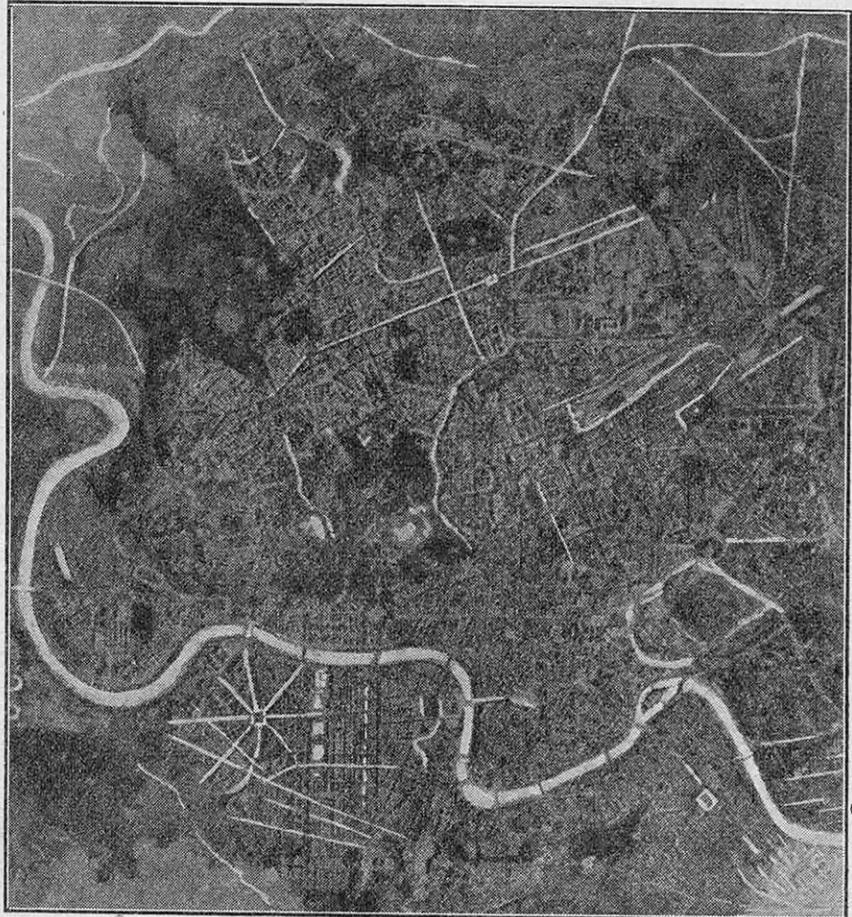
Ni le moteur rétablissant à 12 000 m, ni la cabine étanche ou le scaphandre aérien ne posaient de difficultés sérieuses à l'industrie aéronautique. Comment a-t-on pu aborder une guerre qu'on avait eu vingt ans pour préparer avec un pareil retard sur les possibilités de la technique actuelle?

Que faire, objectaient les auteurs de programmes, des plafonds de 20 000 m? Pouvait-on espérer quelque précision d'un lancement à pareille altitude, et même moitié moins haut, quand l'expérience de la guerre de 1914

montrait l'extrême dispersion des lancements entre 2 000 et 4 000 m? Et si les bombardiers n'y allaient pas, qu'iraient y faire les chasseurs?

Assurément, l'altitude n'est guère favorable à la précision du lancement, et ce n'est ni à 20 000 m, ni même à 12 000 m, qu'on peut espérer atteindre avec un rendement raisonnable un objectif de dimensions réduites. Mais pareille objection peut être faite, avec plus de raison encore,

à l'accroissement des vitesses, et toute l'histoire du bombardier depuis cinq ans n'est cependant qu'une course à la vitesse dans l'espoir d'échapper à la chasse. Il



T W 2978

FIG. 5 — VUE AÉRIENNE DE ROME A 8 000 M

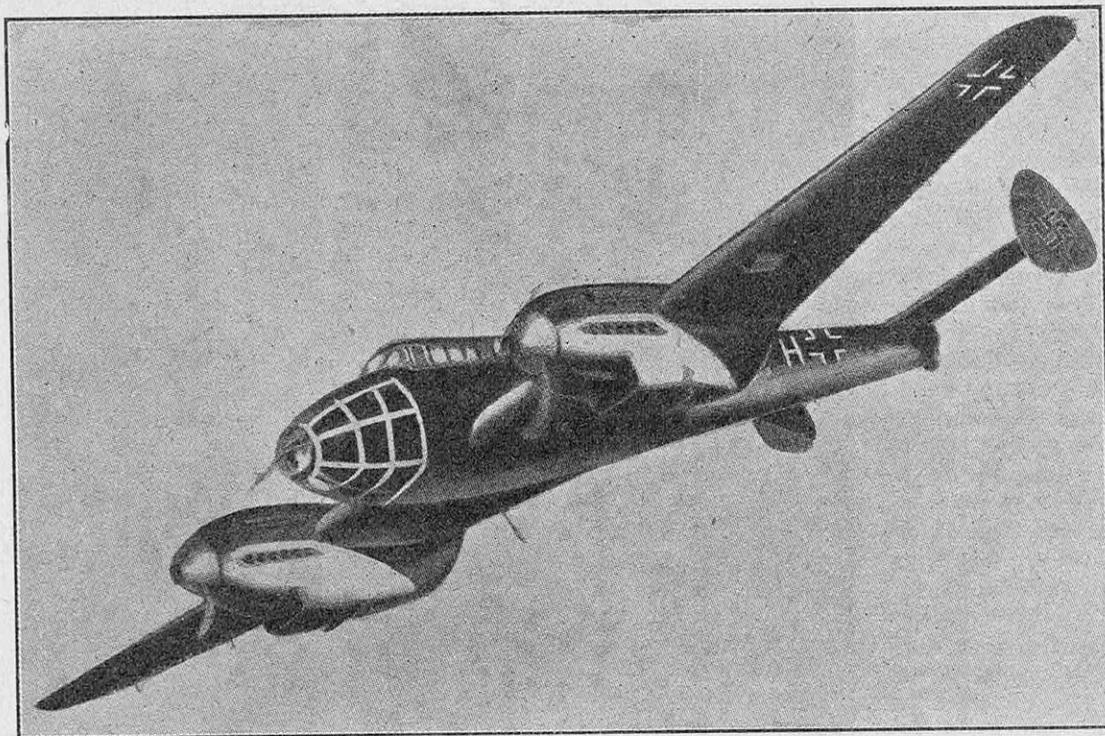
*Si la navigation à très haute altitude n'est guère favorable à la précision du bombardement et des reconnaissances, la visibilité par temps clair est néanmoins très suffisante pour qu'on puisse distinguer et atteindre des objectifs de grande étendue. Cette photographie aérienne de Rome à 8 000 m, prise et publiée en 1935, montre qu'un observateur exercé parvient parfaitement à repérer dans une grande ville les objectifs qu'il a pour mission de bombarder. D'autres photographies, prises à la même époque jusqu'à 20 000 m par le professeur Piccard au cours de ses ascensions en ballon libre, ne laissent aucun doute sur la possibilité d'utiliser ces altitudes dans un but militaire.*

a fallu renoncer aux méthodes en usage pour l'exécution des lancements d'exercice à l'époque qui n'est pas si lointaine où l'on réduisait au minimum la vitesse d'un avion chargé à 50 kg au mètre carré; les méthodes de lancement et les objectifs se sont adaptés aux vitesses réalisables, et la vitesse ne s'est pas réduite pour satisfaire aux exigences des unes et des autres. Croyons bien qu'en une période de crise aiguë du personnel navigant, dès

qu'on aura doté l'aviation de bombardement d'appareils à très haut plafond, les méthodes de lancement s'adapteront et les objectifs se choisiront de manière qu'on puisse utiliser les possibilités nouvelles. Les objectifs ne manquent pas, à commencer par Londres, Berlin ou Rome, en allant jusqu'à des villes ou des ports

on comprend qu'on tente d'échapper aussi bien sur la troisième dimension que sur les deux autres.

Au fond, la seule objection sérieuse aux opérations à haute altitude et aux avions qui les permettent était d'ordre physiologique : l'homme supporte difficilement les altitudes auxquelles les exigences des



T W 2976

FIG. 6. — LE MESSERSCHMITT 110, BIMOTEUR A USAGES MULTIPLES DE LA LUFTWAFFE

*Le Messerschmitt 110 a été construit d'abord comme appareil de chasse avec un armement mixte puissant de canons et de mitrailleuses. Une version, comportant le transport des bombes en fuselage, est utilisée comme appareil de bombardement à rayon d'action et charge utile modérés, mais à très grande vitesse. Ces deux types d'avions, munis de moteurs poussés à 1 500 ch, avec faible charge d'essence et de bombes, sont actuellement utilisés par l'aviation allemande dans le bombardement de jour de l'Angleterre, jusqu'à une altitude de plus de 12 000 m.*

d'étendue bien moindre, où le lancement à 20 000 m conserve une précision suffisante.

Il reste, dans le sentiment manifesté jusqu'ici à l'égard du plafond, une trace du mépris de Douhet envers ces performances qui, comme la vitesse, ne servent qu'à « rejoindre l'adversaire ou à le fuir ». On espérait que le bombardier, qu'on croyait puissamment armé parce qu'on lui avait monté deux ou trois tourelles, pourrait résister au chasseur. L'expérience s'est prononcée; le seul moyen vraiment efficace pour résister à la chasse est de ne pas la rencontrer. Même si l'on ne nourrit guère d'illusion sur le résultat,

opérations aériennes le contraignent aujourd'hui de se battre.

Pareille objection avait été faite à l'accroissement des vitesses quand, confondant la vitesse et l'accélération, on s'obstinait à se demander comment l'organisme résisterait aux efforts au cours d'évolutions. A vrai dire, la difficulté, jugée sérieuse lorsqu'il s'agissait de passer du chasseur à 280 km/h au chasseur à 350 km/h, paraît sans importance lorsqu'on attend avec impatience les avions américains du programme dit « des 400 milles à l'heure ». On se résigne à admettre qu'il faudra encore augmenter les rayons de virage, tout comme, en

passant des autos qui faisaient 60 km/h à celles qui font 120 km/h, il a fallu se résigner à n'utiliser la vitesse maximum que dans un nombre de virages réduit.

L'objection, en ce qui concerne l'altitude, est plus sérieuse, et c'est très certainement la raison de la quasi stagnation des plafonds depuis dix ans que les Hawker « Fury » et « Hart » permirent à la chasse et au bombardement d'atteindre les 10 000 m. Ces performances, qu'on ne jugeait intéressantes que par leurs répercussions sur la vitesse maximum ou la vitesse ascensionnelle aux altitudes modérées sont directement appréciées aujourd'hui où leur valeur se mesure sous les rafales de mitrailleuses. L'altitude est « inhumaine », disait-on vers 1935. On ne se doute point de ce que l'homme parvient à supporter pour échapper aux effets du feu. N'était-il pas aussi inhumain d'obliger un fantassin à passer des journées et des nuits dans la boue des tranchées quand il aurait pu avoir les pieds au sec, et de le faire ramper à l'assaut, de trous d'obus en trous d'obus, quand il avait déjà bien du mal à porter son chargement debout. Si le fantassin consent à ces sacrifices pour échapper à la mitrailleuse qui le guette,

comment l'aviateur n'en accepterait-il pas de plus durs sous la menace des rafales à la cadence de 200 coups par seconde? Tout



FIG. 7. — LE SCAPHANDRE AÉRIEN ROSENSTIEL ET GARSAUX T W 2979

*Le scaphandre aérien a fait depuis longtemps l'objet d'études et de réalisations dans la plupart des aviations. C'est en scaphandre qu'ont été conquis successivement les records d'altitude de 15 230 m de Swain et de 15 655 m du colonel Pezzi (record porté depuis à 17 083 m par ce même pilote avec une cabine étanche). La photographie représente le scaphandre français, étudié par les docteurs Rosenstiel et Garsaux, qui résout d'une manière très satisfaisante les problèmes de l'isolement thermique par un double vêtement, et celui de la souplesse des articulations qui est essentiel pour les applications militaires. En raison de la très faible pression vers 16 000 à 17 000 m, on observera que les appareils, scaphandre ou cabine étanche, convenant à ces altitudes, résistent tout aussi bien à 20 000 ou 30 000 m. Le problème des hautes altitudes n'est plus alors qu'une question de moteur.*

ce que les aviateurs militaires auront gagné dans leur essai de reculer une échéance inéluctable, c'est de faire affronter aujourd'hui à leur personnel les altitudes de 10 000 à 12 000 m avec un simple inha-

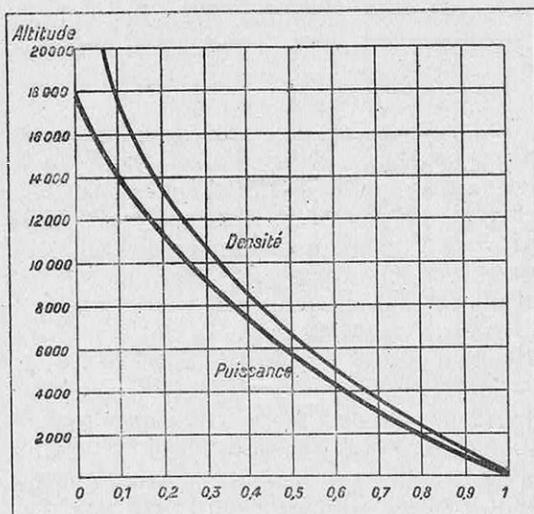


FIG. 8. — DENSITÉ ET PUISSANCE EN FONCTION DE L'ALTITUDE

Les courbes ci-dessus donnent, en fonction de l'altitude, la densité de l'atmosphère standard et le coefficient de réduction de puissance d'un moteur non suralimenté.

lateur quand il ne tenait qu'à elles de le faire travailler beaucoup plus commodément et efficacement avec un scaphandre.

### La course au plafond et les répercussions sur le matériel

La course au plafond n'aura pratiquement aucune répercussion sur les cellules. Les charges au cheval et les charges au mètre carré qui donnent aujourd'hui les plafonds de 12 000 m conviennent encore très bien aux plafonds de 20 000 m ; on ira simplement plus vite dans de l'air moins dense.

Les seules répercussions importantes concernent le moteur, et plus précisément le compresseur et le refroidissement.

#### Le compresseur

Le relèvement de l'altitude de rétablissement n'impose pas de changement dans le mode de commande du compresseur (1). La commande par une turbine à gaz d'échappement a longtemps été considérée comme la seule solution parfaite du problème de la suralimentation en altitude, et il est certain que la répartition normale des fonctions entre le piston et l'ailette réserve à celle-ci le domaine des basses pressions et à celui-là le domaine des hautes pressions, aussi bien pour la compression que pour la détente. Le mo-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 87.

teur alternatif seul n'est pas plus capable d'utiliser les basses pressions de la stratosphère que les vides élevés des condenseurs modernes de machines à vapeur ; la turbine s'impose dans les deux cas.

Mais cette récupération par une turbine de la puissance perdue dans les gaz d'échappement présente des difficultés qui ne paraissent guère avoir été résolues que sur certains moteurs américains. D'autre part, l'emploi direct, par réaction, des gaz d'échappement à la propulsion, dont le rendement est proportionnel à la vitesse de l'avion, commence à être très intéressant aux vitesses de 700 à 750 km/h qu'on obtiendra aux nouveaux plafonds. On peut donc parfaitement continuer à prélever sur l'arbre du moteur autant de puissance qu'il en faudra pour conduire un compresseur à commande mécanique à toute altitude jugée désirable.

La transformation la plus sérieuse porte sur la constitution même du compresseur. Il suffit de regarder les moteurs d'avion les plus réputés pour constater qu'on n'a guère accordé jusqu'ici à cet accessoire que quelques kilogrammes et quelques décimètres cubes, sans se soucier de la puissance qu'il absorbait ni de la tempéra-

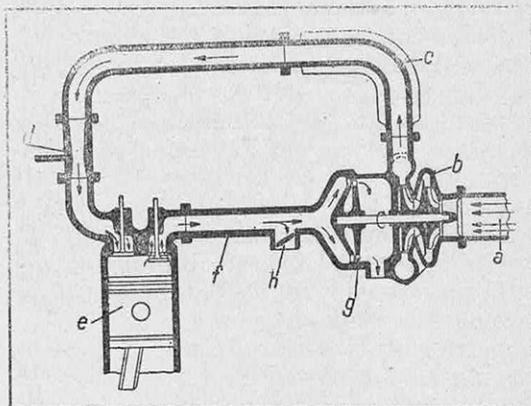


FIG. 9 — SCHÉMA D'UN MOTEUR A TURBO-COMPRESSEUR

L'air entrant par la tubulure d'admission a est comprimé en b dans un compresseur à deux étages, puis refroidi en c dans un radiateur. Il passe dans le carburateur, puis dans le moteur e, puis dans la turbine à gaz d'échappement g. Un by-pass h permet le réglage de la vitesse de rotation du turbo-compresseur. Le refroidissement après compression est indispensable pour conserver au moteur une puissance convenable par litre de cylindrée dès que l'on veut rétablir la puissance vers 6 000 ou 8 000 m. Le refroidissement entre étages du compresseur (non représenté) devient indispensable pour le rendement de celui-ci dès que l'on veut rétablir la puissance vers 10 000 ou 12 000 m.

ture de l'air qu'il débitait. Sur certains moteurs où l'on se donnait bien du mal pour trouver quelque moyen de relever la puissance au litre de cylindrée, le plus simple n'eût-il pas été de prêter attention à la température de l'air à l'admission, même s'il eût fallu consentir quelque sacrifice de poids et d'encombrement pour l'amélioration du rendement du compresseur, et empâter quelque peu le sobre dessin des tuyauteries?

Si ce genre de considérations pouvait à la rigueur être négligé dans la construction de moteurs rétablissant entre 4 000 et 5 000 m, il est la condition même de la réussite d'un moteur rétablissant à 12 000 m. Le compresseur à roue unique est alors inadmissible; la compression en deux ou trois étages s'impose, avec refroidissement de l'air entre étages.

### *Le refroidissement*

C'est un deuxième point où les sujétions imposées par l'altitude vont bouleverser l'industrie des moteurs; le bouleversement doit aller jusqu'à l'élimination complète du moteur à refroidissement direct dans les applications militaires.

Plus simple, plus économique en prix d'achat comme en consommation, le moteur à refroidissement direct supportait difficilement la concurrence du moteur à refroidissement par liquide au cours des dernières années; n'en cherchons pas d'autre preuve que l'adoption intégrale de ce dernier type par l'aviation militaire allemande.

L'augmentation continue des puissances au litre de cylindrée avait déjà porté un sérieux coup au refroidissement direct. L'évacuation de la fraction de leur énergie calorifique que les gaz de l'explosion transmettent à la paroi se faisait de plus en plus ardue. Le refroidissement par liquide s'en tirait avec une simple augmentation de la surface du radiateur; mais le développement de la surface d'échange par l'emploi d'ailettes plus serrées et plus hautes résolvait mal le problème pour le moteur à refroidissement direct. A serrer davantage les ailettes, la théorie comme l'expérience montrent qu'on ne gagne plus rien; à les faire plus hautes, on ne gagne guère davantage, le problème étant alors de faire parvenir la chaleur au sommet de l'ailette. Dans un courant d'air de vitesse donnée, on ne peut pas indéfiniment accroître la quantité de chaleur échangeable par conduction

et convection en multipliant le volume d'ailetage à partir d'une surface de cylindre donnée; on est limité par la conductibilité du métal employé.

Le relèvement des altitudes de rétablissement joue dans le même sens. Dans les basses couches de l'atmosphère, la difficulté de refroidissement n'apparaît guère ni pour l'un ni pour l'autre des types de moteurs. La pression diminuant, les échanges de chaleur dans les surfaces radiantées établies pour le vol au voisinage du sol sont réduits dans le rapport des pressions, mais l'air se refroidissant à mesure qu'on s'élève, ils sont augmentés dans le rapport des différences de température entre la paroi et l'air ambiant. Il y a approximativement compensation, mais une étude plus détaillée montre que cette compensation se maintient beaucoup plus haut pour le moteur à refroidissement par liquide que pour le moteur à refroidissement direct.

Dès qu'on atteint la stratosphère, on ne peut plus espérer aucune compensation de cet ordre. La pression de l'air continue à décroître alors que sa température reste constante; les échanges se réduisent exactement dans le rapport des pressions. C'est ici que le moteur à refroidissement par liquide prend un avantage énorme; il lui suffit simplement de multiplier la surface de son radiateur dans le rapport inverse des pressions, quand l'accroissement des surfaces d'ailetage du moteur à refroidissement direct, déjà insuffisant pour évacuer la chaleur transmise aux parois des moteurs à grande puissance au litre de cylindrée, devient sans aucun effet.

L'entrée de l'aviation militaire dans la stratosphère marque donc le premier divorce net entre les deux types de moteurs suivant leur destination. Les moteurs en étoile de Wright, de Pratt et Whitney, de Bristol sont, dans leur genre, des synthèses des progrès de multiples techniques tout aussi remarquables qu'un Allison, un Rolls-Royce « Merlin » ou un DB-601. Les premiers ont fourni depuis une dizaine d'années à l'aviation commerciale des engins d'une sécurité parfaite, d'un prix de revient modéré, d'une sobriété et d'une facilité d'entretien inconnues du moteur en V. Les lois inexorables des échanges calorifiques leur interdisent l'entrée de la stratosphère.

Camille ROUGERON.

# QUAND LA RADIO EXPLORE LA TRÈS HAUTE ATMOSPHÈRE : RADIOSONDES ET ÉCHOS RADIOÉLECTRIQUES

par Louis HOULLEVIGUE

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille

*Seule est accessible à notre observation directe la partie la plus basse de l'atmosphère terrestre. La technique des ballons-sondes, dont certains ont atteint 30 000 m, fournit de précieuses indications sur sa composition et les conditions de température, d'hygrométrie, etc., qui règnent sur ces trente premiers kilomètres. Au delà, nous serions réduits à de simples conjectures si la radio ne mettait à notre disposition un moyen d'exploration particulièrement puissant, grâce auquel il nous est possible de mesurer d'une manière presque continue les positions et les densités d'ionisation des couches électrisées jusqu'à 400 km d'altitude et même plus. Ainsi est mise en évidence la dépendance de l'état de la très haute atmosphère avec l'activité solaire et même avec d'autres phénomènes cosmiques encore mal élucidés.*

TOUTES les sciences, collaborant avec la physique, ont concouru au prodigieux développement de la radio. La radio, à son tour, est en train de payer largement sa dette, en fournissant aux recherches de tous ordres de précieux moyens d'investigation. Voici les services qu'elle rend à l'étude de la moyenne et de la haute atmosphère. Nous avons eu déjà, à plusieurs reprises, occasion de noter les progrès réalisés, dans ces études, par les sciences française et anglaise, et spécialement des délicates méthodes de radiosondage (1) mises en œuvre par M. Bureau; aux États-Unis, l'étude méthodique par radio de la haute atmosphère progresse rapidement; nous ne saurions mieux faire que d'en présenter ici un bref exposé.

Les moyens variés mis en œuvre jusqu'ici ont poussé de plus en plus haut l'étude de l'atmosphère; les observatoires de montagne ne permettaient pas de dépasser 4 à 5 kilomètres. Depuis, l'emploi d'aéroplanes montés et porteurs d'instruments météorologiques a permis d'atteindre la limite supérieure de la troposphère, tandis que le stratostat, imaginé par le professeur Piccard (2), s'en-

fonceait, jusqu'à 22 kilomètres d'altitude, à l'intérieur de la stratosphère.

Pour pousser les observations plus loin encore, il a fallu renoncer à emporter les observateurs eux-mêmes; l'emploi du ballon-sonde, emportant dans une légère nacelle les instruments enregistreurs, a permis de pousser les mesures jusqu'à 37 kilomètres.

Mais l'atmosphère réelle s'étend bien plus haut; assurément, elle est extrêmement diluée; divers phénomènes, comme les aurores, la propagation des ondes de T.S.F., les rayons cosmiques (1), nous avertissent pourtant qu'elle joue, à ces grandes altitudes, un rôle important, peut-être même essentiel pour l'explication des phénomènes météorologiques de la troposphère: à 100 kilomètres, par exemple, bien que la pression atmosphérique soit réduite à un centième de millimètre, chaque centimètre cube d'air contient encore quatre cent mille milliards de molécules gazeuses; l'action de certaines radiations solaires ultraviolettes, peut-être aussi celle des rayons cosmiques, les ionisent et les mettent dans un état d'instabilité qui permet d'expliquer certaines anomalies. On sait, en particulier, comment on a été amené à envisager l'existence d'un certain nombre de cou-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 14.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 184, page 334.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, page 92.

ches ionisées, réfléchissantes ou absorbantes pour les ondes électriques; la figure 1 nous donne une représentation de ces couches, en leurs positions moyennes, mais leur altitude, ainsi que la densité de leur ionisation, éprouvent des variations accidentelles, diurnes et saisonnières, dont l'étude présente un intérêt capital.

A ces recherches la radio peut contribuer de deux manières différentes: dans l'atmosphère inférieure, jusqu'à une trentaine de kilomètres, par les méthodes de radiosondage; plus haut, jusqu'à 400 kilomètres et même au delà, par la méthode des échos produits par réflexion sur les couches successives de l'ionosphère.

### Le ballon-sonde et les méthodes américaines de radiosondage

L'emploi d'un ballon-sonde muni d'appareils enregistreurs, inauguré par nos compatriotes Hermitte et Besançon, est en usage dans les principales stations météorologiques du monde civilisé; malgré les indéniables progrès qu'il a permis de réaliser, on peut lui reprocher de donner des indications trop tardives, car il s'écoule un temps notable, souvent plus de huit jours, avant que le panier porteur des instruments et soutenu par un parachute ait été ramené à sa station de départ... lorsqu'on le retrouve. Ces délais seront supprimés si le ballon-sonde emporte un appareil émet-

teur d'ondes, qui transmette automatiquement les indications des instruments à un poste récepteur placé sur le sol.

Le dispositif réalisé aux Etats-Unis par le National Bureau comprend donc, outre ces divers instruments, baromètre, thermomètre, hygromètre, etc., le transmetteur de T.S.F. dont les modèles, successivement perfectionnés depuis 1937,

ont pris, en 1939, la forme présentée par la figure 3.

Considérons spécialement les mesures d'altitude, nécessaires dans tous les cas: elles sont déduites des indications d'un baromètre anéroïde représenté sur la figure 4, dont les mouvements amplifiés commandent un contact mobile, interrompant et rétablissant l'émission des ondes; chaque émission se fait sur une fréquence proportionnelle aux indications du baromètre; ainsi sont connues les valeurs successives

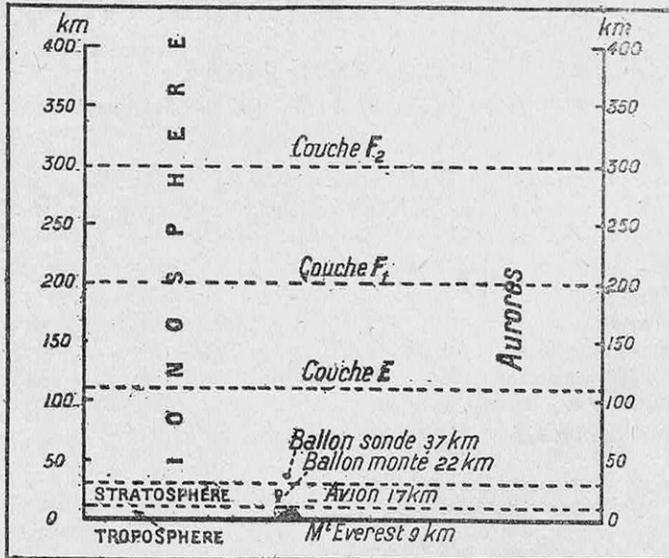


FIG. 1. — STRUCTURE SCHEMATIQUE DE L'ATMOSPHERE TERRESTRE  
L'altitude maximum atteinte par un avion est de 17 083 m (record établi le 22 octobre 1938 par le colonel italien Mario Pezzi sur avion Caproni 161 à Montecelio). Le record d'altitude pour ballon monté appartient aux capitaines américains O. A. Anderson et A. W. Stevens qui atteignirent 22 066 m sur leur ballon « stratosphérique », le 11 novembre 1935. Enfin, un ballon-sonde lancé par le National Bureau of Standards américain s'éleva, en 1938, à 37 000 m environ, dépassant de peu la limite théorique de la stratosphère. Dans la troposphère, siège des perturbations atmosphériques, la température décroît constamment avec l'altitude; elle demeure constante aux environs de  $-55^{\circ}$  C dans la stratosphère, sauf légères variations avec la latitude. Les dernières mesures directes de la température ne dépassent pas 30 000 m. Au-dessus s'étend l'ionosphère où se manifestent les aurores boréales et qui joue un rôle capital dans la propagation des ondes hertziennes par suite de la présence de couches électrisées (ionisées) de position et d'intensité très variables.

ves de la pression, d'où on déduit, par un calibrage préalable, celles de l'altitude.

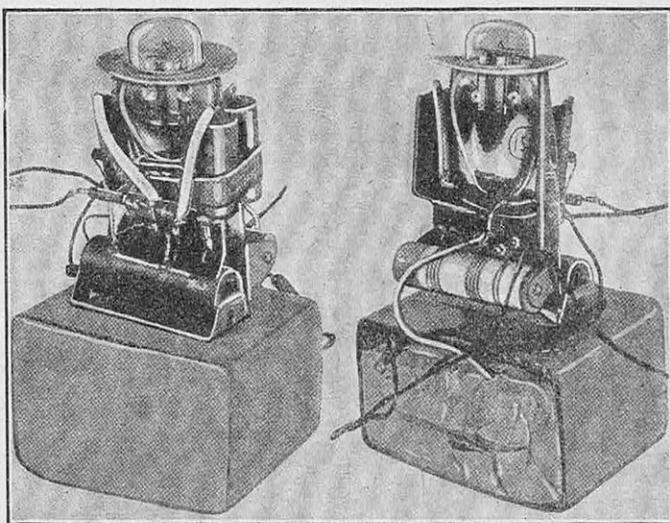
D'autre part, un tube capillaire en V, rempli d'un liquide conducteur et incongelable, détermine par ses variations de résistance électrique la température à chaque niveau. Les appareils récents sont équipés d'un hygromètre électrique qui utilise les variations de résistance d'un film imprégné de chlorure de lithium.

En dehors de la pression, de la température et de l'humidité, la nacelle du ballon peut porter d'autres dispositifs,

mesurant la vitesse du vent, la conductibilité électrique de l'air, le gradient de potentiel, le rayonnement solaire et même les rayons cosmiques, en somme tout un laboratoire de recherches physiques, météorologiques et astronomiques; nous en verrons tout à l'heure un exemple.

Suivons maintenant jusqu'au sol les ondes, interrompues et modulées, émises de la nacelle; elles sont reçues par une antenne qui les transporte à un fréquencesmètre, d'où elles partent pour impressionner un film en déroulement régulier; finalement, on obtient un graphique analogue à celui que représente la figure 5.

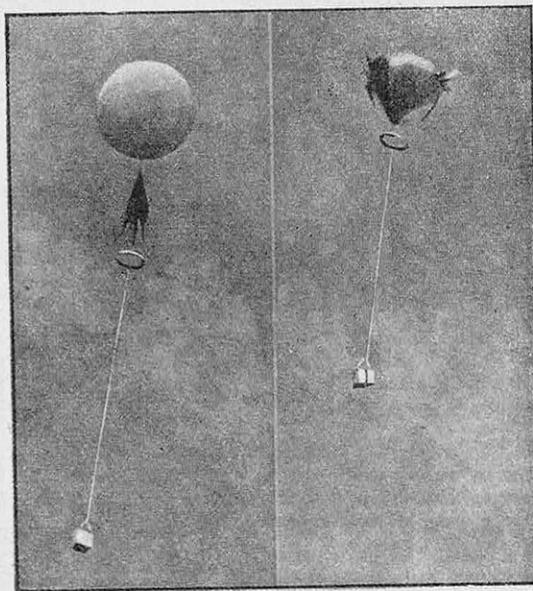
L'appareil est emporté par



T W 2996

FIG. 3. — L'ÉMETTEUR QUI ÉQUIPE LES BALLONS-SONDES

*Cet émetteur ultra-moderne comporte une seule lampe. Il est monté sur le compartiment contenant les batteries d'alimentation dont l'isolement thermique est très soigné pour assurer la constance des caractéristiques des circuits de mesure.*



T W 5035

FIG. 2. — LES DEUX ASPECTS D'UN BALLON-SONDE AMÉRICAIN : A LA MONTÉE ET A LA DESCENTE

*Le ballon en caoutchouc gonflé à l'hélium mesure au sol 1,50 m de diamètre. Il emporte une petite boîte contenant un baromètre, un thermomètre, un hygromètre et un émetteur d'ondes avec ses batteries d'alimentation. Si on le désire, d'autres instruments peuvent être installés pour mesurer la vitesse du vent, la conductibilité électrique, le gradient de potentiel, les rayons cosmiques, l'intensité de la radiation ultraviolette, etc. Immédiatement sous le ballon est fixé un parachute qui s'ouvre à la descente. L'ensemble pèse quelque 900 g et coûte 29 dollars (25 dollars pour les instruments, 2 dollars pour le ballon, 1 dollar pour le parachute et 1 dollar pour l'hélium).*

un ballon en caoutchouc, gonflé à l'hélium, dont le diamètre au départ est voisin de 1,50 m et auquel est attaché un parachute de soie qui s'ouvrira automatiquement, à l'éclatement du ballon, pour modérer la descente (figure 2); l'appareillage lui-même est contenu dans une boîte de volume inférieur à 600 centimètres cubes; l'ensemble pèse moins d'un kilogramme et le prix de revient du ballon-sonde complet est d'environ 29 dollars, mais il faut ajouter qu'une fois sur deux, la nacelle est retrouvée et que les appareils peuvent servir à nouveau.

Le graphique enregistré, à titre d'exemple, sur la figure 5 porte verticalement, à gauche, les altitudes évaluées en pieds (30 centimètres), et verticalement, à droite, en minutes, le temps solaire vrai, l'ascension et la descente ayant duré, au total, 1 heure 40 minutes. La nacelle emportait six instruments: un baromètre, un thermomètre, trois hygromètres et un pyréliomètre, mesureur du rayonnement solaire. Les indications de ce dernier, inscrites sur le graphique, montrent que ce rayonnement s'accroît progressivement jusqu'à environ 3 kilomètres, où la radiosonde émerge des brouillards; puis, après diverses fluctuations dues à la rencontre de nuages isolés, il se fixe quand l'appareil est sorti définitivement de la zone nuageuse. Quant aux hygromètres à cheveu et aux

hygromètres à chlorure de lithium, ils ont donné des indications divergentes, dont la discussion a permis de donner la préférence à ces derniers. Enfin, le thermomètre montre l'existence de deux *points d'inversion*, c'est-à-dire de zones où la température cesse de baisser à mesure qu'on s'élève, aux altitudes de 7 et 10 kilomètres (23000 et 33000 pieds).

L'intérêt de semblables mesures, poursuivies méthodiquement, se concentre sur les recherches météorologiques : elles nous montrent, en effet, sur place, les grandes masses d'air, chaudes ou froides, humides ou sèches, qui s'affrontent dans l'atmosphère et qui conservent longtemps leur individualité sans se mélanger ; c'est sur leurs surfaces de contact qu'apparaissent les discontinuités, les « fronts » où prennent naissance les principaux troubles atmosphériques : nuages, brouillards, orages et tempêtes.

### L'étude de l'ionosphère

La radio met à notre disposition une seconde méthode spécialement adaptée à l'étude de la très haute atmosphère. Instituée en Angleterre par Appleton, elle consiste à utiliser les échos produits par les ondes réfléchies sur les couches ionisées qui existent, à des hauteurs comprises entre 100 et 400 kilomètres. La figure 6 nous représente cet état électrique

moyen ; on y a représenté les trajets possibles des ondes électriques, dont les unes traversent les couches ionisées, tandis que d'autres, émises par un centre (Denver), sont recueillies par les postes récepteurs (Chicago, Washington) après réflexion

sur les couches E et F<sub>2</sub>. On a également figuré, sur la droite, des surfaces hachurées montrant l'importance moyenne de l'ionisation dans chacune des trois couches E, F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>, mesurée par le nombre d'ions au centimètre cube. Mais ce n'est là qu'un état moyen, et c'est parce qu'il varie constamment qu'il importe d'en suivre les variations et d'en chercher les causes.

La mesure de la hauteur se déduit, comme on sait, du temps d'écho, c'est-à-dire de l'intervalle de temps qui

sépare les arrivées de l'onde réfléchie et de l'onde transmise directement sur la surface du globe, ces deux ondes se propageant avec la vitesse de la lumière. Quant aux phénomènes produits à la rencontre de l'onde et de la couche conductrice, ils sont liés avec la composition de celle-ci : aux altitudes envisagées, les molécules sont séparées par d'assez larges distances, de telle sorte que leurs chocs sont rares ; elles conservent donc longtemps l'état d'ionisation dans lequel elles ont été mises par l'ultraviolet solaire. Lorsqu'une onde électrique pénètre dans ce milieu ionisé, le champ électrique alternatif qu'elle pro-

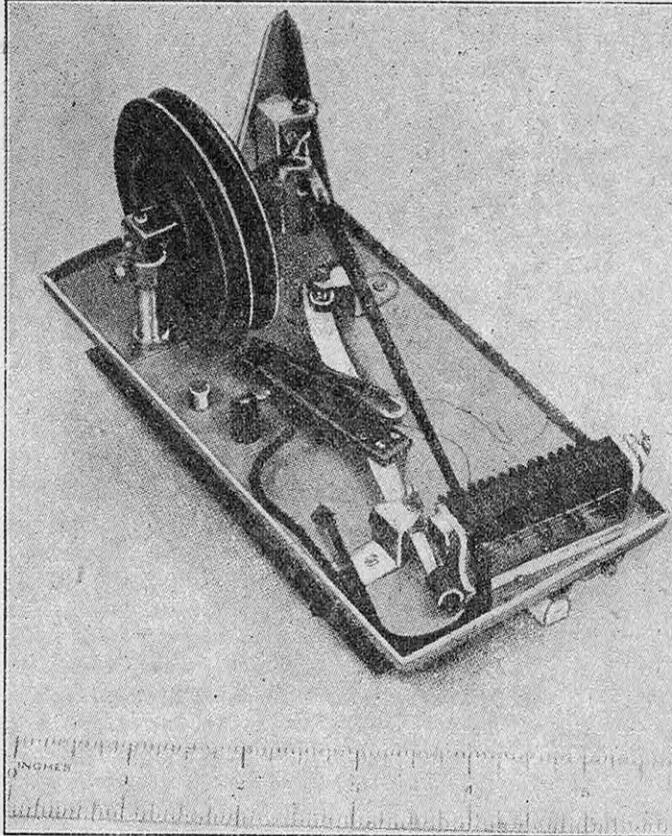


FIG. 4. — LE BAROMÈTRE DU BALLON-SONDE

*L'aiguille du baromètre anéroïde se déplace sur une série de contacts permettant de mettre en route et d'arrêter aux altitudes choisies à l'avance les autres instruments de mesure. Chaque contact correspond à une valeur déterminée de la pression et par suite de l'altitude.*

duit leur imprime un mouvement d'oscillation qui les transforme elles-mêmes en émetteurs d'énergie, cette énergie étant, suivant les cas, absorbée sur place ou renvoyée vers le sol. L'étude mathématique de ces collisions montre que, plus petite est la longueur d'onde, donc plus élevée la fréquence, plus grande doit être la densité de la couche ionisante capable de réfléchir cette onde; on opère donc en élevant progressivement la fréquence jusqu'à ce qu'on atteigne la *valeur critique* pour laquelle la réflexion cesse de se produire; la densité d'ionisation est proportionnelle au carré de cette fréquence critique.

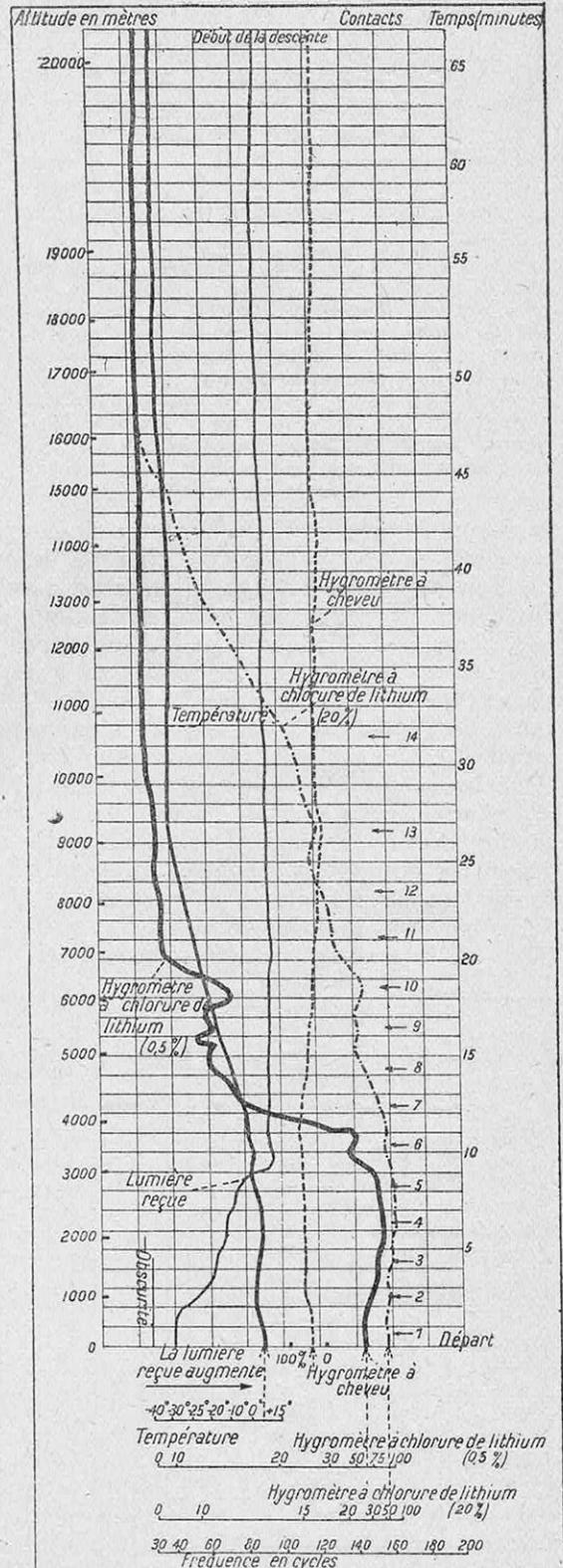
Cette méthode a été mise en œuvre par le Bureau of Standards américain qui, un jour par semaine, procède aux mesures dont nous venons de rappeler le principe; mais on estime aux Etats-Unis que ces observations devront, à brève échéance, devenir quotidiennes et porter sur diverses régions du territoire.

Suivant un ordre géocentrique, M. Dellingner note les résultats obtenus par la méthode des échos sur les couches successives de l'atmosphère, en commençant par les plus rapprochées du sol. En ce qui concerne la troposphère, ces résultats sont d'intérêt secondaire.

Au contraire, c'est à l'emploi de cette méthode que nous devons presque toutes nos connaissances sur les hautes couches ionisées. Parmi les résultats apportés par la science américaine, signalons seulement ceux illustrés par les figures 7 et 8. La première indique, pour un mois d'été (juin) et un mois d'hiver (décembre), les caractéristiques des couches réfléchissantes E, F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>: en haut sont indiquées pour les différentes heures du jour, comptées de minuit à minuit

FIG. 5. — REPRODUCTION D'UN GRAPHIQUE ENREGISTRÉ AU COURS D'UN RADIOSONDAGE STRATOSPHERIQUE

Ce radiosondage a dépassé 20 000 m. A intervalles à peu près fixes, le style enregistreur dévié a tracé des lignes horizontales, le maximum de la déviation fournissant la mesure correspondante à l'instant considéré. Au bas de l'enregistrement ont été dessinées les échelles graduées permettant de suivre les variations de la température, de l'humidité (trois hygromètres) et de la lumière reçue. On voit en particulier que la température a baissé jusqu'à 9 000 m et qu'elle est demeurée constante dans la stratosphère aux environs de - 55° C. L'ascension s'effectuant par ciel nuageux, la lumière reçue s'accroît brusquement vers 3 000 m où le ballon sort des nuages. A cet instant l'humidité diminue également et on peut observer un crochet dans la courbe de température.



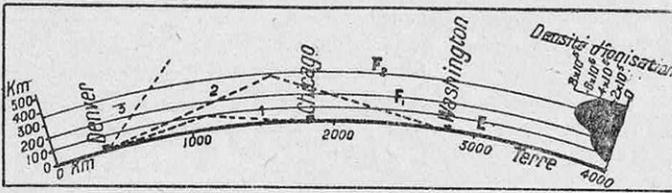


FIG. 6. — COUPE SCHEMATIQUE DE L'ATMOSPHERE PAR UN JOUR D'ÉTÉ

Les trois courbes ionisées sont représentées pour plus de simplicité par des traits fins. En réalité, elles ont une épaisseur appréciable et la densité de l'ionisation y varie d'une manière continue. A droite, le diagramme montre les valeurs relatives de cette densité dans les trois couches. Les rayons 1 et 2 indiquent deux des multiples trajets possibles pour les ondes hertziennes émises à Denver et captées à Chicago et Washington. Les ondes suivant le trajet 3 ne sont pas reçues.

en temps solaire vrai, les hauteurs de ces couches; on voit que la position de E, un peu supérieure à 100 kilomètres, ne varie pas sensiblement au cours de l'année, mais cette couche n'existe qu'entre le lever et le coucher du soleil, ce qui prouve qu'elle est créée par l'action ionisante de l'ultraviolet solaire. F<sub>1</sub> n'existe qu'en été. Quant à F<sub>2</sub>, on voit qu'elle se tient beaucoup plus haut durant la saison chaude, comme si elle s'était dilatée, ce qui diminuerait sa densité, en obligeant les ondes à y pénétrer plus profondément pour subir la réflexion.

En bas, sur la même figure, sont portées, en kilocycles, les fréquences criti-

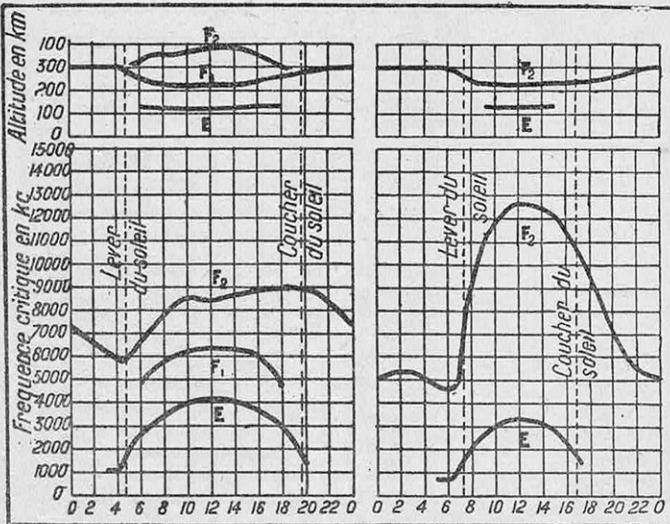


FIG. 7. — LES COUCHES IONISÉES ET LEUR DENSITÉ PENDANT UNE JOURNÉE D'ÉTÉ (A GAUCHE), ET UNE JOURNÉE D'HIVER (A DROITE) Les courbes du haut indiquent l'altitude des trois couches E, F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>, et celles du bas les fréquences critiques qui leur correspondent et permettent de mesurer leurs densités.

ques, dont le carré mesure la densité d'ionisation dans chaque couche. On observe là des variations considérables suivant les heures et les saisons; la densité croît toujours avec l'altitude de la couche consi-

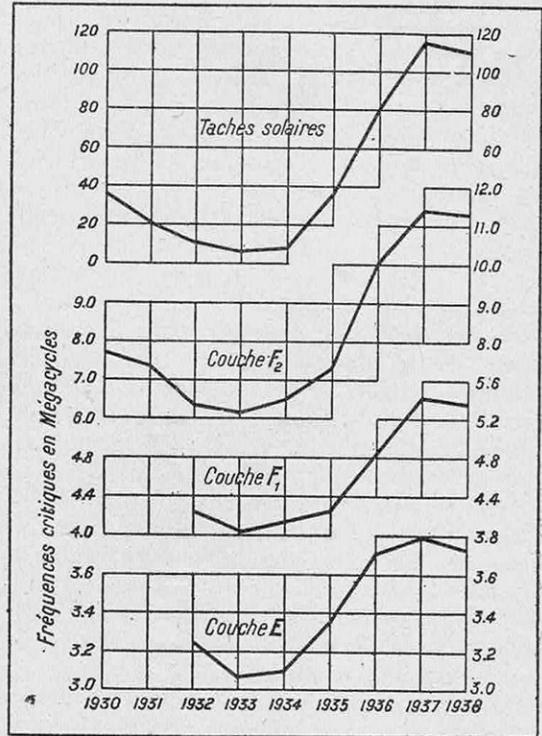


FIG. 8. — GRAPHIQUES METTANT EN ÉVIDENCE LA CORRÉLATION ENTRE LA DENSITÉ D'IONISATION DES COUCHES IONISÉES ET L'ACTIVITÉ SOLAIRE

L'activité solaire est évaluée par le nombre de taches visibles sur le soleil, et la densité d'ionisation d'après les fréquences critiques correspondant à chacune des couches.

dérée; en été comme en hiver, elle atteint sa plus grande valeur durant les heures d'insolation, ce qui prouve que, si la lumière solaire n'est pas la cause unique de l'existence de ces couches, elle en est du moins un facteur très actif.

La figure 8 nous permet de comparer ces mêmes fréquences critiques, évaluées cette fois en mégacycles par seconde, avec l'activité solaire, mesurée elle-même par les nombres de Wolf-Wolfers (Sunspot

Numbers), proportionnels à l'abondance des taches. Malheureusement, ces recherches n'ont pu être inaugurées qu'en 1932, c'est-à-dire qu'elles ne couvrent même pas un cycle complet de l'activité solaire, dont la durée est voisine de onze ans. Mais leurs résultats ne traduisent pas moins une corrélation évidente entre l'activité solaire et les densités des couches ionisées; ainsi, la fréquence critique sur  $F_1$  et  $F_2$  est deux fois plus grande en 1937, époque du maximum des taches, que lors du minimum en 1932, ce qui veut dire que la densité des ions est quatre fois plus grande, et l'énergie des radiations ionisantes seize fois plus élevée dans le premier cas que dans le second.

Tels sont les phénomènes normaux mis en lumière par la méthode des échos; l'application suivie de cette méthode a, d'autre part, fait apparaître

certaines réflexions accidentelles, dont l'origine dépasse de loin l'étendue admissible de notre atmosphère. Les ondes qui donnent naissance à ces échos lointains ont une fréquence qui dépasse la fréquence critique pour  $F_2$ , c'est-à-dire qu'elles peuvent franchir les trois couches ionisées et sortir de notre atmosphère; si elles nous reviennent après réflexion, c'est évidemment parce qu'elles ont rencontré sur leur chemin un obstacle qui les a renvoyées.

On a pensé d'abord au disque lunaire; sa distance étant de 384 000 kilomètres, la durée de l'écho devrait être 2 secondes et demie; mais on n'a jamais observé un écho de cette durée. En revanche, d'autres ont été constatés, dont l'origine reste assez mystérieuse; on imagine pourtant qu'ils ont dû se produire par réflexion

sur des nuages d'ions en provenance du Soleil, et émis peut-être par un astre lors de ses grandes éruptions chromosphériques (figure 9); le fait est que ces échos lointains sont plus fréquents lors des périodes de grande activité solaire; l'un de ces échos eut une durée de 4 minutes et un tiers, ce qui place son origine dans une région située à 40 millions de kilomètres, soit cent fois plus éloignée que la Lune, et au quart de notre distance au Soleil.

D'autres expériences, en cours aux Etats-Unis, semblent montrer

l'existence d'une action permanente, produite sur les ondes de très haute fréquence, par « quelque chose » émanant de la Voie Lactée, et plus spécialement de certaines étoiles géantes. Par delà notre atmosphère, ces recherches vont peut-être nous permettre d'atteindre les espaces ionisés en marche à travers le vide interastral; cette connaissance nous expliquera sans doute bien des choses.

L. HOULLEVIQUE.

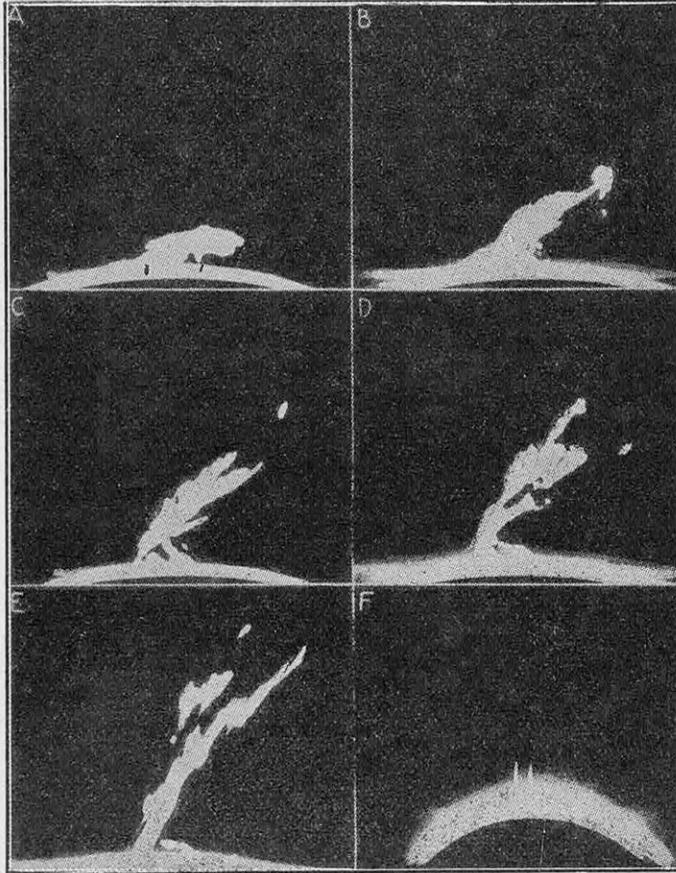


FIG. 9 — LES PHASES SUCCESSIVES D'UNE GRANDE ÉRUPTION CHROMOSPHERIQUE A LA SURFACE DU SOLEIL.

Ces remarquables photographies ont été obtenues par l'Américain R. R. Mc Math, le 17 septembre 1937. Cette éruption a atteint une hauteur de un million de kilomètres. Le cliché A a été pris à 14 h. 51 et le cliché F, le dernier, à 16 h. 06. On juge de l'énormité des vitesses atteintes par les matériaux projetés, que l'on a pu évaluer à 700 km/s.

# CONNAITRONS-NOUS UNE CRISE DU VÊTEMENT ? TEXTILES NATURELS ET TEXTILES ARTIFICIELS

par Raymond LÉVY-SECKEL  
Ingénieur Text. Brev. (E.S.F.T. B.M.)

*Une crise du vêtement nous menace. Nos vêtements, nos sous-vêtements, nos survêtements sont faits de coton, de laine, de soie, de rayonne, qui nous venaient de l'étranger, soit directement pour les textiles naturels, soit indirectement pour les textiles artificiels, qui étaient bien fabriqués chez nous, mais à partir de matières premières également étrangères. Réduire la consommation, substituer aux matières naturelles qui nous manquent des matières artificielles réellement « autarciques », chercher à tirer du sol national des matières nouvelles, telles sont les trois voies qui s'ouvrent à ceux dont la mission est de nous éviter la crise et dans lesquelles d'ores et déjà des réalisations sont en cours.*

## La fonction du vêtement

QU'EST-CE qu'un vêtement? Cette question, d'apparence enfantine, n'est pas d'une réponse aisée.

Il est clair que la définition de Larousse, « tout ce qui sert à couvrir le corps », est évasive à souhait. Pour en avoir une notion claire, pour pouvoir déterminer la fonction du vêtement, il nous faut donc rappeler préalablement quelques points de physiologie.

Les animaux homéothermes (mammifères et oiseaux) tendent à maintenir constante leur température, indépendamment des conditions caloriques ambiantes, à tel point qu'on a pu se demander (1) si le moteur animal est un moteur thermique. (Chez l'homme, en particulier, la constance de la température est si bien reconnue que l'on s'accorde à considérer tout dérèglement comme un indice de trouble physiologique). Dans des conditions normales, l'homme réagit :

— Contre l'élévation de température, en augmentant la déperdition de chaleur : par la vaso-dilatation, la sudation, la polypnée thermique (augmentation de l'évaporation pulmonaire) ;

— Contre l'abaissement de température, en diminuant cette déperdition : vaso-

constriction, diminution de la sudation (1).

Si l'on néglige les vêtements de pure pudeur employés dans les pays chauds, on peut affirmer que le vêtement est né du souci d'isoler le corps des agents externes et de l'assister dans l'exercice de sa fonction thermorégulatrice. Ce qui, du même coup, nous en donne une définition acceptable : le vêtement est une enveloppe isolante que l'homme interpose entre les agents externes et son corps, pour aider celui-ci à maintenir constante sa température. On voit que les sous-vêtements ne répondent pas à cette même définition ; et, en effet, l'étude approfondie de la question amène à bannir le concept de « vêtement » en général, pour distinguer :

1° *Les sous-vêtements*, enveloppes interchangeable et facilement détersibles, placées entre la peau et les autres vêtements ;

2° *Les vêtements*, destinés à isoler le corps des agents externes, principalement (mais non uniquement) caloriques ;

3° *Les survêtements*, portés par-dessus ces derniers, apportant un supplément de protection (froid) ou une protection spéciale (pluie, neige, poussière, etc.).

(1) De plus, il agit aussi sur la production de chaleur : exercice physique, accroissement ou réduction des rations alimentaires. Ces modes de thermorégulation, sans rapport avec le sujet, sont rappelés ici pour mémoire.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 277, page 37.

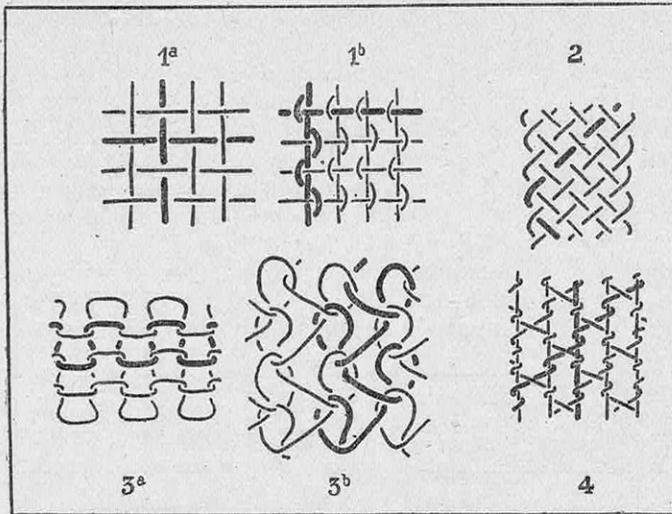


FIG. 1. — LES PRINCIPAUX PRODUITS DE L'INDUSTRIE TEXTILE UTILISÉS POUR LE VÊTEMENT

- 1 a. *Tissu (armure toile)* : Deux ou plusieurs séries d'éléments, chaînes et trames, s'entrecroisent sans sortir de plans perpendiculaires dont l'un contient l'axe du tissu. L'ordre d'entre-croisement, dit « armure », la densité et la grosseur des fils, ainsi que la matière donnent son caractère au tissu. L'armure la plus simple, dite armure toile, est représentée sur le schéma.
  - 1 b. *Tissu (gaze)* : Dans ce tissu, certains fils font des évolutions « tortueuses », que ne contient aucun plan. Ce sont les « fils de tour ».
  2. *Tresse* : Deux séries de fils se dirigent d'une lisière à l'autre, formant entre eux un angle quelconque et s'entrecroisant suivant un schéma plus ou moins compliqué (la tresse représentée est la plus simple). Arrivés à la lisière, les fils changent de route.
  - 3 a. *Tricot (à maille cueillie)* : Schéma le plus simple : un fil unique court d'une lisière à l'autre, s'accrochant à lui-même par des mailles.
  - 3 b. *Tricot (chaîne)* : Une série de fils disposés les uns à côté des autres évoluent en s'accrochant par des mailles à leurs voisins.
  4. *Tulle* : Une série de fils droits courent parallèlement à l'axe du tissu. D'autres se dirigent alternativement d'une lisière à l'autre, mais en s'entre-croisant entre eux et en tournant autour des fils droits.
- Dans chaque schéma, un fil, ou un fil de chaque sorte, a été dessiné en trait de force pour permettre d'en suivre plus facilement les évolutions.

Les vêtements et survêtements purement décoratifs, dont l'importance est grande dans l'économie, mais l'utilité immédiate strictement nulle, ne sont mentionnés que par souci de ne rien omettre. Dans tout ce qui suit, on entendra par « vêtement » aussi bien les sous-vêtements et les survêtements que les vêtements proprement dits, conservant ainsi au terme une acception voisine de son sens courant. Mais la distinction qui vient d'être faite trouvera plus loin son utilité.

### De la peau de bête au bas de soie

Tout porte à penser que les premiers vêtements protecteurs ont été de simples

peaux de bêtes, assemblées de façon fort primitive. L'idée de tondre des animaux, qui a dû naître peu après, a été exploitée dès la plus haute antiquité, où le mouton semble avoir été domestiqué dans les régions les plus diverses. C'est donc dans les temps les plus reculés que l'industrie textile plonge ses racines. L'aspect filamenteux de certaines parties de végétaux a inspiré, par analogie, l'exploitation de leurs fibres à des fins vestimentaires. C'est ainsi que, dès les temps anciens, le vêtement est étroitement tributaire de l'industrie de la filature et du tissage.

L'étude de matériels primitifs provenant des points les plus divers du globe, entre lesquels il est fort peu probable que des communications aient pu exister, révèle une frappante similitude dans les dispositifs inventés par l'ingéniosité humaine. Ce qui n'est pas moins curieux est de constater que, jusqu'au xvii<sup>e</sup> siècle, les progrès réalisés furent pratiquement nuls. Le xviii<sup>e</sup>, par contre, fut marqué par de gros efforts, qui portèrent sur toutes les branches de l'industrie : tissage (Vaucanson, Jacquard), tricotage, tulle. La révolution technique du xix<sup>e</sup>, avec le ferment de progrès qu'elle apporte à toute activité industrielle, fait naître la filature

et le tissage mécaniques, et transforme complètement la face du textile, aussi bien dans les méthodes que dans les produits. Au début du xx<sup>e</sup>, une grande variété de produits (fig. 1), à laquelle peu de chose a été ajoutée depuis lors, est mise par le textile au service du vêtement.

On a pu dire justement que le textile était la plus importante des industries, puisque la seule à contribuer de façon immédiate au maintien de la vie et, partant, à la conservation de l'espèce. Son importance n'est pas moindre si l'on considère le nombre d'humains à qui cette industrie vaut leur pain quotidien : dépassée seulement par la métallurgie (688 000),

l'industrie textile alimentait, en France, 464 000 bouches au 1<sup>er</sup> juillet 1939, suivie de loin par les industries chimiques (132 000). Ainsi, un Français sur cent travaille à vêtir les autres. Pourra-t-il, dans les prochains temps, accomplir sa mission? Va-t-il, au contraire, manquer de travail, et nous de vêtements? Il nous faut, avant d'en juger, examiner la question des matières textiles, dans leurs relations avec le vêtement d'abord, avec l'économie actuelle ensuite.

### Vêtement et matières textiles

Pour étudier la relation du vêtement aux matières textiles, il faut s'affranchir de la façon ordinaire de classer les fibres (animales et végétales; naturelles et artificielles, etc.). Si donc on s'attache uniquement aux propriétés de ces matières qui en déterminent le genre d'emploi, et que l'on baptise chaque série du nom de la matière naturelle qui en est la plus représentative, on est amené à distinguer :

1<sup>o</sup> Le *type coton*, où l'on rangera les fibres naturelles d'origine végétale, luisantes, non frisées, « discontinues » (1), courtes, fraîches au toucher. Cette classe comprendra le coton, le lin, etc.

2<sup>o</sup> Le *type laine*, où l'on trouvera les fibres naturelles d'origine animale, mates, frisées, discontinues, longues, chaudes au toucher (laine, poil de chameau, etc.).

3<sup>o</sup> Le *type soie*, comprenant les fibres d'origine animale, luisantes droites, continues.

Chacun de ces types a ses usages propres, dictés par les propriétés mêmes de la fibre et dont il sera fait mention plus bas. Comme ils couvrent, à eux trois, toute la gamme des besoins normaux du vêtement, il est normal que l'industrie des fibres artificielles ait poussé trois ramifications correspondant assez exactement

(1) On appelle fibres discontinues, des fibres dont la longueur est négligeable devant celle d'un fil (coton, 2 à 5 cm; laine, jusqu'à 30 cm), et que seule la torsion commune subie solidarise en éléments (fils) de grande longueur.

Les fibres continues ont des longueurs considérables (de l'ordre de 100, 1 000 m et plus) et peuvent constituer des filés par simple réunion.

à ces trois classes de fibres naturelles, à savoir :

- 1<sup>o</sup> La schappe courte;
- 2<sup>o</sup> La schappe longue;
- 3<sup>o</sup> La rayonne.

La correspondance schématique des divers types de fibres ainsi distingués et leurs usages vestimentaires principaux sont consignés au tableau I.

Jusqu'à quel point cette correspondance va-t-elle, si l'on compare attentivement les propriétés de la fibre-type na-

TYPE	TEXTILES NATURELS		Caractère de la fibre	TEXTILES artificiels correspondants	PRINCIPAUX USAGES VESTIMENTAIRES
	Règne d'origine				
	végétal	animal			
1	Coton		Discontinu	Schappe courte	<i>Sous-vêtements, Vêtements et survêtements frais</i>
2		Laine	Discontinu	Schappe longue	<i>Sous-vêtements, Vêtements et survêtements chauds</i>
3		Soie	Continu	Rayonne	<i>Tous tissus fins et légers</i>

TABLEAU I. — CORRESPONDANCE ET PRINCIPAUX USAGES VESTIMENTAIRES DES TROIS TYPES DE MATIÈRES TEXTILES NATURELLES ET ARTIFICIELLES

tuelle avec le produit artificiel correspondant? Qui plus est, peut-on, sans autre, remplacer la fibre naturelle par un produit de substitution? Il y a quelques années, on eût répondu à cette question par un sourire. Il n'en saurait être de même aujourd'hui et ce pour deux ordres de raisons : d'abord l'acuité, l'urgence du problème, et aussi parce qu'il est, non pas certes résolu, mais du moins sérieusement serré.

1<sup>o</sup> Le *premier type* ne présente qu'un minimum de difficultés. Les propriétés des fibres naturelles se retrouvent assez facilement dans la fibre artificielle, de par la composition chimique même de celle-ci, ainsi que l'on verra plus loin. En effet, la nature a fait ces fibres de cellulose, et c'est cette même matière que l'homme a le moins de peine à transformer en fibres textiles.

2<sup>o</sup> Cette raison même explique que le *second type* se laisse traiter moins facilement. L'isolement calorique de la laine, son pouvoir feutrant, son élasticité de volume n'ont encore été qu'approchés d'assez loin. Suffisamment pourtant pour qu'on puisse remplacer par des fibres artificielles une forte proportion de fibres naturelles.

3<sup>o</sup> Quant au *troisième type* — le type soie — il nous faut faire un aveu pénible

	MILLIERS DE TONNES	%
<b>IMPORTATIONS COLONIALES</b>		
A. O. F.....	3,5	
A. E. F.....	5,9	
Autres colonies.....	0,6	
<i>Apport total des colonies.</i> .....	10	3,6
<b>IMPORTATIONS ÉTRANGÈRES</b>		
U. S. A.....	144	
Egypte.....	43	
Inde.....	38	
Autres pays.....	42	
<i>Total des importations étrangères.</i> .....	267	96,4
<b>CONSOMMATION TOTALE.....</b>	<b>277</b>	<b>100</b>
Excédent des exportations (inclus colonies) sur les importations.....	30	
<b>BESOINS DU MARCHÉ NATIONAL.....</b>	<b>247</b>	

TABLEAU II. — STATISTIQUE COTONNIÈRE DE 1938

*On remarque le très faible pourcentage de notre consommation couvert par la production coloniale, qui, cependant, n'avait jamais atteint 10 000 t auparavant, et la dépendance considérable où nous étions de l'étranger, en particulier de l'Amérique.*

à un Français, — précisément parce que le Français aime les belles choses : la soie est un luxe... et l'on peut s'en passer. Quiconque en douterait n'aurait qu'à méditer l'exemple de l'Allemagne, qui s'applique également, d'ailleurs, aux fibres des autres types, mais à la soie avec une exacte rigueur : l'Allemagne s'est passée totalement de soie depuis près de dix ans.

Que donc nous soyons privés de soie, nous pourrions nous accommoder de rayonne. Que le coton fasse défaut, et nous le remplacerons par de la schappe artificielle courte. Que la laine se fasse rare, nous l'allongerons à l'aide de schappes artificielles longues. Peut-être nos vêtements auront-ils la vie un peu plus courte, mais nous ne nous en porterons pas plus mal.

Mais cette pénurie de textiles naturels, quelle est au juste son étendue? Et si, technologiquement, nous sommes en mesure d'y apporter des palliatifs, le pouvons-nous aussi économiquement? En d'autres termes, combien de matières naturelles va-t-il manquer à nos besoins? Et notre industrie peut-elle combler ce déficit? D'ailleurs, sommes-nous si sûrs d'avoir à le combler par des produits industriels et la nature n'a-t-elle pas autre chose à nous

offrir que ce dont nous avons pris l'habitude?

**La crise du coton**

Le coton, fibre naturelle principale du premier type, sera seul envisagé dans sa catégorie. Rappelons, en effet, que l'industrie linière, malgré sa considérable importance, ne produit pas plus (en poids) du cinquième de notre production cotonnière. Comme, de plus, elle est largement tributaire, elle aussi, de l'étranger, elle sera négligée, sans dommage pour les chiffres qui résulteront de cet examen.

Le tableau II met en relief notre consommation de coton pour 1938 et l'apport — mini-

me, hélas! — de nos possessions d'outre-mer.

L'examen des chiffres de ce tableau remplace tous les commentaires qu'on en saurait faire. Constatons simplement que, si nous dépendons d'une façon quasi totale de l'étranger, la faute n'en est pas à nos terrains coloniaux; accusons plutôt ceux qui, par incapacité ou par mauvaise volonté, n'ont pas soutenu les pionniers dont l'ardeur et le travail ont été systématiquement bridés et entravés.

A l'heure actuelle, il semble que le coton soit déjà pratiquement épuisé en France; encore que le manque de rela-

	MILLIERS DE TONNES	%
<b>PRODUCTION NATIONALE.</b> .....	<b>20</b>	<b>7,7</b>
<b>Importations coloniales</b>		
Algérie.....	7	
Maroc.....	5	
Autres colonies.....	4	
<i>Apport colonial total.</i> .....	16	6,2
<b>IMPORTATIONS ÉTRANGÈRES</b>		
Australie.....	113	
Argentine.....	37	
Afrique-Sud.....	28	
Nouvelle Zélande.....	21	
Autres pays.....	24	
<i>Total des importations étrangères.</i> .....	223	86,1
<b>CONSOMMATION TOTALE.</b> .....	<b>259</b>	<b>100</b>

TABLEAU III. — STATISTIQUE LAINIÈRE DE 1938

*On constate que notre dépendance de l'étranger est moins considérable que pour le coton. Remarquer que le chiffre de consommation totale est sensiblement du même ordre que pour le coton.*

tions avec la zone occupée (1), où se trouvent presque toutes les filatures, ne permette pas de donner de chiffres précis. Cependant, les stocks fort réduits déjà depuis juin 1939 ayant été vraisemblablement requis par les autorités occupantes, il est probable qu'il faut considérer les approvisionnements actuels comme infimes.

Il ressort donc clairement que la crise du coton est entrée, dès à présent, dans une phase aiguë : il n'est d'ailleurs que d'essayer d'acquérir du tissu pour s'en rendre compte. Fort heureusement, le marché national n'est pas complètement démuné, ce qui va permettre de faire jouer les importants aménagements dont il sera question plus bas.

### La crise de la laine

Fibre naturelle quasi unique de son groupe, la laine nous

donnera les statistiques nécessaires à notre édification sur la situation générale du « type ».

Si la France ne peut cultiver le coton, elle peut élever le mouton — et elle le fait. L'Afrique du Nord, elle aussi, possède un certain cheptel ovin. De sorte que l'on peut s'attendre à trouver ici une situation moins critique, puisqu'un certain apport national et colonial va venir en déduction d'un chiffre de consommation du même ordre que celui que nous avons trouvé pour le coton.

Ce qui a été dit du coton, au sujet de la difficulté d'avoir des chiffres de stocks

précis en l'absence de communications avec la zone occupée, s'applique en partie à la laine. Cependant, une différence essentielle réside dans le fait que l'industrie lainière ne dépend pas au même titre de filatures sises en zone occupée. Des centres de filature et de tissage fort importants se trouvent en effet en France libre, dont le principal est celui de Castres-Mazamet.

Ces centres, produisant leurs filés,

jouissent ainsi d'une autonomie beaucoup plus considérable que celle d'un centre de cotonnades comme Roanne, qui faisait venir de loin (de l'Est principalement) ses filés. Cependant, cette autonomie même est conditionnée avant tout par la détention de stocks de matière première. Or, il existe encore dans ces centres de production des stocks relativement importants.

La laine, que nous avons trouvée plus haut moins facile à remplacer que le coton, demande ce remplacement avec beaucoup moins d'insistance. Pour être complet, il convient de mentionner que cette situation pourrait évoluer très rapidement sur une décision des Allemands (1). Il apparaît cependant en tout état de cause que la crise de la laine, qui serait plus redoutable que celle du coton, ne nous menace pas de façon aussi directe.

### La crise de la soie

Nous l'avons reconnu — à contre-cœur : la soie est un luxe. Si la valeur des ma-

(1) Les principaux centres français de filature et de tissage de la laine se trouvent en zone occupée, dans le Nord (Roubaix) et en Normandie (Elbeuf).

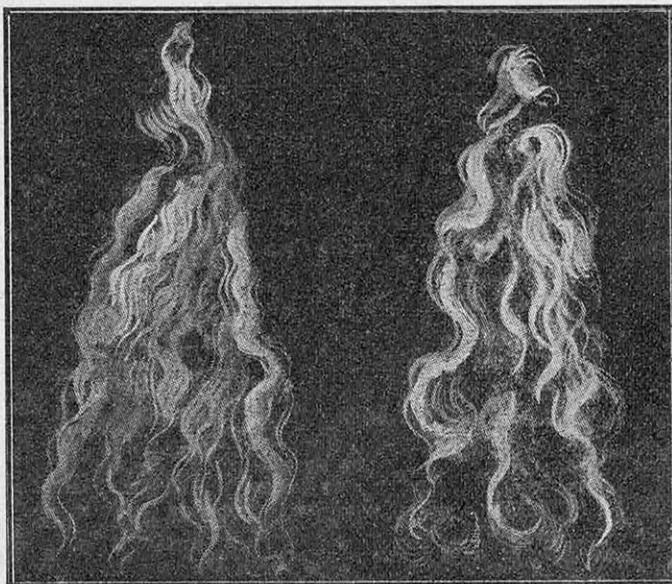


FIG. 2. — DEUX EXEMPLES DE LAINE ARTIFICIELLE

*A gauche : schappe artificielle longue, correspondant au type de laine classé sous la dénomination « B » par les lainiers; à droite : laine artificielle correspondant à la qualité C. On remarquera les ondulations de la fibre, qui la différencient des schappes lisses du type coton; de même la longueur, de l'ordre de 10 cm, alors que les schappes courtes sont de l'ordre de 30 à 60 mm. L'aspect est extrêmement semblable à celui des laines de degré correspondant.*

(1) De gros centres se trouvent même en zone interdite.

tières annuellement traitées en France est considérable, les tonnages sont relativement réduits. Aussi la pénurie de soie, faisant place à plus de rayonne, ne constituerait-elle pas une crise à proprement parler. Ce serait plutôt une accentuation du mouvement qui, depuis des années, remplace la soie par la rayonne sur les métiers à tisser de Lyon et sur les métiers à tricoter de Ganges.

Car, si la sériciculture connut de beaux jours jusqu'à 1860 (date où apparut la « pébrine », grave maladie du Bombyx que Pasteur vainquit habilement), elle n'a pas cessé de décliner depuis lors : l'abandon des campagnes, l'engouement des cultivateurs pour la vigne, la concurrence des soies étrangères et — il faut bien le dire — la concurrence aussi de la rayonne, ont plongé la sériciculture dans une crise profonde dont elle ne saurait se relever facilement ni rapidement.

La soie d'Extrême-Orient, qui fournissait à notre industrie un très fort pourcentage de ses matières premières, peut donc venir à faire défaut : sauf pour de rares emplois spéciaux, la rayonne la remplacera comme elle a fait ailleurs.

### Les « fibres autarciques »

Ce nom désigne globalement toutes les matières textiles dont l'acquisition ou la production n'impliquent aucune dépendance par rapport à l'étranger. On voit par là combien ce concept est relatif : il est clair que le coton est une fibre autarcique pour les Etats-Unis, la laine pour l'Australie, la soie pour le Japon. De même (et nous touchons ici le point sensible) que la rayonne, fibre autarcique pour l'Allemagne, est beaucoup moins autarcique pour la France, qui n'est pas outillée pour la fabriquer en quantités suffisantes *sur le sol national avec des matières premières nationales*.

Cette notion de « fibre autarcique » demande donc à être traitée avec beaucoup de circonspection, car si certaines fibres (artificielles) peuvent devenir autarciques par un équipement industriel judicieux du pays et d'autres (naturelles) par certains aménagements agricoles, il en est qui, de toute évidence, ne sauraient le devenir : on ne saurait produire de coton en France, du moins en quantités quelque peu industrielles.

Le concept de fibres autarciques est donc décidément d'un emploi peu pratique, et nous ne l'utiliserons guère dans la

suite. Cette parenthèse était rendue nécessaire cependant par l'usage fréquent et souvent inconsideré que l'on a fait du terme depuis quelque temps. Elle nous dictera aussi le plan à suivre pour établir dans quelle mesure notre économie pourra pallier la crise des matières naturelles; de ce qui précède, il résulte en effet que deux séries de solutions doivent être envisagées :

1° *Le développement de la fabrication des fibres artificielles*, dans le sens d'un affranchissement de toute sujétion par rapport à l'étranger;

2° *Le développement de cultures textiles nationales*, anciennes ou nouvelles.

Citons également la réduction de la consommation des textiles, dont nous dirons un mot avant d'aborder ces deux ordres de questions qui constituent la clef même du problème qui nous occupe.

### La réduction de la consommation des textiles

La première mesure prise dans ce sens et qui équivaut à un véritable rationnement en puissance a été la décision prise par le Gouvernement de réduire, dans la proportion de 100 à 30, l'activité des entreprises textiles, l'année 1938 étant prise pour base. Si l'on considère que, pendant cette année, le textile, comme la plupart des industries, n'a travaillé que 40 heures par semaine, on est tenté de penser qu'une telle réduction de la production est incompatible avec les besoins du marché.

Et pourtant cette mesure est dictée par une profonde sagesse; si elle semble, à première vue, aggraver la crise qu'a connue le textile depuis quelques années, elle le protège, par cette mise en veilleuse, d'un marasme complet où il ne manquerait pas de tomber à bref délai. Réduire de 70 % la production, c'est d'abord forcer le commerce à mettre en circulation les stocks parfois considérables que des considérations aujourd'hui vaines (changements de la mode, etc.) avaient fait accumuler et qui, s'ils n'étaient écoulés, constitueraient un objet d'accaparement et de spéculation. C'est aussi faire durer les approvisionnements de matières premières, c'est-à-dire permettre aux usines de tourner, aux ouvriers de travailler, pendant que se prépare l'élaboration des produits de remplacement qui prendront sur les machines la suite des matières épuisées. C'est encore permettre aux dis-

positions prises pour développer ces produits de prendre leur plein effet, en les soustrayant aux néfastes conséquences de l'improvisation et de la hâte.

D'ailleurs, est-il bien certain que notre consommation de textiles n'était pas exagérée? Point du tout. Ce complet veston que vous avez fait faire l'été dernier, était-il bien nécessaire? Que de pardessus nous avons mis au rebut, que nous aurions pu faire retourner! L'on ne nous en voudra pas de dire que chez nos compagnes l'excès de consommation a maintes fois atteint au gaspillage caractérisé.

Les textiles usagés, mis au rebut, seront justiciables d'ailleurs de traitements de récupération plus poussés que par le passé, ce qui constitue une forme d'économie particulièrement appréciable (*laine renaissance*).

De même que contre le *gaspillage quantitatif*, le Gouvernement a pris de sévères mesures contre le *gaspillage qualitatif*: un grand nombre de restrictions sont imposées à l'usage de certaines matières: il est interdit d'utiliser de la laine pour confectionner des matelas, des cotons d'Égypte fins pour des usages autres que certains emplois techniques. Cette autre forme de compression est aussi importante que les premières et ne contribuera pas moins efficacement à tirer la quintessence de nos ressources.

### Le développement des textiles artificiels

La « soie artificielle », la soie sans magnanerie, sans sériciculture, a hanté certains esprits curieux dès le XVIII<sup>e</sup> siècle. Française dans sa conception et dans sa réalisation, elle est la fille du comte Hilaire de Chardonnet, qui sut allier aux qualités du savant celles de l'ingénieur et de l'industriel. Mais quand on admira, en 1886, les premiers filaments soyeux, puis des bas aux reflets chatoyants, nul ne soupçonnait certes le formidable essor qui était promis à l'industrie nouvelle.

Le procédé Chardonnet est mort, mais les trois grandes branches de l'industrie

des textiles artificiels respectent encore la marche générale de la méthode. Ils partent de la cellulose pour aboutir soit à la cellulose régénérée, soit aussi (seule exception) à l'acétate de cellulose. Il n'entre pas dans notre dessein de décrire par le menu les procédés de cette industrie. Nous nous bornerons à signaler qu'ils permettent l'obtention des propriétés les plus diverses, par la judicieuse combinaison des éléments:

— denier (1) (grosneur) du brin élémentaire;

— nombre de brins assemblés;

— torsion;

— brillant ou matité;

— importance des ondulations, etc.

Il importe aussi de savoir que l'on produit des *fibres creuses*, dont les propriétés de *couverture* (par suite du diamètre supérieur à denier égal)

et d'*isolement calorique* (par suite de la présence d'un « lumen » intérieur) sont extrêmement précieuses.

On touche ici du doigt une différence essentielle entre fibres naturelles et artificielles: nous devons utiliser les premières comme elles nous sont données, mais nous pouvons façonner les secondes à notre guise, les plier à nos exigences, leur donner les propriétés les plus convenables à l'usage que nous leur assignons; facilité précieuse et qui croîtra sans cesse avec les progrès de la technique.

Pourtant, ce n'est pas cette souplesse d'emploi qui a donné aux textiles artificiels, et plus spécialement aux schappes, leur prodigieux développement. Car celui-ci est né, plus que toute considération technique, du souci de s'affranchir économiquement de l'étranger. Pauvres et économes de devises, les pays totalitaires ont joué à fond cette carte. Que l'on consulte le tableau IV et l'on s'en convaincra sans peine.

Que les États-Unis, disposant de coton en quantités inépuisables (et se réservant d'ailleurs les plus belles qualités), aient délibérément négligé la question ne sau-

	1929	1936
France.....	—	5,3
U. S. A.....	0,2	5,6
Grande-Bretagne.....	1,2	13
Japon.....	—	22
Allemagne.....	1,7	46
Italie.....	0,8	49

TABLEAU IV. — CE TABLEAU EXPRIME, EN MILLIERS DE TONNES, L'ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION DES SCHAPPES DE RAYONNE DANS LES PRINCIPAUX PAYS INDUSTRIELS

On voit combien les pays autarciques, sous la pression de leurs économies fermées, ont laissé loin derrière eux leurs concurrents.

(1) Le denier s'exprime par une relation entre une longueur fixe de fil ou de fibre et le poids de cette longueur.

rait surprendre. De même l'Angleterre, comptant sur l'Égypte et sur l'Inde. Mais la France? Pauvre en coton colonial, s'appuyant avec trop de confiance, hélas, sur les mythes dorés de l'invincibilité et de la maîtrise des mers, elle doit aujourd'hui payer le prix de son erreur. Non qu'elle soit incapable de faire de la rayonne ou de la schappe, mais, nous l'avons prouvé plus haut : fibres artificielles ne signifie pas fibres autarciques.

Pour qu'il en fût ainsi, il faudrait que notre industrie partît de pâtes de cellulose faites en France de bois français. Or, c'est là précisément que le bât nous blesse. Fidèles à une politique libre-échangiste, confiants en notre possibilité de nous approvisionner au dehors, nous faisons venir de l'étranger presque toutes nos pâtes. Raisonnant en commerçants, nous n'avions pas su voir que le problème était industriel. Il convient ici de remarquer que cette partie du problème est assez voisine de la question des pâtes à papier (1). Tant pour la rayonne que pour le papier, nous payions à l'étranger un très lourd tribut. En 1938, nous n'avons pas importé moins de 512 000 tonnes de pâte (Finlande 146 000, Suède 185 000, Norvège 87 000, divers 94 000) et 296 000 tonnes de bois pour pâtes (U.R.S.S. 139 000, Finlande 49 000, divers 108 000).

Ces formidables importations donnent la mesure de notre dépendance : 75 % pour les pâtes mécaniques et guère moins pour les pâtes chimiques.

Il est clair toutefois que le problème n'est pas de matières premières, mais d'équipement industriel. Nulle matière, en effet, ne nous est dispensée par la nature plus largement que la cellulose. Celle-ci n'est pas, ou pas encore, utilisable sous toutes ses formes ; mais nous sommes bien loin d'avoir épuisé celles que nous pouvons employer sans difficultés.

Certes, la France n'est pas trop riche en bois pour que ses forêts puissent être mises en coupe réglée, sans souci de l'avenir. D'autre part, on ne saurait oublier que les bois tendres vont être mis à rude épreuve, car l'industrie des pâtes celluloses n'est pas seule à les vouloir exploiter : ce sont ces mêmes bois, en partie, qui devront suppléer au manque de combustibles.

Mais portons nos regards vers l'Afri-

que du Nord (1), et nous trouverons là une source de cellulose d'une richesse et d'une pureté incomparables : *l'alfa*.

L'Alfa, de la famille des graminées agrostidées, pousse avec une extraordinaire abondance en Afrique du Nord. C'est une herbe vivace, d'environ un mètre de haut, qui croît en buissons. L'intérêt de l'alfa pour l'industrie textile est double, puisque la tige, rouie, fournit des fibres textiles et que la feuille livre facilement une cellulose de belle qualité.

Or, que disent les statistiques de production et d'exportation de l'alfa? En 1938, sur une production totale de 310 000 tonnes, l'Afrique du Nord a embarqué pour l'Angleterre 300 000 tonnes et 10 000 seulement pour la France, soit 97 % pour l'Angleterre et 3 % pour la métropole!

Sans doute est-ce encore dans un raisonnement commercial qu'il faut chercher l'explication d'un fait aussi troublant : en vendant à l'Angleterre, on acquiert des devises, avec lesquelles on se procure ensuite de la pâte de bois blanc, — plus un bénéfice. Mais on a vu, par l'exemple du coton, ce que valent ces raisons dans les époques troublées. Quoi qu'il en soit, la cellulose est là, et ce qui fait le plus défaut, ce sont l'organisation et l'équipement industriels.

Or, là non plus, la France n'est pas restée inactive. Un vaste programme a été étudié, et déjà l'on passe aux actes. D'ici quelques mois, la production nationale aura doublé, et l'on ne s'en tiendra pas là. C'est précisément pour que le pays puisse attendre, sans disette aiguë, la réalisation de ce nouvel équipement que les draconiennes mesures de compression dont il a été fait mention ont été appliquées. Entre temps, d'ailleurs, la situation aura pu évoluer et peut-être la crise des matières naturelles se sera-t-elle atténuée. Il n'en reste pas moins que la possession de cet outillage restera infiniment précieuse et constituera un important appoint pour notre économie.

Mais notre sol national n'a-t-il pas autre chose à nous offrir? Dans la riche flore de France, n'y a-t-il pas quelque espèce qui puisse venir au secours de notre industrie affamée de matières? Parmi les nombreux essais en cours, certains sont arrivés à un stade extrêmement avancé

(1) L'Afrique du Nord aurait pu produire de grandes quantités d'Eucalyptus, essence très riche en cellulose. *La Science et la Vie* a déjà signalé le grand intérêt de cette espèce méconnue.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, page 78.

et promettent de fort intéressants résultats. Ce sont les essais sur le genêt d'Espagne.

### Le genêt d'Espagne, plante textile

Mis en éveil par la crise des textiles naturels, nombre d'esprits chercheurs se sont penchés sur le passé, demandant aux vieilles et sages traditions folkloriques des remèdes au moins partiels. C'est ainsi que l'Intendance et la Chambre d'agriculture de l'Hérault se sont rencontrées dans l'étude du genêt d'Espagne.

En effet — et l'usage en semble remonter au moyen âge — les paysans cévenols filaient et tissaient le genêt. Leurs tissus étaient d'une résistance peu commune, puisque *beaucoup servent encore, alors que la production s'en est éteinte il y a soixante-dix ans*. D'intéressants spécimens en ont été réunis au cours d'une récente exposition au musée local dit « Fougau », de Montpellier.

Pour grossiers qu'ils puissent sembler à un œil d'aujourd'hui, ils ne le sont guère davantage que les tissus de lin produits à la même époque par des méthodes semblables. Et si l'industrie s'en est perdue, la cause en est dans l'abandon des campagnes, coïncidant dans le temps avec le grand développement des industries de la filature et du tissage mécaniques : c'est ainsi que le coton et le lin ont plongé le genêt dans l'oubli.

Le genêt d'Espagne (*Spartium junceum* L.), fig. 3, est une légumineuse papilionacée de la région méditerranéenne (Europe et Afrique) et de la vallée du Rhône. Son terrain de prédilection est

constitué par des marnes ou des sols rapportés (remblais de toute sorte), et aussi par des terrains de cultures récemment abandonnés jusqu'à 600 m d'altitude. Son habitat se délimite en considérant ces sols comme le résultat d'une dégradation de la forêt (chêne pubescent en particulier) ou de la recolonisation des sols abandonnés. C'est ce qui explique que les gîtes les plus abondants se situent dans la région des marnes permienes du Lodois (fig. 4) dont les collines étaient jadis cultivées en terrasses.

Il ne faut pas le confondre avec le genêt à balais (*Sarothamnus scoparius* Koch), qui ne vient que sur des sols dépourvus de calcaire.

Végétation spontanée, ne demandant pas de soins, le genêt d'Espagne a été considéré, ces derniers temps, comme une « mauvaise herbe » et systématiquement négligé — ou incendié. Aussi est-il impossible de chiffrer la production qu'on en pourrait escompter à l'hectare. Mais il est certain que de vastes étendues, actuellement désertiques, conviendraient à sa culture, qui donc n'irait

au détriment d'aucune autre : le fait mérité d'être noté, en cette époque ou de chaque mètre carré il faut tirer quelque chose.

Les premiers essais entrepris pour rouir la tige du genêt afin d'en tirer la fibre échouèrent complètement. On avait recouru aux méthodes devenues classiques pour le chanvre et le lin.

Il fallait retrouver l'ancienne technique cévenole et, pour cela, interroger les très vieilles gens. Et c'est ainsi que l'on parvint, tout récemment, à extraire du genêt sa fibre oubliée.



FIG. 3. — LE GENÊT D'ESPAGNE

On voit ici l'aspect hivernal du genêt d'Espagne, avec ses ramifications caractéristiques. Le plant atteint 2 à 3 mètres de haut. La fleur est jaune, très grande et fort odorante. Les fibres textiles sont « corticales », c'est-à-dire situées en couronne dans l'écorce de la tige et des rameaux. La figure montre l'abondance de ceux-ci, et partant de la fibre.

Les tiges de plus de 40 cm, légèrement martelées au moyen d'un maillet arrondi, sur une surface lisse, sont ensuite disposées dans des fosses profondes de 50 à 60 cm, ou bien en tas de 2 m<sup>2</sup> de surface et hauts de 1 m à 1,50 m; dans l'un et dans l'autre cas, les rameaux sont empilés en couches superposées, la première

qui n'est qu'un « paquet » de fibres, délivre une  *fibre ultime*  d'une grande finesse, longue, résistante, facile à teindre, et qui remplacerait vraisemblablement le lin avec avantage. Comme le chanvre, elle se laisse chimiquement « cotonifier », c'est-à-dire réduire en éléments semblables par leur longueur à des fibres de coton. Ainsi

manipulée, elle pourrait donc se filer sur du matériel coton, fait important. Enfin, il convient d'ajouter que des techniciens italiens annoncent avoir « lanifié » le genêt, c'est-à-dire l'avoir rendu justiciable de la filature système laine.

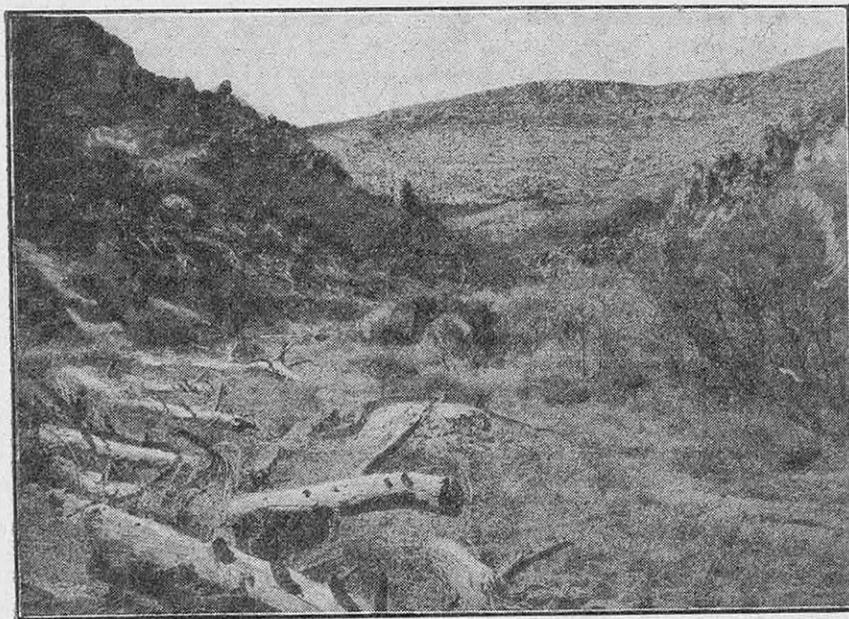
Quoi qu'il en soit, disons que le champ d'application de la fibre de genêt apparaît pratiquement illimité. Nous la rangerons schématiquement dans la classe 1 (coton) et nous nous bornons à dire que tous les usages des fibres de cette

classe lui sont ouverts. Ses remarquables propriétés lui assureront dans ce domaine des succès certains.

Un premier essai industriel est en cours et les suites en peuvent être une révolution.

Des tentatives analogues, mais moins avancées, ont porté sur certaines  *malvacées* . S'il est encore trop tôt pour porter un jugement sur leurs résultats, du moins ces efforts méritent-ils d'être signalés. Vaste est le champ qui reste à explorer dans cet ordre de recherches. Mais le succès des essais sur le genêt peut faire beaucoup espérer.

Raymond LÉVY-SECKEL.



T W 2372

FIG. 4. — UNE VALLÉE DU LODÉVOIS

*Dans les vallées, le genêt vient encore, alors que la terre ne produit même plus le « chêne pubescent » tant le sol est dégradé. A droite, un fort plant de genêt est visible. Cette figure montre de quels terrains quasi désertiques s'accommode le genêt d'Espagne.*

et la dernière étant remplacées par une litière de paille. On arrose matin et soir, pendant huit jours en trou, pendant vingt-cinq jours en tas, puis on bat et on lave, on sèche enfin; 200 kg de rameaux frais donnent 100 kg de rameaux secs, qui fournissent :

- 15 kg de fibres;
- 50 kg de matières cellulosiques;
- 12-13 kg de résines.

On remarquera le fort rendement en fibres (7,5 %) et l'intérêt des sous-produits.

La « fibre » brute n'est pas sans ressemblance avec le jute, qu'elle remplacerait d'autant mieux qu'elle est imputrescible. Convenablement traitée, cette « fibre »,

# COMME TOUS LES COMBUSTIBLES, LE GAZ EST RARE. COMMENT L'ÉCONOMISER?

par André FOURNIER

*La crise des combustibles a rejeté vers le gaz les consommateurs privés de charbon, de pétrole, d'essence et même de bois. Mais, si la distillation de la houille fournit, en même temps que le gaz, de nombreux produits précieux (coke, benzol, goudrons), elle n'est encore qu'une façon, la plus rationnelle, d'utiliser notre stock de charbon. Aussi les producteurs de gaz ont-ils dû s'efforcer de décourager une clientèle devenue trop nombreuse, par la diminution de la qualité du gaz (addition de gaz pauvre) ou de sa pression, par des tarifs progressivement croissants avec la consommation et même, en certaines villes, interdire de dépasser une certaine consommation mensuelle. Il nous faut donc aujourd'hui apprendre à économiser le gaz comme bien d'autres choses. Quelques réflexions très simples sur cette expérience élémentaire de physique qui consiste à faire bouillir de l'eau sur un réchaud à gaz permettront de réformer certaines pratiques culinaires défectueuses (cuisson à gros bouillons par exemple) et, en réduisant les pertes inutiles de chaleur, de réaliser de sérieuses économies de ce « gaz rare » qu'est devenu le gaz de houille.*

## Charbon, gaz ou électricité?

**S**I l'on ne compare que les pouvoirs calorifiques, le gaz est nettement plus cher que le charbon, mais bien meilleur marché que l'électricité, sauf cas exceptionnels de courants à tarifs spéciaux.

Le kilogramme de charbon donne environ 8 500 calories, le mètre cube de bon gaz de houille 4 200 calories, le kilowatt-heure 860 calories. Si le kilogramme de charbon coûte 0,50 fr, le mètre cube de gaz 1,75 fr et le kilowatt-heure 2 fr, les 1 000 calories reviennent à :

0,06 fr au charbon,

0,42 fr au gaz,

2,32 fr à l'électricité.

Le charbon fait payer ce bon marché apparent d'une difficulté d'emploi qui est son plus grave défaut. Le rendement du fourneau de cuisine, calculé en rapportant le nombre de calories qui pénètrent dans la casserole à celles que dégage la combustion du charbon, est déplorable. D'autre part, pour préparer une tasse d'infusion, peut-on admettre qu'on soit obligé d'allumer un feu qui demande un quart d'heure pour prendre, une heure pour s'éteindre et porte à température élevée une masse de métal d'une centaine de kilogrammes?

L'électricité est « propre », mais elle fait payer cher cette qualité, comme le montre la comparaison précédente. Pour les applications que nous envisageons ici, cuisine, chauffage de l'eau, son rendement ne dépasse pas en général celui du gaz. Enfin, la plupart des appareils souffrent d'un manque de puissance dont nous montrerons plus loin qu'il est le principal des facteurs de mauvais rendement.

Ce n'est donc pas sans raison que, dans toutes les villes possédant une usine à gaz, la presque totalité des consommateurs donne la préférence à ce combustible. Combien de familles n'en dépensent pas plus de 20 m<sup>3</sup> mensuellement, qui remplacent plusieurs centaines de kilogrammes de charbon et qui suffisent à la cuisine, au lavage corporel, au blanchissage! Du point de vue de l'intérêt général, l'économie est encore plus grande. Si la calorie-gaz coûte plus cher que la calorie-charbon, la différence n'est pas perdue pour tout le monde : une saine gestion d'une distribution de gaz assure des bénéfices aux actionnaires, réserve une part aux finances communales, paye des impôts à l'Etat; elle fournit des sous-produits précieux : coke, engrais ammoniacaux, benzol... D'ailleurs, du même point de vue de l'intérêt général et en dehors de

la question prix de revient qui peut être négligeable pour certains consommateurs, l'emploi de l'électricité au chauffage est un gaspillage dans tous les cas où il ne s'agit pas d'un courant d'origine hydraulique sans aucun autre usage possible. La destination économique de l'électricité, c'est l'éclairage ou la force motrice. Transformer à nouveau en chaleur, même au rendement de 100 %, des kilowatts-heure qu'on n'aura obtenu à partir du charbon qu'avec le rendement de 30 à 35 % des machines thermiques, sans aucune récupération de sous-produits, est une opération moins intéressante que la transformation du charbon en gaz.

Il n'y a aujourd'hui qu'un désagrément à l'emploi du gaz : c'est qu'il menace de nous manquer. Consolons-nous par la certitude que le charbon et l'électricité nous manqueraient tout autant, s'il fallait qu'ils remplacent le gaz, et essayons d'utiliser le mieux possible le peu qu'on consent à nous distribuer.

### Comment économiser le gaz ?

L'économie de gaz n'exige pas en général l'achat d'un appareil perfectionné, et il est aujourd'hui bien peu de réchauds à un feu, coûtant moins de cinquante francs, qui consomment davantage qu'une cuisinière de grand luxe qui en vaut trois mille, pour faire bouillir deux litres d'eau ou préparer un potage. La seule exception porte sur la cuisson au four : un four moderne, bien calorifugé, est beaucoup plus économique que certains fours d'appareils anciens, surtout lorsque le seul moyen de chauffage était, à la partie supérieure, la plaque de fonte rouge par une flamme.

En effet, il n'est même pas besoin, dans un brûleur à gaz, de réaliser dans une

proportion à peu près constante le mélange d'air et de gaz. La carburation au moyen de gaz est infiniment plus simple que la carburation par pulvérisation d'un liquide ; la simple buse d'injection du brûleur genre Bunsen débouchant au centre d'une tuyère par où arrive l'air réalise un mélange riche qui trouve au niveau de la flamme « l'air secondaire »

nécessaire pour compléter la combustion. La forme de la flamme, le nombre des orifices de la couronne sont à peu près indifférents.

Lorsqu'on sera persuadé de cette vérité, on n'aura plus aucune tentation d'acheter les appareils dits « économiseurs » que des placiers ingénieux répandaient il y a quelques années en les accompagnant de certificats d'essais « officiels » qui accusaient l'économie de 20 à 30 % indispensable à la vente de ce genre d'articles. C'était le plus souvent une « tuyère convergente - divergente » qu'on plaçait sur le tuyau souple d'amenée du gaz et qui permettait quelques affirmations d'allure scientifique où l'on vous parlait de compression, détente, homogénéisation...

On fera pareillement justice de toutes ces traditions que se transmettent entre elles les ménagères, dont certaines croient avoir observé une économie, qui en ouvrant à moitié le robinet du compteur, qui en faisant la même opération sur le robinet d'arrêt en amont du tuyau souple. Ces pratiques sont au moins inutiles, car chaque robinet entr'ouvert n'a d'autre effet que de produire dans la canalisation d'amenée une « perte de charge » dont un réglage convenable du dernier d'entre eux donne l'équivalent. Elles sont même le plus souvent nuisibles, en provoquant le dérèglement d'un feu lors de l'allumage ou de l'extinction du feu voi-

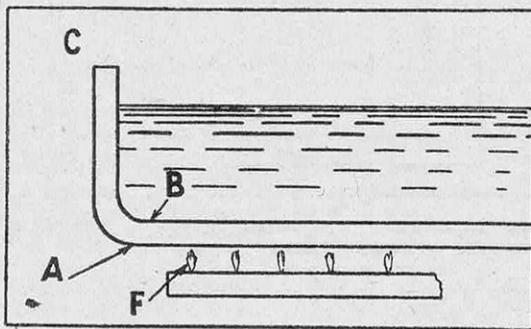


FIG. 1. — MODES DE TRANSMISSION DE LA CHALEUR DANS LE CHAUFFAGE SUR UN FEU DE GAZ

La face A de la casserole est chauffée à la fois par rayonnement (émission directe de chaleur de la flamme F) et par convection (contact de la nappe de gaz chauds sur tout le fond). La face B reçoit la chaleur de la face A par conduction à travers le métal. Le liquide se réchauffe au dépens de la face B par convection (courants de circulation dus aux différences de densité). La casserole perd, en C, par convection au contact de l'air ambiant, la chaleur qu'elle reçoit par conduction le long de la paroi, et par convection de la part du liquide qu'elle contient. Dans le cas où elle est couverte, l'évaporation du liquide avec condensation sur les parois auxquelles il cède sa chaleur latente de vaporisation est un cas particulier de convection.

sin; tous les robinets doivent être ouverts en grand pour établir la pression maximum dans la rampe générale d'alimentation des brûleurs et assurer ainsi au maximum leur indépendance. La seule économie sérieuse de gaz sera obtenue par le réglage de chacun d'eux, et l'adaptation des récipients culinaires à chacune des opérations.

### Les lois de transmission de la chaleur

La chaleur se transmet par trois processus élémentaires, conduction, rayonnement, convection, dont les effets s'ajoutent le plus souvent. La conduction est le seul moyen de transmission à travers les corps solides opaques. Le rayonnement est la transmission directe, à travers un milieu transparent; la chaleur s'y transmet comme la lumière; c'est le seul mode de transmission à travers le vide; c'est pratiquement par le seul rayonnement qu'un feu de cheminée chauffe un appartement. La convection est la transmission indirecte à travers un milieu

liquide ou gazeux; les molécules du fluide s'échauffent ou se refroidissent au contact de la paroi de séparation et transportent leur chaleur avec elles-mêmes sous l'effet de la variation de densité correspondante et des courants de convection qui en résultent. La figure 1 montre la part de chacun de ces modes de transmission dans le chauffage d'une casserole sur une flamme de gaz.

Les lois de la transmission par con-

duction et convection sont connues depuis Newton; la chaleur émise ou reçue est proportionnelle à la différence des températures, à la surface d'échange et au temps. La loi d'échange par rayonne-

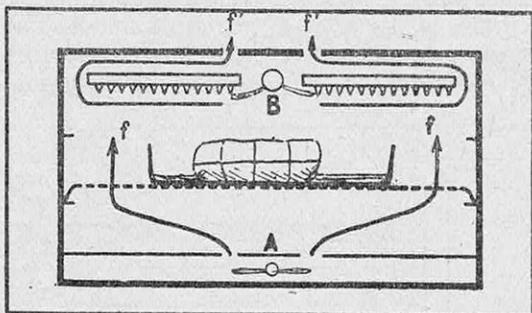


FIG. 2. — EMPLOI DU FOUR-GRILLOIR A DEUX RAMPES DE CHAUFFAGE

Les fours modernes comportent deux rampes de chauffage, l'une A, située à la partie basse, et qui chauffe directement le four par circulation des gaz de la combustion suivant les flèches f, l'autre B, située à la partie haute, et qui le chauffe indirectement par rayonnement de deux plaques de fonte rougies par la flamme. L'emploi de la première est toujours beaucoup plus économique que celui de la seconde, qui n'est vraiment utile que pour certains plats : gratins, rôtis, « dorés »... De toutes les combinaisons que l'on peut faire des rampes A et B, on devra spécialement éviter celles qui comportent l'emploi à allure réduite de la rampe supérieure. En effet, les plaques rayonnantes perdent leur chaleur à la fois par convection et par rayonnement. Balayées par le courant d'air ascendant qui se dégage en f, aucune fraction de la chaleur qu'elles dégagent par convection n'est utilisée au chauffage du four. Seule la chaleur dispersée par rayonnement se répand dans le four. Si l'on réduit le feu de la rampe B, en ramenant par exemple de 800° C à 600° C la température de la face chauffante des plaques, la chaleur utilisée est réduite d'environ 55 % (loi de l'émission par rayonnement suivant la 4<sup>e</sup> puissance de la température absolue), la chaleur perdue est réduite de 25 % seulement (loi du refroidissement par convection, proportionnel à l'excès de la température du corps chaud sur l'ambiante). C'est donc un gaspillage d'utiliser à petit feu la rampe supérieure du four. Pour conserver un plat au chaud, il faut allumer à très petit feu la rampe inférieure.

ment est différente: la chaleur émise est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue; elle croît donc beaucoup plus vite en fonction de la température que dans les deux autres modes de transmission. La figure 2 donne une application immédiate de cette différence des lois d'échange aux fours modernes à deux rampes de chauffage.

Nous n'entreprendrons pas de donner même une esquisse des lois très complexes qui régissent le coefficient d'échange par convection suivant la nature et la vitesse des corps au contact. Nous ne nous servirons que des données précédentes et des quelques remarques ci-après.

C'est au contact gaz-solide que la difficulté des échanges de chaleur est la plus grande. Dans les métaux, surtout les métaux bons conducteurs (cuivre, aluminium, argent...), la chaleur passe facilement d'un côté à l'autre d'une paroi. L'échange est également très facile par convection, soit entre liquide et paroi, soit entre vapeur et paroi. C'est ainsi que, dans le passage du flux de chaleur de la flamme F au liquide (fig. 1), il y a une différence de plusieurs centaines de degrés entre la flamme ou les gaz chauds qui sont au contact de la paroi A et cette paroi, de quelques

degrés au plus entre les faces A et B, et de quelques dixièmes de degrés entre la face B et les différentes parties du liquide.

### Le choix du récipient

S'ils avaient une largeur suffisante pour la flamme, il y aurait intérêt à choisir parmi tous les récipients dont on dispose le plus léger et le plus petit. Plus il est léger et moins il absorbe de chaleur pour son propre échauffement. Plus il est petit et moins il dissipe de chaleur dans l'air ambiant au cours du chauffage, facteur important si le réchauffage est de longue durée et sur lequel nous reviendrons.

Mais il est indispensable que la largeur du récipient ne soit pas trop petite pour la flamme. La flamme visible qui sort de la couronne du brûleur n'est pas la seule partie chauffante; les gaz éteints, mais chauds, qu'elle émet, sont un élément essentiel de la transmission, puisqu'on chauffe très bien sans écraser la flamme sur le fond du récipient et que c'est même la méthode recommandée. Il importe donc que celui-ci soit assez large pour déborder nettement sur la flamme et absorber la plus grande partie de la chaleur des gaz éteints.

En pratique, surtout avec les casseroles en aluminium assez minces, le compromis donnant l'économie de gaz maximum correspond à un diamètre de récipient débordant la flamme d'au moins 3 cm. C'est ainsi que les casseroles de 12 cm de diamètre et au-dessous ne conviennent pas sur les brûleurs à couronne unique d'environ 9 cm; elles sont faites pour la petite couronne des brûleurs à couronne double. Elles conviennent évidemment encore moins sur la grande couronne de ces derniers.

On se rend aisément compte de l'insuffisance d'une casserole de diamètre peu supérieur à celle de la couronne en plaçant la main à 30 ou 40 cm au-dessus de la flamme. En l'absence de tout récipient, les gaz chauds montent verticalement. La casserole à faible largeur placée sur le feu les dévie légèrement, mais leur température, évaluée à la main, reste à peu près la même. Ce qui prouve qu'il n'en passe pas ce qu'il devrait dans le récipient.

### Cuisson à grand feu et cuisson à petit feu

Faut-il cuire à grand feu ou à petit feu? Cela dépend, et cette observation ne

s'applique pas aux recommandations culinaires quant à la confection d'un plat, dont il n'est pas question ici, mais simplement aux conditions qui permettent l'économie de gaz maximum.

Veut-on faire chauffer de l'eau, porter à l'ébullition des légumes ou un potage?... Il faut alors opérer à grand feu.

Veut-on, au contraire, maintenir à l'ébullition pendant un temps plus ou moins long à fin de cuisson? Il faut alors opérer à feu juste suffisant pour l'entretien de cette ébullition.

Examinons le premier cas, par exemple celui où l'on veut porter à l'ébullition un litre d'eau à 15° C. Si l'on disposait d'un foyer assez puissant pour lui fournir la chaleur en un temps très court, il suffirait de lui faire absorber 85 calories pour l'eau et 5 calories, par exemple, pour le récipient, soit 90 calories au total. Mais si l'on place le litre d'eau sur un feu qui le porte à 100° au bout d'un quart d'heure seulement, il faudra lui fournir un nombre de calories assez supérieur, pour compenser toutes celles qu'il aura émises pendant ce temps-là dans l'air ambiant.

On ne s'étonne pas en effet qu'un litre d'eau bouillante abandonné pendant un quart d'heure perde une quinzaine de degrés, et autant de calories. Pendant le temps où il sera resté sur le feu pour bouillir, il en aura perdu également; la perte sera moindre parce que le récipient n'aura rien émis par son fond, et surtout parce que sa température moyenne pendant le chauffage de 15° C à 100° C est moindre que pendant le refroidissement de 100° C à 85° C. Mais la perte n'est pas moins notable; elle est à peu près proportionnelle à la durée du chauffage.

Il n'y a donc que des avantages, dans ce cas et dans tous les cas analogues, à chauffer le plus rapidement possible. La conclusion suppose simplement que le rendement de la transmission de chaleur entre la flamme et le récipient est indépendant de l'intensité de la flamme, ce qui est approximativement réalisé si le récipient est assez large.

La cuisson par ébullition prolongée conduit à une conclusion inverse. Il ne semble pas qu'il y ait besoin de longs raisonnements pour prouver qu'une fois l'ébullition atteinte la cuisson des pommes de terre, des pâtes... demande exactement le même temps, qu'elle soit con-

duite à grand feu ou à petit feu ; la seule différence est dans la quantité d'eau qui s'évapore au cours de cette cuisson. C'est cependant une des erreurs les plus fréquentes que la croyance à l'effet de l'intensité du feu sur la rapidité de la cuisson ; la cuisson, pense-t-on, dure d'autant moins que « ça cuit à plus gros bouillons ». Il y a à la base de cette erreur une méconnaissance complète des lois de l'ébullition et de la cuisson : l'eau bout à 100° C sous la pression de 760 mm de mercure et ne saurait dépasser cette température quelle que soit l'intensité du feu, qui n'a d'effet que sur la vitesse d'évaporation ; d'autre part, la cuisson est une réaction chimique dont la vitesse est fonction de la seule température.

La règle générale est donc de porter à l'ébullition sur feu aussi vif que possible et d'entretenir cette ébullition sur un feu aussi doux que possible. Le chauffage à feu moyen est un gaspillage, sauf cas très spéciaux.

Si, par exemple, on veut laver du linge avec la lessiveuse de ménage ha-

bituelle dont le principe est l'arrosage du linge par la lessive bouillante sous l'effet de la vaporisation, on n'obtiendrait aucun résultat en entretenant l'ébullition à petit feu ; il faut un chauffage suffisant pour la bonne marche de l'opération.

Dans tous les cas où l'opération culinaire est une évaporation (braisage d'un légume, cuisson des confitures, friture des pommes de terre), elle doit être conduite à un feu aussi intense que peut le supporter l'aliment à préparer. Le feu doux serait ici une hérésie, même du point de vue économie de gaz. Mais le feu vif n'est pas toujours à conseiller :

le légume mis à braiser brûle, les confitures « attachent »... Dans le cas des pommes de terre frites, par exemple, la conduite préférable du feu est la suivante : chauffage à grand feu de l'huile ou de la graisse jusqu'à atteindre la température désirée, immersion des pommes de terre dans la bassine maintenue à grand feu jusqu'à ce que la friture refroidie ait repris sa température, ce qui de-

mande un temps variable suivant les proportions relatives de pommes de terre et de friture, réduction du feu au degré voulu pour que l'évaporation de l'eau de la pomme de terre et la cuisson de celle-ci soient terminées simultanément. Le maintien à grand feu ne permettrait pas d'atteindre cet optimum de cuisson ; les pommes de terre, à moins d'être en très grande quantité, seraient brûlées en surface sans être suffisamment cuites et desséchées.

La première conclusion à tirer du principe général posé est la nécessité d'un appareil de chauffage de puissance suffisante. La réduction de pression de gaz pour obliger à une réduction

de consommation est une erreur ; elle fait dépenser davantage pour un même résultat. La seule restriction défendable est celle qui porte sur la consommation mensuelle.

Dans le cas de la cuisine à l'électricité, l'insuffisance de puissance de la plupart des appareils électriques à bon marché est la plus importante des causes de gaspillage de courant. Le petit réchaud de 300 watts qu'on peut alimenter par les plus faibles compteurs ne peut débiter que les 258 calories à l'heure que représentent ces 300 watts transformés en chaleur, et même pratiquement les 190 à 200

Corps	Chaleur spécifique
Eau .....	1
Huile comestible.....	0,31
Aluminium.....	0,21
Acier.....	0,12
Cuivre.....	0,09
Argent.....	0,056
Terre cuite.....	0,20
Verre.....	0,18

TABLEAU I. — UNE CASSEROLE EST SUR LE FEU : QUELLES SONT LES CHALEURS SPÉCIFIQUES DU CONTENANT ET DU CONTENU ?

*La chaleur spécifique, c'est-à-dire le nombre de grandes calories nécessaires pour élever de 1° C la température de 1 kg du corps envisagé, est très variable d'un corps à un autre. De 1 pour l'eau (par définition), elle tombe au dixième de cette valeur pour beaucoup de métaux. Aussi, en dehors de cas particuliers (emploi d'une cocotte en fonte...), la chaleur absorbée pour l'échauffement du récipient est-elle très faible en comparaison de celle qui est nécessaire à l'échauffement du liquide qu'il contient : 4 % pour une casserole en aluminium de 200 g contenant 1 litre d'eau. La différence considérable de chaleur spécifique entre l'eau et l'huile explique la rapidité relative de chauffage d'une bassine d'huile pour friture, et son refroidissement important à l'introduction du mets à frire si la friture n'est pas en grand excès (la chaleur spécifique des pommes de terre, poissons... est sensiblement celle de l'eau qui en est le constituant principal).*

calories qui pénétreront dans la casserole (au rendement moyen de 75 %). Autant il est naturel de demander à cet appareil de tiédir l'eau d'un verre à dents ou de chauffer celle d'un plat à barbe, autant on fait erreur en lui demandant de faire bouillir deux litres d'eau; à supposer qu'on y parvienne, ce ne sera pas fait économiquement pour la seule raison que cela demandera plus d'une heure et demie.

Même sur un brûleur à gaz, souvent six ou huit fois plus puissant que le réchaud de 300 watts, on peut avoir un gros intérêt à allumer deux brûleurs au lieu d'un pour une même opération. Tel serait le cas d'une lessive où l'on doit porter à l'ébullition 15 à 20 litres d'eau et où le chauffage ne sert au lavage qu'à partir du moment où l'ébullition est atteinte; on économisera le gaz en mettant l'eau par moitié dans la lessiveuse et par moitié dans une bassine que l'on fera chauffer simultanément sur les deux brûleurs d'un fourneau.

Une autre application du même principe consiste à ne jamais chauffer au delà de la température désirée pour refroidir ensuite par mélange. Veut-on, par exemple, 6 litres d'eau à 65° C pour laver de la vaisselle? On peut mettre dans la bassine 2 litres d'eau à 15° C, la couvrir, la faire bouillir et lui ajouter ensuite 4 litres d'eau à la même température de 15° C. Il est beaucoup plus économique de mettre directement dans la bassine les 6 litres d'eau et de les chauffer juste à 65° C. Il y a là quelque chose qui rappelle de deuxième principe de la thermodynamique : la chaleur à haute température est plus coûteuse à obtenir que la chaleur à température moyenne.

### La cuisson sans feu

La vitesse de cette réaction chimique qu'est la cuisson dépend évidemment de la température, comme pour toute réaction chimique : c'est la loi de Van't Hoff. Au voisinage de 100° C, elle croît rapidement avec la température; c'est le principe des marmites à pression, qui permettent la cuisson sous 110°, 120° C et davantage et qui l'abrègent dans un rapport encore plus élevé.

En sens inverse, il est donc évident que la cuisson à 95° C ou 90° C sera plus longue qu'à 100° C. Comme la durée de la cuisson augmente beaucoup plus vite que la température ne s'abaisse et que la chaleur dissipée est proportionnelle

à l'excès de cette température sur la température ambiante, on voit qu'il y a tout avantage en général, du point de vue de l'économie de combustible, à exécuter la cuisson à l'ébullition et même à température plus élevée, si l'on dispose d'une marmite à pression.

Il ne faut pas en déduire que la cuisson au-dessous de 100° C est toujours désavantageuse. Tout d'abord, elle est obligatoire dans certains cas, puisque la température de l'eau à l'ébullition est fonction de la pression atmosphérique qui peut descendre très au-dessous de 760 mm (baisse de pression au niveau de la mer, cuisson en montagne).

Si on éteint ou si on interrompt le feu, la cuisson continue donc moins vite. Si la quantité de liquide contenue dans le récipient est suffisante, la température peut ne tomber que très lentement et la vitesse de cuisson pendant les premiers instants ne baisser que d'une façon inappréciable. Supposons, par exemple, qu'une marmite contenant 4 litres de bouillon soit en cours de cuisson et qu'ayant besoin du feu on la retire pendant un instant. Elle se refroidit sensiblement de 0,5 C par minute. Si elle ne reste que 4 minutes hors du feu, sa température n'aura diminué que de 2° C et la cuisson aura continué pendant ce temps sensiblement comme si elle était restée sur le feu.

Dans tous les cas où la cuisson est rapide, elle se complète d'une quantité appréciable après extinction du feu, et on peut utiliser cet effet pour l'économie de combustible. Une omelette « baveuse », couverte et maintenue dans la poêle jusqu'à l'instant où on la sert, continue à cuire et peut être beaucoup trop cuite. Il en est de même pour des pâtes maintenues couvertes dans leur eau de cuisson. On peut utiliser cet effet pour réduire la durée de séjour du récipient sur le feu. Mais il est évident que le résultat sera très différent suivant la quantité d'aliments que l'on prépare; l'omelette de 8 œufs cuira davantage, feu éteint, que celle d'un œuf, le plat de pâtes de 250 grammes plus que celui de 50 grammes.

Dans certains cas, toute la cuisson peut s'exécuter ainsi, et même avec certains avantages d'ordre culinaire. La méthode classique pour faire cuire les œufs à la coque est de porter l'eau à l'ébullition et de l'y maintenir après y avoir placé les œufs pendant 2 minutes, 2 minutes et

demie ou 3 minutes, suivant les goûts.

Voici la recette « naturiste » telle que l'expose le docteur Carton :

« Amener à l'ébullition un litre d'eau pour trois œufs, l'éloigner du feu, y plonger les œufs et attendre dix minutes (1). Ce procédé est préférable parce que l'œuf cuit doucement, ne présente pas l'odeur sulfhydrique de décomposition brutale des produits sulfurés, et parce que le blanc, plus onctueux, non visqueux, cuit uniformément, est ainsi rendu plus digestible. Enfin, tout l'œuf est chaud uniformément. »

Nous ne prenons pas à notre compte l'argument de l'auteur sur « la décomposition brutale des produits sulfurés », pour ne retenir que les deux autres raisons invoquées. L'œuf à la coque, cuit à la manière habituelle, se compose d'une enveloppe plus ou moins épaisse de blanc d'œuf durci qui agit comme isolant, en empêchant la cuisson de se propager au reste du blanc et au jaune de l'œuf. L'inconvénient n'est pas grave pour la partie qui n'est pas cuite, car l'œuf cru est au moins aussi bien assimilé que l'œuf cuit, mais elle est sérieuse pour la partie du blanc durcie, indigeste parce qu'insolubilisée par la cuisson. Dans la méthode Carton, celle-ci s'opère entre 87° C (1000 g d'eau à 100° C refroidis par 3 œufs de 60 g à 15° C) et 78° C, température moyenne de 1 180 g d'eau et d'œufs après refroidissement naturel pendant 10 minutes. La température moyenne de 82,5° C est très basse pour une cuisson; celle-ci se fait lentement; elle est donc sensiblement uniforme.

Le même procédé peut être employé,

(1) *La Cuisine simple*, par le docteur Carton. La durée de 10 minutes indiquée doit être un peu forte pour ceux qui aiment les œufs à la coque peu cuits; elle semble correspondre à la durée de 3 minutes par la méthode habituelle.

avec le même avantage, dans de nombreux cas. La cuisson des œufs sur le plat dans un plat (ou une poêle) en métal léger et bon conducteur de la chaleur est une hérésie; elle aboutit au même mélange d'une fraction dure et indigeste et d'une fraction non cuite que l'œuf à la coque préparé selon la méthode classique. La cuisson dans un plat de terre ou de porce-

laine lourd, chauffé à température modérée, couvert et retiré du feu, au moment où on y place les œufs, donne un résultat beaucoup plus homogène, ne demande aucune surveillance et présente l'avantage que le plat peut attendre quelques minutes avant d'être servi sans refroidir ou cuire exagérément.

On peut faire les mêmes remarques à l'occasion de la stérilisation du lait.

Les différents procédés de pasteurisation comportent tous le maintien du lait, pendant un temps plus ou moins long, à une température nettement in-

férieure à 100° C. Ils sont d'ailleurs très variables: pasteurisation basse (ou américaine) du lait maintenu pendant une demi-heure à 63°-65° et refroidi brusquement; pasteurisation haute (ou danoise) du lait maintenu pendant deux minutes à des températures qui varient de 80° à 95°; pasteurisation, fréquemment employée en France, d'une demi-heure à 75°... Pour ceux que ces procédés satisfont (1), le

(1) Nous n'entreprendrons pas de départager les spécialistes qui sont dans le plus grand désaccord quant à la valeur des divers procédés de stérilisation du lait (stérilisation absolue, pasteurisation, ébullition, chauffage prolongé au bain-marie à 100° C). Les adversaires de la pasteurisation lui reprochent de ne pas détruire tous les germes pathogènes, ni tous les ferments lactiques, ni la plupart des ferments de la caséine... Mais les adversaires de l'ébullition ont retrouvé le bacille de Koch vivant dans la pellicule du lait qu'on fait bouillir, tout comme les spores des bactéries protéolytiques... Nous n'examinons la question que du point de vue réalisation du chauffage.

Corps	Conductivité calorifique
Argent .....	360
Cuivre .....	320
Aluminium.....	175
Acier .....	60
Terre cuite .....	0,6
Verre .....	0,7
Bois (parallèlement aux fibres)	0,2 à 0,3

TABLEAU II. — LES CONDUCTIVITÉS CALORIFIQUES DES MATÉRIAUX CONSTITUANT LES USTENSILES DE CUISINE

*La conductivité calorifique, c'est-à-dire le nombre de calories qui passent par heure entre deux faces opposées d'un cube de 1 m de côté sous l'effet d'une différence de température de 1°, est encore plus variable que la chaleur spécifique. Les chiffres précédents expliquent que tous les points d'une casserole métallique sont pratiquement à la même température, alors qu'il en est tout différemment d'un récipient en terre ou en verre, dont la conductivité peut être plusieurs centaines de fois plus faible. Ils montrent encore la nécessité d'un dispositif isolant à la poignée d'une théière en argent, au manche d'une casserole en aluminium, alors qu'il n'est pas indispensable pour une casserole en acier.*

maintien du lait couvert, après qu'on l'aura porté à l'ébullition, donne l'équivalent de la pasteurisation, dès que le lait est en quantité suffisante (trois quarts de litre à 1 litre) pour ne pas se refroidir rapidement. Ceux qui exigent l'ébullition pendant au moins cinq minutes devront évidemment maintenir le lait à petit feu pendant cette durée.

Bien entendu, tous les procédés de cuisson sans feu peuvent se combiner, au grand avantage de l'économie de gaz, avec l'emploi de la marmite norvégienne ou même avec le simple enveloppement du récipient dans une vieille couverture. Mais ceci est une autre question.

### Le chauffage par échange

La chaleur passe avec la plus grande facilité d'un liquide à un autre au travers d'une paroi métallique. C'est un moyen de récupération qui peut être fréquemment utilisé.

Vous faites bouillir, par exemple, pour des soins d'hygiène, deux litres d'eau dont vous attendez ensuite qu'elle se refroidisse à 45° C et vous faites chauffer simultanément quelques litres d'eau pour le lavage de la vaisselle. Il est beaucoup plus économique, et également beaucoup plus rapide, de mettre 3,5 litres d'eau à 15° C dans la bassine à vaisselle, d'y plonger la bouilloire et de retrouver, au bout de quelques minutes, 5,5 litres d'eau aux environs de 45°; on pourra ensuite compléter à son aise le chauffage de l'eau de vaisselle.

Certains adeptes des doctrines naturistes croient nécessaire de changer deux ou trois fois l'eau de cuisson des légumes verts, pour réduire la teneur en éléments minéraux du légume cuit. Sans discuter cette pratique — on ne se place toujours qu'au point de vue de l'économie de gaz — on notera qu'elle est très coûteuse en combustible, le chauffage à l'ébullition consommant en général plus de combustible que le maintien de l'ébullition à petit feu pendant le temps nécessaire à la cuisson. Mais on peut récupérer plus de la moitié de la chaleur perdue à chaque changement d'eau en réchauffant les eaux successives par prélèvement de chaleur sur la précédente. Ce faisant, on ne perd pas de temps. L'eau d'une cuvette où l'on met à refroidir une casserole

d'eau bouillante se réchauffe plus vite qu'elle ne le ferait sur le feu.

Le chauffage au gaz est une merveille de commodité, dont la dépense est bien des fois récupérée par le seul temps qu'il économise. Se rend-on compte de l'intérêt d'un moyen de chauffage qui ne demande que le souci de frotter une allumette pour obtenir instantanément le feu d'intensité désirée, qui permet à la ménagère, après avoir mis son rôti au four et réglé son feu, de s'absenter pendant une heure pour faire ses achats et de le trouver cuit à point en rentrant? Il faut, pour l'apprécier, avoir connu le temps où l'on dégarnissait à plusieurs reprises un feu « qui n'avait pas voulu prendre », où la cuisinière se lamentait devant un four « qui ne voulait pas chauffer ».

Pour peu qu'on veuille bien réfléchir à son emploi, ce moyen de chauffage est aussi économique qu'il est pratique. Avec quelques ustensiles de cuisine convenablement choisis, un four-grilloir à deux rampes de chauffage et, si l'on veut, quelques appareils complémentaires comme la marmite norvégienne, la marmite à cuisson sous pression, les récipients à emboîtement ou couvercles perforés pour cuissons multiples sur un même feu, il suffit d'un peu d'attention pour utiliser le gaz avec le maximum d'économie.

Si on le désire, l'expérience la plus simple contrôle ici immédiatement le raisonnement. La plupart des compteurs modernes comportent une graduation en litres très sensible qui complète la graduation en mètres cubes, seule utilisée pour le paiement. La première permet d'évaluer très exactement l'économie faite en remplaçant, pour un même résultat, un récipient par un autre, un feu modéré par un feu vif, la rampe du gril par celle du four. Pour peu qu'elle complète ce matériel d'expérience par une montre à secondes et un thermomètre gradué de 0° à 100 C° qu'elle aura pour 7,50 fr chez l'opticien, la ménagère trouvera dans son fourneau à gaz un sujet d'étude parfaitement digne des années de culture scientifique qu'on lui a libéralement dispensée et qu'elle ne parvient pas toujours à utiliser comme elle l'avait espéré.

André FOURNIER.

# L'ÉLECTRIFICATION APPORTERA A LA CAMPAGNE LE CONFORT, L'HYGIÈNE ET UN MEILLEUR RENDEMENT DES CULTURES

par Pierre HEMARDINQUER

*Une exploitation agricole est une sorte d'usine de synthèse chimique où sont fabriqués nos aliments, et le souci de l'agriculteur doit être de fournir, avec un rendement toujours meilleur, des produits d'une qualité plus parfaite. La recherche du rendement est à l'origine de l'emploi des machines à vapeur ou des moteurs à explosion pour les gros travaux agricoles. Mais aucune source d'énergie n'est sans doute capable de rendre à la ferme autant de services que l'électricité, que des installations appropriées transforment à volonté en travail, lumière, chaleur et froid, sans dégagement de gaz nocifs et avec un rendement incomparable. En plus du confort et de l'hygiène qu'elle apporte à la campagne (éclairage, chauffage, eau courante), elle pourra, quand l'équipement hydroélectrique de notre pays permettra d'en élargir l'emploi, soulager la main-d'œuvre agricole des travaux les plus variés et réaliser de sensibles économies de temps. Elle permettra d'améliorer les conditions dans lesquelles sont traités et conservés les produits agricoles. Enfin le chauffage et la lumière artificielle ont donné naissance à des techniques de « forçage » (1) qui affranchissent certaines cultures (légumes) et certains élevages (volailles) de la dépendance des saisons.*

**L'**EXODE des populations paysannes vers les villes est un problème qui préoccupe, depuis bien des années, les pouvoirs publics, car il intéresse le pays aussi bien au point de vue de son équilibre économique que de son avenir démographique. Comment retenir à la campagne la jeunesse des villages qu'attire la vie urbaine, moins saine, certes, mais plus facile en apparence? La solution est évidente : il suffirait de lui donner les mêmes facilités de vie, de rendre son travail moins pénible, de lui offrir des distractions qu'elle n'aurait pas envie de chercher ailleurs. Cette amélioration du « standing » de vie des paysans est liée à l'électrification des campagnes.

Cette électrification sera rendue possible par l'équipement total de toutes nos sources d'énergie hydroélectrique, aménagement qui se poursuit activement, malgré la crise que nous subissons en ce moment. Dès 1937, la houille blanche

comptait pour 12 200 millions de kWh, soit 66 % dans la consommation française en énergie électrique; cette contribution pourrait être largement développée.

## Où en est l'électrification rurale?

Le problème de l'électrification des campagnes avait déjà été étudié avant 1914. A la fin de la grande guerre, il fut considéré comme une œuvre d'intérêt national et d'importantes subventions furent consacrées à ces travaux. En 1919, sur les 38 000 communes françaises, 7 500 seulement, soit 20 %, étaient pourvues d'une distribution d'énergie électrique. Au 1<sup>er</sup> janvier 1938, il y en avait 36 528; il ne restait plus à installer que 1 486 communes comprenant au total moins de 485 000 habitants.

Les régions rurales françaises peuvent paraître relativement bien desservies en énergie électrique, mais les résultats d'exploitation des réseaux sont encore assez variables, suivant les régions, la nature des cultures, la production agricole et

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 280, page 281.

l'élevage, la densité de la population, et surtout les tarifs appliqués.

Dans les régions de culture intensive, le nombre moyen des moteurs électriques était, en 1938, de 5 à 6 par 100 habitants, la consommation moyenne annuelle pour l'éclairage et les usages ménagers, de 15 kilowatts-heure par habitant; la consommation pour la force motrice agricole était à peu près équivalente. Le total atteignait ainsi une trentaine de kilowatts-heure.

L'emploi du moteur électrique agricole pour le remplacement des machines à vapeur et des moteurs à explosion est spécialement intéressant. D'après une statistique assez récente, on comptait, en France, 14 620 moteurs de puissance inférieure à 1 cheval, 124 606 d'une puissance comprise entre 1 et 5 ch, et 16 997 de 5 à 10 ch. Les moteurs électriques de faible puissance commencent donc à être employés en grand nombre par les cultivateurs.

Aujourd'hui, un plan d'utilisation rationnel de toutes les sources nationales d'énergie doit tendre à intensifier le développement de l'électrification rurale.

### Les conditions de l'électrification rurale

Mais ce développement ne peut être immédiat, et s'effectuer au hasard, sans une

étude rationnelle préalable. Il est de l'intérêt des usagers d'être renseignés sur les véritables possibilités des applications de l'électricité et de ne pas sous-estimer les difficultés qui peuvent survenir.

Les appareils de cuisson et de chauffage électriques, et surtout les moteurs

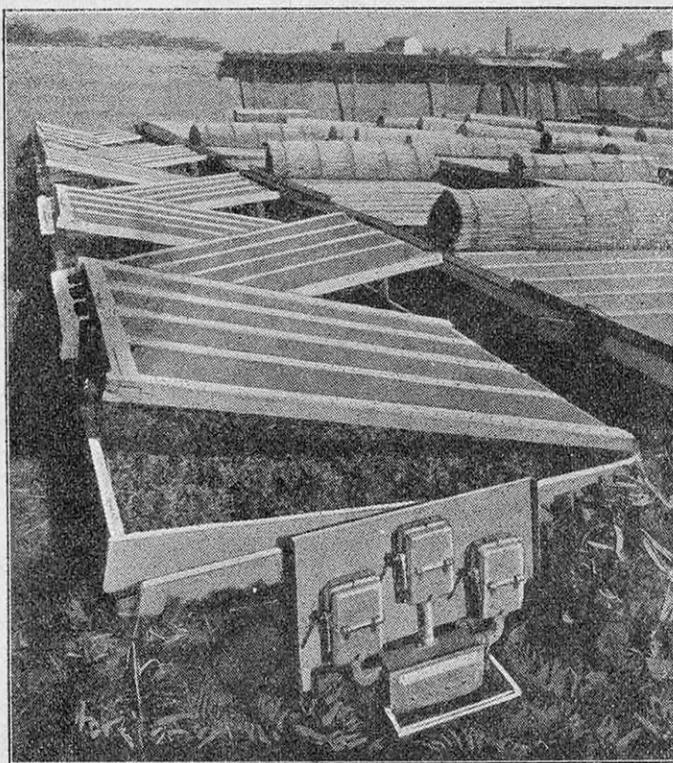
destinés aux gros travaux, tels que le battage et le labourage (1), entraînent une grosse consommation. Il ne suffit pas que la production dans les centres hydro-électriques atteigne les chiffres voulus; les lignes et les transformateurs doivent être aussi étudiés dans ce sens.

Beaucoup de réseaux ruraux ont été construits pour la distribution de la lumière et de la petite force motrice, et non pour une distribution plus importante; on ne prévoyait pas, il y a une dizaine d'années, les applications actuelles de l'électricité.

La question des tarifs est non moins essentielle. Des applications paraissant intéressantes ne peuvent être envisagées que si les dépenses correspondantes ne sont pas prohibitives.

Dans certaines régions, même quand sera complètement terminé l'équipement des sources hydroélectriques françaises, les tarifs interdiront parfois certaines

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 280, page 345.



T W 2982

FIG. 1. — COUCHES CHAUFFÉES ÉLECTRIQUEMENT PERMETTANT D'OBTENIR DES RÉCOLTES PRÉCOCES DE FLEURS ET DE LÉGUMES

*La terre de culture, d'une épaisseur de 25 cm environ, recouvre les câbles chauffants enrobés dans du sable qui joue le rôle d'accumulateur de chaleur. Après 36 heures de chauffage, la couche est utilisable. Les avantages du chauffage électrique, par rapport aux autres procédés de chauffage (par couche de fumier ou au charbon), sont la suppression des manutentions et du stockage de fumier ou de charbon, la possibilité de combiner le chauffage avec la fumure carbonique et l'irrigation souterraine, et de faire plusieurs cultures successives sans un remaniement profond de la couche. Enfin la température de la couche est rigoureusement réglée à l'aide de dispositifs thermostatiques que l'on remarque au premier plan de la figure.*

applications de l'électricité. Cette forme d'énergie coûte, en effet, très cher à transporter et un dixième environ de l'énergie électrique produite en France est perdue dans les conducteurs qui servent à l'amener au point d'utilisation. C'est ce qui explique que les grandes centrales thermiques alimentant Paris se trouvent non pas dans le Nord, où on produit le charbon, mais dans la banlieue près du centre de consommation du courant.

Il faut encore considérer les prix d'achat et d'installation des appareils; en particulier, le chauffage par accumulation, si séduisant par ailleurs, exige une installation coûteuse; la cuisine à l'électricité est particulièrement économique, mais l'achat d'une cuisinière est relativement coûteux. Il en est de même pour beaucoup d'appareils ménagers: frigidaires, aspirateurs, circuses, bouilloires, etc.

La fabrication et la vente de la quantité énorme d'appareils nécessaires

pour une généralisation de l'électrification rurale soulève des difficultés industrielles et commerciales très graves, même dans des conditions normales; ces appareils devraient, d'ailleurs, être adaptés spécialement aux différents buts recherchés et même aux différentes régions.

A ce sujet, il ne serait pas sans intérêt de renouveler dans chaque région l'expérience qui se poursuit depuis le mois de juillet 1939 dans la commune de Magnet (Allier).

### Un village électrifié expérimental

Magnet, village de 649 habitants, d'une superficie de 1 272 hectares, a été choisi par le Syndicat Intercommunal d'Elec-

trification de l'Allier comme représentant le type moyen de la commune rurale de la région. Il offrait la plus grande diversité d'abonnés éventuels: un tiers d'agriculteurs, un tiers d'ouvriers, un tiers d'artisans, commerçants ou fonctionnaires.

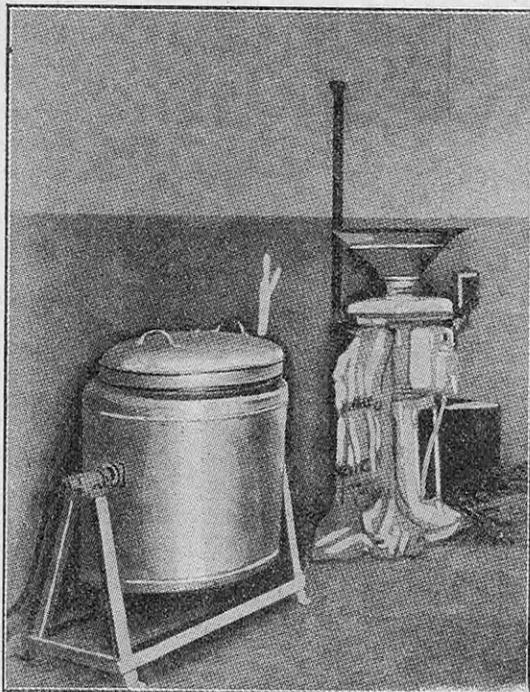


FIG. 2. — CHAUDRON CUISEUR ÉLECTRIQUE POUR LA NOURRITURE DES PORCS

*Cette cuve basculante hermétiquement close est chauffée électriquement. Un dispositif automatique donne le courant à l'heure où celui-ci est vendu au tarif de nuit et le coupe quand la température est suffisante pour que la cuisson s'achève. On aperçoit au fond un broyeur qui prépare les aliments pour la cuisson.*

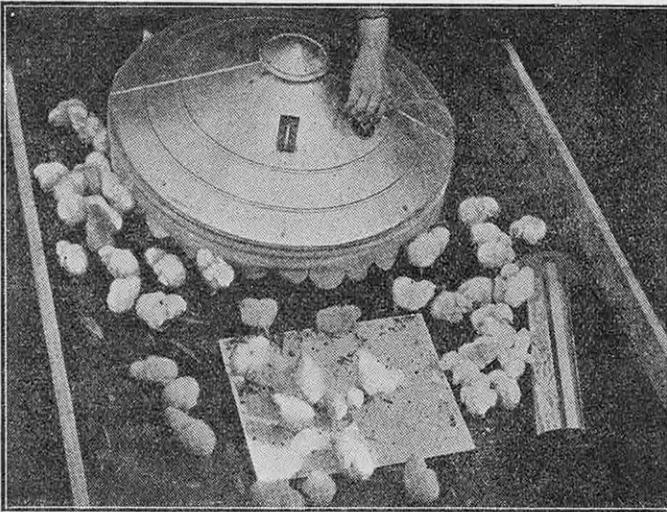
La Compagnie Hydroélectrique d'Auvergne a mis pour une période de 18 mois, à la disposition des abonnés ruraux, des appareils domestiques, agricoles, d'intérêt communal, de professions artisanales, en ne laissant à la charge des usagers que le coût de l'énergie consommée suivant les tarifs normaux en application dans le secteur. Sur 194 ménages, 182 sont abonnés.

Cette vaste expérience a été suivie attentivement jour par jour par le bureau d'études du Syndicat, et elle a fourni de précieux renseignements sur les consommations que l'on doit attendre de chaque appareil et, partant, sur les possibilités de l'électrification dans la région.

### Le confort dans l'habitation rurale : d'abord la lumière

La première installation à réaliser dans un village électrifié, parce qu'elle est la plus indispensable et qu'elle n'exige pas une mise de fonds importante, c'est celle de l'éclairage électrique. Elle épargnera la fatigue des yeux pendant les jours les plus courts de l'hiver où la plupart des travaux s'exécutent à la maison.

En tout temps, elle permettra une répartition plus rationnelle des heures de travail, qui sont, grâce à elle, rendues indépendantes de la durée du jour. La prise de courant étant installée, un poste récepteur de radio viendra rapidement



T W 2984

FIG. 3. — ÉLEVEUSE ARTIFICIELLE CHAUFFÉE ÉLECTRIQUEMENT

L'élevage artificiel permet d'avoir des poussins en toutes saisons. Des tubes chauffants réglés soit à la main, soit automatiquement par thermostat, rayonnent la chaleur sur le dos des poussins. L'éleveuse est munie d'un dispositif calorifuge et d'une cheminée d'aération. La température doit être abaissée progressivement de 32 à 22° C pendant les six premières semaines.

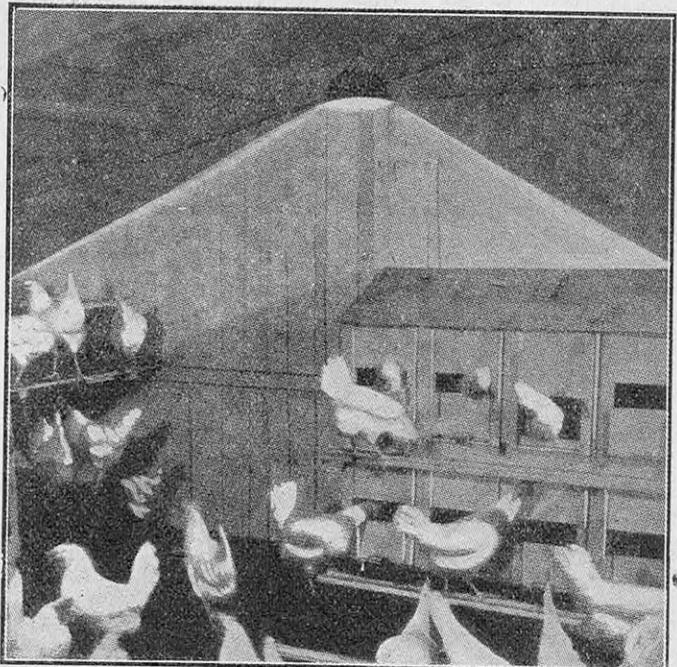
porter à l'habitant des campagnes les dans la couveuse artificielle jusqu'à la nouvelles du monde entier.

### L'électricité à l'étable et à la basse-cour

La lumière améliore non seulement le confort des habitants de la ferme, mais celui des animaux de l'étable ou de la basse-cour. Une affiche publicitaire d'une société laitière américaine s'ornait de ce slogan : « Nos vaches sont heureuses. » On peut se demander en quoi le bonheur des vaches peut influer sur leur production laitière. Mais le confort n'est pas indifférent aux animaux ni même aux plantes, que l'on a intérêt à placer dans les meilleures conditions de vie.

On connaît les procédés de chauffage et d'« insolation artificielle » qui stimulent la croissance des plantes et leur font donner des produits plus précoces (1). La lumière et le chauffage électrique permettent une stimulation analo-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 280, page 283.



T W 2923

FIG. 4. — POULAILLER ÉCLAIRÉ ÉLECTRIQUEMENT POUR LA PRODUCTION HIVERNALE DES ŒUFS

Ce traitement, combiné avec une alimentation très riche et un exercice convenable, augmente la ponte de 40 à 60 % pour la période d'hiver, et la ponte annuelle de 20 %. La consommation est de 0,5 kWh par poule et par hiver.

sortie des diverses éleveuses, sont placés, grâce à des dispositifs thermostatiques, de ventilation, etc., à tous les stades de leur croissance, dans les meilleures conditions de développement. Cet élevage scientifiquement conduit permet d'amener les poulets sur le marché au moment économiquement le plus favorable.

### Le chauffage, le froid, les appareils ménagers

L'emploi du charbon de chauffage est plus ou moins facile à la campagne, étant donné la pénurie de combustibles; l'utilisation du gaz butane, par ailleurs très pratique, se heurte à des difficultés accrues depuis le blocus. L'emploi du bois est très répandu, mais peu pratique.

Les appareils de cuisine électriques permettent d'obtenir une chauffe instantanée, et à toute heure, avec des allures de marche très différentes; l'absence de combustion et d'émanations gazeuses évite la nécessité des cheminées d'aération; l'encombrement et les soins d'entretien sont réduits au minimum.

Les fours électriques, constitués par une sorte de chambre calorifugée, comportent un corps de chauffe de la sole enrobé dans une plaque de fonte et chauffant par conduction, tandis que des corps de chauffe de la voûte sont à feu vif et chauffent par rayonnement. On peut ainsi faire cuire aussi bien des rôtis et des grillades que des pâtisseries, par exemple, avec plusieurs allures de chauffes. Les types les mieux adaptés pour la campagne sont de 800 et de 1 000 watts.

Les cuisinières électriques servant à la

confection des plats divers, tels que potages, ragoûts, légumes, etc., comportent des plaques en fonte, sous lesquelles sont placées des résistances chauffantes et non des résistances nues.

Une plaque chauffante de 500 watts dépense 20 watts-heure et met 2 minutes pour cuire deux œufs sur le plat; une

plaque chauffante de 500 watts dépense 65 watts-heure et met huit minutes pour cuire un beef-steak de 125 grammes. La cuisine électrique est donc réellement économique; dans les cuisinières complètes, on utilise d'ailleurs à la fois un four et des plaques chauffantes.

En ce qui concerne le chauffage électrique, qui exige une très grande consommation de courant, il n'est possible qu'avec des tarifs spéciaux qui ne sont pas près d'être réalisés et sa diffusion générale n'est pas possible étant donné l'insuffisance de la production actuelle; toutefois, dans certains établissements, tels que les écoles, il permettrait la suppression de poêles anti-hygiéniques et bien souvent insuffisants.

Dans les fermes de grande production laitière, des dispositifs électriques pourront être employés pour pasteuriser le lait aussitôt après la traite. Enfin, le froid commence à trouver des applications de plus en plus importantes dans les industries de transformations des produits agricoles, telles que la viticulture.

### Les moteurs électriques à la ferme

A l'exception des travaux les plus pénibles (labours, battage), le travail agricole est exécuté en grande partie par la



T W 2985

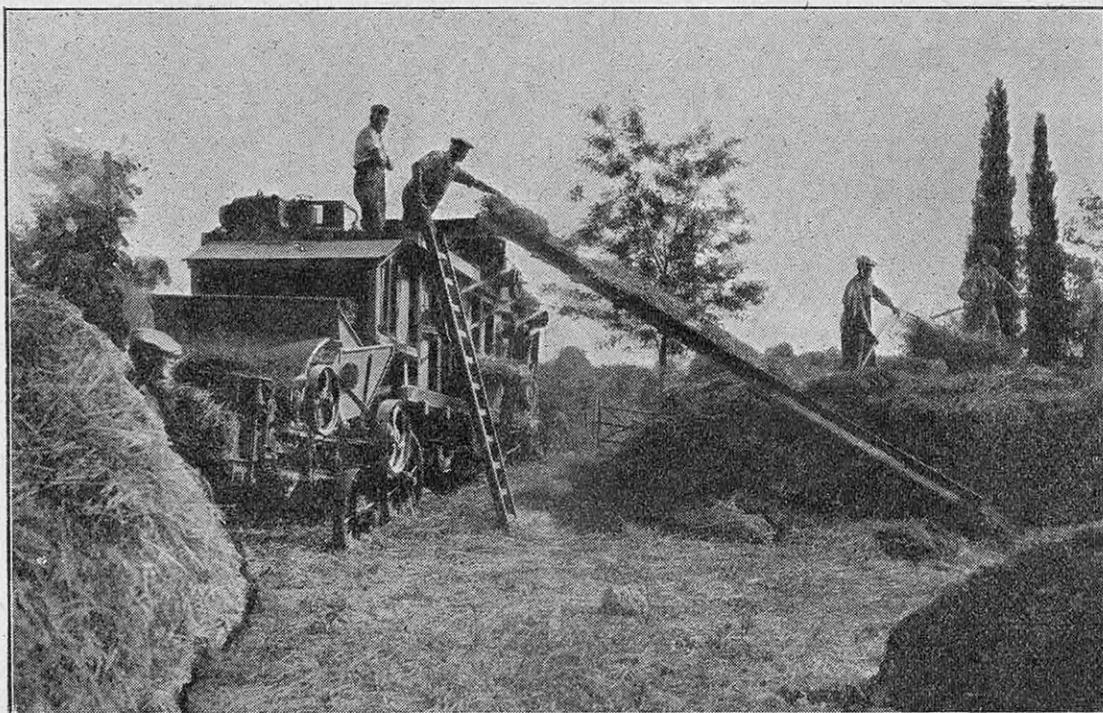
FIG. 5. — LE MIRAGE DES ŒUFS INCUBÉS A LA COUVEUSE ARTIFICIELLE

*La couveuse artificielle permet seule de produire en octobre des poulets qui seront sacrifiés en avril-mai. Elle maintient les œufs dans les conditions convenables de température (39°), d'humidité, d'aération. Deux fois par jour, la couveuse est ouverte et les œufs sont retournés. Le quatrième jour, l'embryon devient visible par transparence et les œufs « à faux germes », qui sont destinés à ne pas éclore, sont éliminés après que leur couleur claire a permis de les reconnaître. Seul le chauffage à l'électricité permet de régler rigoureusement la température et d'éviter les vapeurs nocives susceptibles de nuire à l'embryon.*

force motrice humaine. Ces travaux nécessitant un effort prolongé, on ne peut guère compter tirer de la machine humaine qu'une puissance d'environ un huitième de cheval. Le moteur électrique consomme pour les mêmes travaux une quantité de courant dont le prix dépendra des tarifs pratiqués, mais il économisera un certain nombre d'heures de travail. En moyenne, la dépense d'électricité

a une consommation réduite au temps de travail utile. Quelle puissance devra-t-il avoir pour exécuter les travaux de la ferme ?

L'axiome « qui peut le plus peut le moins » ne doit pas lui être appliqué, car son rendement n'est maximum qu'à pleine charge. Pour un travail donné, on devra donc choisir la puissance la plus faible possible.



T W 2986

FIG. 6. — LA BATTEUSE ÉLECTRIQUE DU VILLAGE DE MAGNET

*La batteuse est actionnée par un moteur électrique d'une quinzaine de chevaux que l'on voit ici installé à poste fixe à sa partie supérieure. Ce moteur est aussi utilisé pour élever, à l'aide d'un plan incliné, le blé à battre au niveau supérieur de la batteuse.*

sera environ le dixième de la dépense en salaires qu'elle permet d'économiser.

Pour couper 2 000 kg de betteraves, il faut employer deux ouvriers pendant une heure; on peut exécuter le même travail en une demi-heure au moyen d'un petit moteur. Ce même moteur peut servir à scier un stère de bois dans le même temps ou à concasser 40 kg d'orge, alors qu'un ouvrier mettrait 2 heures à 2 heures et demie pour exécuter le même travail. Normalement, un moteur électrique peut exécuter économiquement en une heure un travail qu'un homme ne ferait qu'en 4 ou 5 heures.

Le moteur électrique, toujours prêt à fonctionner, d'un prix d'achat minime,

Il est rare cependant qu'un moteur agricole soit utilisé en vue d'une seule application. Il faut souvent se résoudre à adopter une installation mobile, dont la puissance est un peu trop grande pour une application déterminée, mais qui peut servir à une autre plus essentielle.

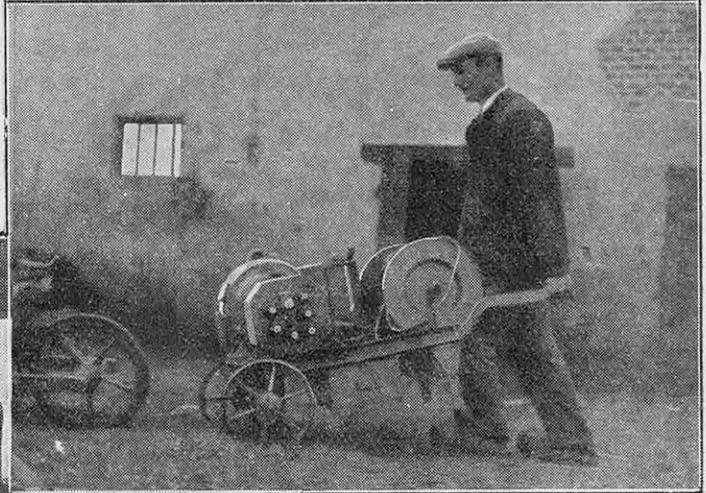
Quelques appareils, tels que les pompes, les concasseurs, les scies, doivent être actionnés à des vitesses élevées, mais la plupart des machines agricoles, telles que les tarares et les barattes, actionnées autrefois à la main, ont un régime lent, de l'ordre de 40 à 300 tours par minute. Les moteurs électriques employés ayant un régime de 1 500 à 3 000 tours, il est nécessaire d'utiliser des réducteurs à engrena-

ges ou poulies et courroies. C'est le système de transmission par courroies qui est le plus utilisé, parce qu'il est peu coûteux et robuste.

Les moteurs agricoles sont exposés aux chocs et aux intempéries, aux vapeurs ammoniacales dans les hangars, les fosses à fumier, ou en plein air, dans des locaux humides, tels que les laiteries, à l'atmosphère saturée de poussière et de déchets, dans les granges. La protection des organes tour-

vitesse, et d'une puissance de l'ordre de 500 watts au maximum;

2° Les moteurs triphasés moyens de 1 à 8 kilowatts, montés sur brouettes, avec arbre de renvoi commandé généralement par courroies;



T W 2988

FIG. 7. — MOTEUR ÉLECTRIQUE DE 3 CH MONTÉ SUR BROUETTE ET CAPABLE D'ACTIONNER DES MACHINES AGRICOLES TRÈS DIVERSES

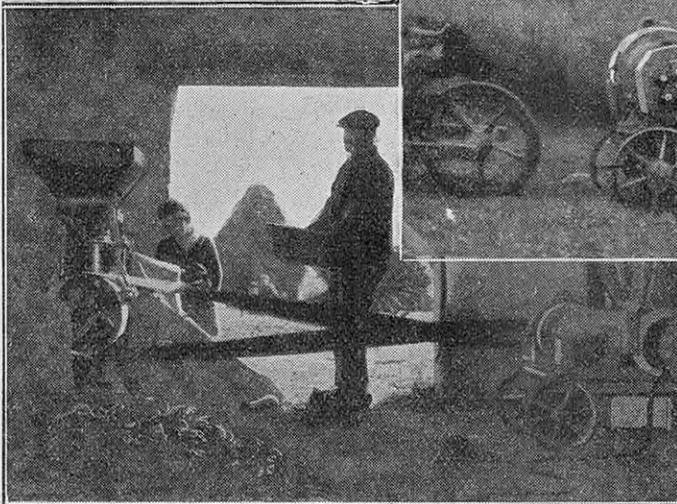


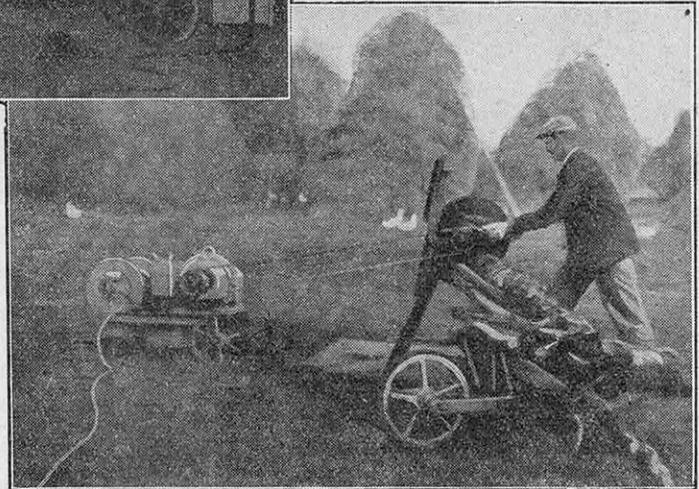
FIG. 8. — MOTEUR ÉLECTRIQUE TRANSPORTABLE ACTIONNANT UN CONCASSEUR T W 2989

*Ce moteur électrique, protégé contre les vapeurs ammoniacales et les poussières par un blindage, est muni d'un démultiplicateur de vitesse et d'un câble qui permet son branchement dans tous les endroits (hangars, granges, laiteries, caves, etc.) où on veut l'utiliser. Il peut actionner des machines très diverses : petites scies mécaniques, tarares, hache-paille, etc., etc...*

nants devient essentielle. Les modèles protégés, blindés ou étanches sont seuls possibles.

Compte tenu du rendement, il y a à peu près équivalence, dans un moteur agricole, entre un cheval de puissance développée, et un kilowatt de puissance absorbée. Dans ces conditions, on peut distinguer différentes catégories, suivant la puissance, la présentation et le mode d'emploi :

1° Les petits moteurs portatifs pouvant être montés sur châssis ou cadres roulants, avec dispositif de réduction de

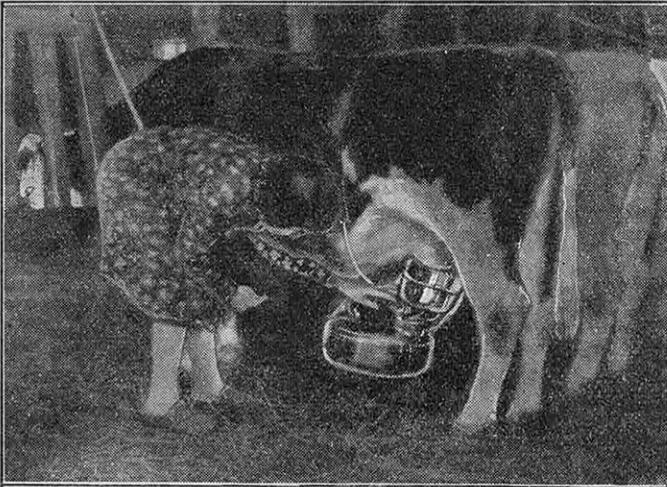


T W 2990

FIG. 9. — SCIE MÉCANIQUE ACTIONNÉE PAR LE MOTEUR ÉLECTRIQUE

3° Les gros moteurs triphasés de 10 à 20 kilowatts, placés généralement sur chariots, et servant, en particulier, à la commande des batteuses;

4° Les moteurs fixes de toutes puissances, faisant corps avec des machines spécialement étudiées, entraînant par courroies une machine isolée, ou une série d'appareils distincts.



T W 2980

FIG. 10. — LA TRAITE ÉLECTRIQUE DES VACHES

*Le lait est aspiré rythmiquement par une pompe à vide qu'actionne un petit moteur commandé par un rupteur. L'emploi d'une machine à traire ne commence à se justifier que pour une exploitation comprenant une quinzaine de vaches. Il se traduit par une sensible économie de temps et a l'avantage d'être plus hygiénique.*

### Les petits moteurs transportables

Parmi les présentations les plus intéressantes du moteur agricole, le type transportable monté sur brouette ou chariot paraît le plus employé. Il permet, avec un branchement de force motrice, d'utiliser un moteur triphasé de 1 à 5 ch dans des lieux d'utilisation dispersés, bûcher, laiterie, hangar, granges, greniers, caves, atelier de production, etc., et en n'utilisant certaines machines qu'à une période déterminée de l'année. La brouette peut s'adapter à la grande diversité des machines devant tourner à une vitesse lente de 40 à 60 tours par minute (tarare) ou, au contraire, devant être actionnées à des vitesses supérieures à 1 500 tours par minute (scie à débiter le bois).

La brouette agricole, appareil robuste et souple, est une véritable machine agricole très en faveur auprès de l'agriculteur. Monté sur un châssis métallique sur roues, d'une puissance de 1 à 8 ch et normalement de 3 à 4 ch, ce groupe-moteur est protégé contre l'introduction des poussières, et l'ensemble est très robuste. Un démarreur permet le démarrage et le réglage à 2 ou 4 puissances; un dispositif réducteur de vitesse à engrenages ou plutôt par courroies assure plusieurs vitesses pouvant varier, par exemple, de 40 à 750 tours par minute.

Enfin, un dévidoir, monté sur la brouette sert à l'enroulement du câble de raccordement, avec fil de masse permettant la mise à la terre.

La brouette agricole peut ainsi actionner, avec des puissances et des vitesses extrêmement diverses, des scies à bûches, des meules, des hachepaille, des concasseurs, des tarares, des broyeurs à pommes, des fouloirs, des brise-tourteaux, etc. (fig. 7, 8 et 9).

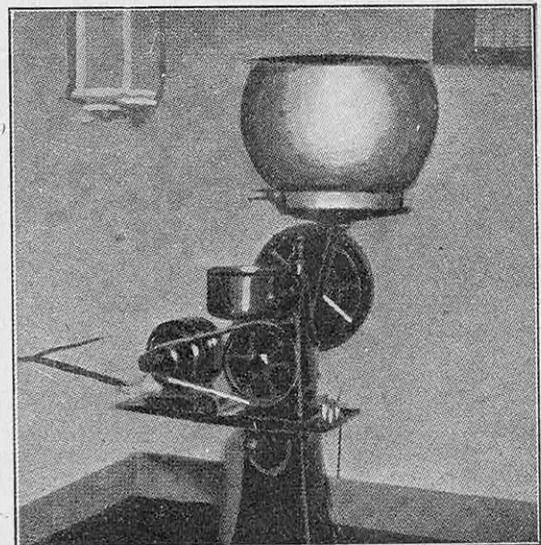
### Les moteurs fixes

Les moteurs fixes sont adaptés aux appareils à actionner à l'aide de courroies ou de réducteurs de vitesse; ils font souvent partie intégrante de la machine agricole.

Il en est ainsi, en particulier, pour les appareils de pompage, permettant la distribution

de l'eau pour les usages domestiques ou agricoles. La pompe de type centrifuge est accouplée directement au moteur au moyen d'un joint flexible.

La traite mécanique pourrait se diffuser dans les fermes de moyenne et de petite importance, quand le nombre de vaches est de 10 à 15. Une machine à traire comprend simplement une pompe à vide et un moteur dont la puissance est comprise entre 0,25 ch et 1,5 ch. L'aspiration



T W 2981

FIG. 11. — L'ÉCRÉMAGE DU LAIT PAR CENTRIFUGEUSE ÉLECTRIQUE

rythmée est commandée à l'aide d'un rupteur. La traite mécanique est plus douce que la traite manuelle et assure toutes garanties d'hygiène. Elle peut être dirigée par une femme ou un enfant (fig. 10).

Dans la laiterie, on peut aussi utiliser l'écrèmeuse, la baratte et le malaxeur électriques et, dans les grandes exploitations, une chambre frigorifique de conservation des beurres.

Dans l'artisanat rural, le moteur individuel, actionnant la soufflerie et la machine à percer du maréchal ferrant, rend les plus grands services. Dans l'atelier de charronnerie, la mortaiseuse est commandée directement par un moteur. Enfin, dans les grandes installations, l'atelier rural peut être actionné par un moteur unique.

### Le battage électrique

Le labourage électrique (1), procédé d'avenir sans doute, nécessite cependant des installations importantes ne convenant qu'aux grandes exploitations. Dès à présent, au contraire, le battage électrique peut être réalisé avec une grande simplicité de fonctionnement et une importante économie de personnel.

Le moteur utilisé a une puissance de l'ordre de 14 à 20 ch; il peut être placé directement sur la batteuse ou sur un chariot séparé et alimenté par le réseau basse tension au moyen d'un câble d'une centaine de mètres (fig. 6).

Un engrenage automatique permet de supprimer l'emploi d'un homme, et un monte-gerbes peut élever les gerbes à 3 mètres de haut sur 6 mètres de distance. Avec un moteur de 14 ch, la puissance absorbée à vide, d'après des expériences récentes, est de 6,5 kilowatts, en marche normale de 14 kilowatts.

La consommation de courant par quintal de grains varie suivant la qualité de la récolte; elle est de l'ordre de 0,318 kilowatt-heure.

### Puissance et consommation du moteur agricole

Il est intéressant de se rendre compte des forces motrices nécessaires pour actionner différentes machines agricoles et de la consommation correspondante.

Un tarare nécessite une puissance d'environ 1 ch, un trieur une puissance de l'ordre de 1/10 de ch; un moulin à grains

exige une puissance de 1 ch pour 30 kg débités à l'heure.

Pour un coupe-racines, il faut compter 1 ch par 3 500 kg débités à l'heure; pour un hache-paille, 1 ch par 400 kg de paille; pour un aplatisseur d'avoine, 1 ch par 300 litres; pour un brise-tourteaux, 1 ch par 500 kg.

Pour un malaxeur, on choisit généralement un moteur de 1 ch; pour un broyeur de pommes, un type de 3 ch; de même, pour une scie à bûches. Pour un pressoir, il faut 1 à 2 ch; pour un fouloir à vendanges, 3 à 4 ch.

Tous les instruments de ferme nécessitent, on le voit, des puissances assez faibles et qui varient normalement de 1 à 4 ch; c'est pourquoi la brouette agricole décrite plus haut, avec un moteur de 2 à 3 ch, constitue bien une machine agricole électrique type.

Quelle est la consommation et, par conséquent, la dépense pour un travail agricole donné? Sans doute est-il intéressant de donner quelques chiffres à ce propos.

Pour scier un stère de hêtre ou de sapin, il faut consommer 1 100 à 1 200 watts-heure; pour moudre 100 kg d'orge, il faut 2 000 watts-heure; pour couper 100 kg de paille, il faut 600 watts-heure; pour écraser 100 kg d'avoine, il faut 1 250 watts-heure.

Avec un kilowatt-heure, on peut traire à la machine 15 vaches, baratter 200 litres de crème, malaxer 200 kg de beurre, broyer 2 000 kg de pommes, élever 3 000 litres d'eau à 10 mètres, couper 5 000 kg de betteraves, trier 100 sacs de blé.

### L'avenir de l'électrification rurale

On a pu juger, par ce rapide exposé, des diverses applications de l'électricité à la ferme, de la transformation profonde que l'emploi de cette forme d'énergie est susceptible d'introduire dans les conditions d'exploitation de la terre. L'électrification augmentera le rendement de certaines productions, tout en améliorant la qualité et la conservation des produits; elle libérera, dans une certaine mesure, le cultivateur de la tyrannie des saisons; elle rendra son métier moins pénible et sa maison plus agréable. Une telle transformation doit être poursuivie avec méthode, parallèlement à l'équipement de nos chutes d'eau. C'est un travail gigantesque qui exigera des initiatives individuelles, en même temps qu'une aide de l'Etat et des collectivités.

Pierre HEMARDINQUER.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 285, page 345.

# SIX MOIS DE BATAILLE DANS LE CIEL ANGLAIS

par Pierre BELLEROCHE

*C'est le 7 août que l'Allemagne, disposant de 3 000 km de côtes face à l'Océan, de bases de départ extrêmement proches (30 km entre Calais et Douvres), et dont l'aviation jouissait d'une supériorité numérique qu'il est difficile d'évaluer, a entrepris sa grande offensive contre l'Angleterre. Cette lutte qui dure encore après six mois d'évolution continue, a pris le caractère d'une guerre d'usure. Tandis que les premiers assauts visaient à un écrasement des défenses anglaises (chasse, D.C.A.), prélude à des opérations décisives de débarquement, la Luftwaffe, évitant de plus en plus le combat par des opérations de nuit, s'en prend maintenant aux docks, aux usines et aux convois maritimes. Après 56 jours de bombardement ininterrompu de Londres, elle a mis au point des attaques massives des grands centres industriels anglais. Ces attaques du type « Coventry » sont très efficaces et peu coûteuses pour l'assaillant. Mais il n'est pas de tactique qui n'ait trouvé sa parade, et le souci d'économie manifesté de part et d'autre peut laisser supposer que nous sommes assez loin du dénouement de la bataille aérienne d'Angleterre.*

IL paraît encore prématuré d'entreprendre, étant donné les informations incomplètes qui nous sont parvenues jusqu'ici, l'histoire détaillée des attaques aériennes menées contre l'Angleterre par la Luftwaffe allemande, au cours du deuxième semestre 1940 et qui ont donné lieu aux combats aériens les plus importants de la guerre. Nous allons toutefois essayer d'en faire une esquisse, en nous basant sur les communiqués des deux adversaires.

Il a déjà été exposé (1) la physionomie prise par la guerre aéro-navale en mer du Nord, au cours des sept premiers mois de ce que l'on peut appeler la guerre mondiale n° 2, c'est-à-dire de septembre 1939 à mars 1940 inclus.

Pendant cette période de sept mois, les opérations aériennes ont été limitées par la situation géographique et stratégique des deux adversaires. D'une part, un front étroit, une sorte de « nasse » de 200 kilomètres d'ouverture à peine : la Baie allemande, mais solidement défendue de Borkum à Sylt. D'autre part, un littoral vulnérable de 1 000 kilomètres offert aux raids aériens et au mouillage de mines magnétiques : la côte Est d'Angleterre (fig. 1).

Pendant cette période, aucun bombardement d'objectifs terrestres. De part et

d'autre, on se limite à des attaques aéro-navales.

Mais voici qu'en avril 1940, la situation géographique et stratégique change du tout au tout. Le front aéro-naval de la mer du Nord est brusquement transformé par l'offensive terrestre allemande. C'est d'abord, au début d'avril, l'occupation de la côte danoise et de la côte norvégienne. Dès la fin d'avril 1940, l'Allemagne dispose des 1 500 kilomètres de littoral qui vont de l'île de Sylt (frontière germano-danoise) à Narvik, à l'extrémité nord de la Norvège : course vers le nord que laissait prévoir l'article sur la « guerre aéro-sous-marine » — course dont le but principal était de permettre à l'Allemagne de « respirer » vers l'Atlantique et, en même temps, d'étendre son étreinte aéro-navale par rapport aux îles Britanniques. A ce sujet, le point stratégique le plus important de la côte norvégienne est Stavanger, situé à 450 kilomètres à peine de l'Ecosse.

Le 10 mai 1940, l'invasion de la Hollande et de la Belgique, puis la défaite de la France, la prise de Dunkerque le 3 juin, celle de Cherbourg le 18 juin, de Brest le 20 juin, de Saint-Jean-de-Luz à la fin du même mois, étendent vers l'ouest et vers le sud, de plus de 1 000 kilomètres, l'étreinte aéro-navale des îles Britanniques.

Au 1<sup>er</sup> juillet 1940, le front aéro-naval

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 275, page 463, La « guerre aéro-sous-marine ».

allemand se développe de Saint-Jean-de-Luz à Narvik, sur une longueur totale de littoral dépassant 3 000 kilomètres (fig. 2).

Alors qu'antérieurement au 10 avril 1940 les distances minima à vol d'oiseau entre les deux adversaires étaient de l'ordre de 500 kilomètres (distance minimum : Yarmouth-Brême), à partir de juin 1940, elles sont réduites comme suit :

Stavanger-Aberdeen .....	450 km
Flessingue-Harwich .....	200 km
Calais-Douvres .....	30 km
Cherbourg-Southampton ...	100 km
Brest-Plymouth .....	200 km

Des distances aussi réduites vont permettre à la Luftwaffe d'intervenir dans la Manche et dans le ciel anglais, en permettant de faire escorter leurs bombardiers par des avions de chasse.

En outre, les directions des attaques aériennes allemandes qui, jusqu'alors, à partir de la Baie allemande, étaient *divergentes* vers les objectifs offerts par les îles Britanniques, deviennent dorénavant *convergentes*, sur les mêmes objectifs, à partir de la centaine d'aérodromes qui s'échelonnent sur les 2 500 km qui séparent Brest de Stavanger.

La situation stratégique aéro-navale a donc — en moins de trois mois — été retournée. Ceci posé, examinons comment, à partir du 1<sup>er</sup> juillet 1940, l'aviation du Reich a réussi à mettre à profit l'avantage stratégique acquis sur la côte occidentale d'Europe, pour les attaques qu'elle a lancées contre l'Angleterre au cours de ce deuxième semestre 1940.

### **Les Gothas de 1917 : raids en plein jour sans escorte de chasse**

Il est d'abord intéressant de rappeler les raids aériens menés contre l'Angleterre en 1917-1918, car ce regard en arrière éclaire singulièrement la tactique allemande de 1940.

En 1917, la situation stratégique était toute différente : un solide front terrestre, appuyé à Nieuport sur la côte belge, limitait les bases de départ des Gothas aux aérodromes de Belgique, ceux voisins de Gand (fig. 3).

Les Gothas de l'époque, avec leur vitesse de 125 km à l'heure, décollaient de Gand, abordaient Londres par l'axe de l'estuaire de la Tamise. Ils rentraient par Douvres et Ghisteltes, cette dernière ville des Flandres étant le principal aéro-

drome de chasse allemand dans cette zone. Les chasseurs allemands de l'époque, Albatross D III ou Fokker D 7, incapables d'escorter les Gothas, se bornaient à aller en direction de Nieuport et de Douvres au-devant des bombardiers sur leur route de retour, de manière à leur éviter d'être interceptés par la chasse anglaise et française — Camels et Spads — qui était basée sur les aérodromes voisins de Dunkerque : Saint-Pol, Furnes, Petite Synthe. Telle était la stratégie aérienne de 1917-1918 contre l'Angleterre.

Rappelons qu'au cours de l'été 1917, il y eut quatre raids importants de Gothas sur Londres, menés en plein jour, par des pelotons de dix à vingt avions en formation serrée. Le premier se place le 25 mai 1917, le dernier le 22 août. Pour y parer, le commandement britannique avait dû prélever, sur le front français, deux escadrilles de chasse équipées en matériel récent, une en Sopwith « Pup », l'autre en S.E. 5, et les baser entre Londres et la côte anglaise.

Le 22 août 1917, les Gothas s'étaient heurtés, dans le ciel anglais, à une forte réaction de la part de la chasse et de la D.C.A.

A partir de septembre 1917, les Gothas passèrent des raids diurnes aux raids nocturnes. La chasse de nuit était encore inexistante, alors que les Gothas se révélaient capables de voler correctement par clair de lune.

Il fallut donc que la chasse anglaise apprit à combattre de nuit. Le premier essai fut celui du Major Murliss Green, qui, sur Sopwith « Camel », réussit, le 17 décembre 1917, à abattre un Gotha. Il ne s'agissait encore que d'un exploit isolé, et les raids de Gothas continuèrent pendant l'hiver 1917-1918 jusqu'au 19 mai 1918. Cette nuit-là, une escadre de 40 Gothas fut lancée contre Londres : 33 parvinrent à survoler le sol anglais et quatre furent abattus par la chasse de nuit en liaison avec les projecteurs, trois autres furent « descendus » par la D.C.A. ; enfin, trois autres, blessés, s'écrasèrent à l'atterrissage en Belgique. Total : 10 avions perdus sur 33.

Ce fut le dernier raid de Gothas sur Londres de la guerre de 1914-1918.

### **Des Gothas de 1918 aux Messerschmitt de 1940**

De 1918 passons à 1940.

Des Gothas de 125 km à l'heure, l'avia-

tion allemande est passée à des Heinkel 111 K de 450 km à l'heure, à des Ju 88 et à des Do 215 de 500 à l'heure et à des Messerschmitt 109 et 110 de 550 à l'heure.

Au lieu des seuls aérodromes de Gand pour le départ des bombardiers et de l'aérodrome de Ghisnelles pour la chasse, la Luftwaffe de 1940 dispose de tous les aérodromes du continent européen qu'échelonnent de Brest à Stavanger, ce qui permet des attaques convergentes sur le cœur de l'Angleterre dans un secteur d'une ouverture d'au moins 120 degrés. En même temps, les distances des objectifs sont sensiblement réduites, surtout si on les compare à la vitesse et au rayon d'action accrus des avions. La distance Gand-Londres n'était que de 240 kilomètres, soit à peine deux fois la vitesse en kilomètres à l'heure des Gothas de 1918. Cette même distance ne correspond plus, en 1940, qu'à la moitié de la vitesse des Junkers 88. En 1940, la distance des objectifs anglais est donc, proportionnellement, divisée par quatre.

Un tel rapprochement permet aux bombardiers allemands de 1940 de se faire escorter, sur tout leur parcours ou presque, par leur aviation de chasse, et aux chasseurs d'intervenir directement dans l'offensive aérienne.

C'est ainsi qu'au lieu des raids par bombardiers en formations isolées de 1917, on assiste, en 1940, à des raids combinés

« bombardiers et chasseurs ». Les combats aériens de 1940 dans le ciel de l'Angleterre en seront plus âpres. Au duel du « chasseur d'interception » contre « bombardier », type 1917, succèdent les mêlées de « chasseurs contre chasseurs », type 1940.

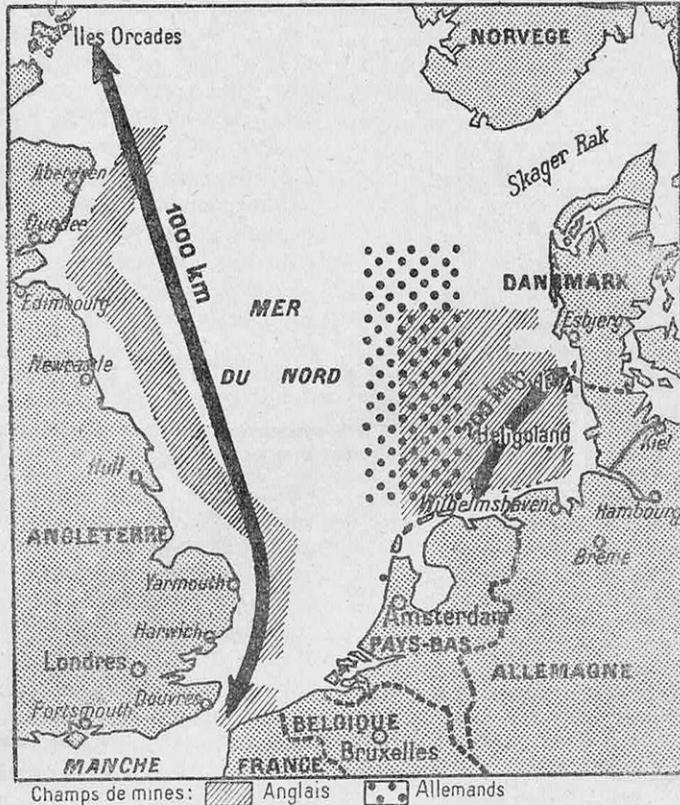


FIG. 1. — LE THÉÂTRE DE LA GUERRE AÉRO-NAVALE AVANT LES CAMPAGNES DE NORVÈGE ET DE FRANCE

En face de la côte est de l'Angleterre qui est longue de 1 000 km, les Allemands disposaient de 200 km de côtes. Les opérations se limitèrent à des bombardements des bases navales (Sylt, Norderney, Firth of Forth), à la pose de mines flottantes ou magnétiques et à des attaques de chalutiers.

ordres du maréchal Sir H. Dowding, avec probablement 2000 avions de chasse (fig. 4).

La supériorité numérique appartenait vraisemblablement aux Allemands dans la proportion de 1 à 2 ou 3.

### Phase préliminaire : les attaques aéro-navales de juillet 1940

La grande offensive aérienne du Reich contre l'Angleterre n'a véritablement commencé que le 7 août 1940.

Jusqu'à cette date, et notamment au cours du mois de juillet 1940, on ne constate que des raids pénétrant peu, en profondeur, dans le ciel anglais. Les objectifs se limitent aux navires de com-

### Les forces en présence

Il est difficile de chiffrer les forces aériennes mises en présence, de chaque côté du Pas-de-Calais, à partir de juillet 1940. On sait seulement que, du côté allemand, deux flottes aériennes étaient rassemblées : la flotte aérienne du Nord-Ouest du maréchal Kesselring et la flotte aérienne de l'Ouest du maréchal Sperrle.

Du côté britannique, la défense aérienne était assurée par le Fighter Command, sous les

merce des convois dans la Manche et dans l'estuaire de la Tamise ou sur les ports de la côte du Pas-de-Calais.

Le rythme de ces raids semble avoir été

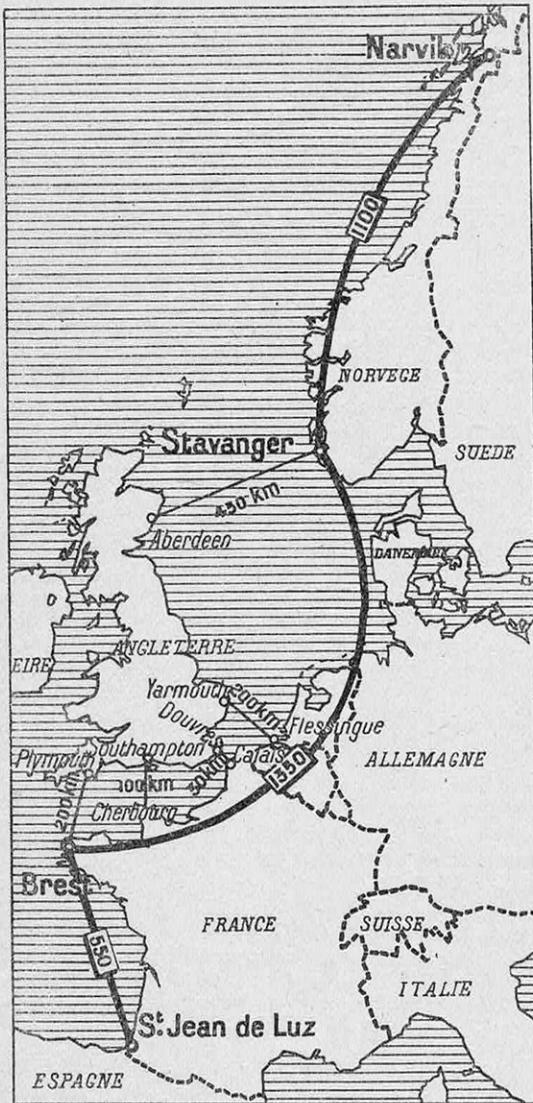


FIG. 2. — LE FRONT DE MER ALLEMAND APRÈS LES CAMPAGNES DE NORVÈGE ET DE FRANCE

Les Allemands sont maîtres de la côte de l'Atlantique depuis Narvik jusqu'à Saint-Jean-de-Luz, soit 3 000 km environ. Les ports du Nord permettent un certain trafic avec l'Amérique. De Stavanger à Brest, des attaques convergentes peuvent être effectuées sur la totalité des Iles Britanniques, et, à l'aide d'avions de bombardement en piqué, de sous-marins ou de vedettes rapides, les Allemands peuvent pratiquer un contre-blocus en inquiétant les communications maritimes de l'Angleterre avec le reste du monde. Les distances des bases allemandes à la côte anglaise s'abaissent à 30 km entre Calais et Douvres, et les batteries côtières allemandes peuvent prendre à partie les convois longeant la côte pour se rendre à Londres.

de l'ordre de 150 avions par jour. Un exemple typique de ces attaques aéronavales en Manche — souvent combinées avec l'attaque de vedettes rapides — est donné par celle du 24 juillet 1940. Ce jour-là, un groupe de 18 Heinkel 111 K, escortés par 19 Messerschmitt et quelques tout récents Heinkel 113 de chasse, partis des aérodromes de Normandie, attaque un gros convoi marchand qui longe la côte sud d'Angleterre, près de l'île de Wight : 80 avions allemands furent successivement engagés. Les Spitfire britanniques, envolés de la côte sud de l'Angleterre, contre-attaquèrent vigoureusement et réussirent — d'après le communiqué anglais — à abattre cinq Messerschmitt.

### « Stukas » et Messerschmitt 109

Le Pas-de-Calais — zone étroite, traversée en 4 minutes de vol — est réservé à l'action des « Stukas » de bombardement en piqué. Ceux-ci, des Junkers Ju 87 de 390 à l'heure, sont fortement protégés par des patrouilles de Messerschmitt 109 de chasse.

Les « Stukas » attaquent les convois marchands qui, venant de la Manche en serrant la côte anglaise, se dirigent vers la rade des Dunes et l'estuaire de la Tamise, sous l'escorte de navires antiaériens (1). Une forte escorte de Messerschmitt 109 les accompagne.

En juillet 1940, il ne s'agit encore que de préliminaires. La grande offensive aérienne contre l'Angleterre est annoncée le 6 août par le maréchal de l'air allemand Kesselring. Elle est déclenchée dès le 7 août 1940.

À l'époque où nous écrivons, début 1941, elle se poursuit encore — en plein hiver. D'août à décembre 1940, en cinq mois, elle présente cinq phases caractéristiques.

### Première phase :

#### 7-23 août, attaques diurnes

#### La bataille aérienne du Pas-de-Calais

La première phase comporte des attaques aériennes uniquement menées *de jour*, et en force, sur les ports de la Manche et sur les défenses aériennes de Londres. Le but paraît double :

— frapper les ports anglais du Sud pour faire le vide des forces navales britanniques opérant en Manche ;

— ouvrir une brèche dans les défenses

(1) Pour les escorteurs antiaériens, voir la *Science et la Vie* n° 277, septembre 1940.

aériennes de Londres et de l'Angleterre méridionale.

Le Pas-de-Calais se trouve au centre de l'action, mais celle-ci s'étend très largement, et elle englobe l'île de Wight et l'estuaire de la Tamise, de Cherbourg au Texel.

Du 11 au 13 août, des vagues de bombardiers lourds allemands Heinkel et Ju 88, fortement escortés par de la chasse Messerschmitt 109 et 110, sont lancées contre les ports : base navale de Portland en Manche, arsenal maritime de Portsmouth et celui de Plymouth. D'autres attaques sont lancées en diversion en mer du Nord sur les ports de Hartlepool, Sunderland et Newcastle (14 août).

A partir du 13 août, l'action semble se concentrer sur les ports de la Tamise et du Pas-de-Calais, avec toutefois quelques diversions sur les aérodromes des Midlands. Les « Stukas » s'acharnent particulièrement sur les aérodromes du Kent (1) et sur les barrages

(1) Les principaux aérodromes visés dans cette semaine du 15 août 1940 sont ceux de Hawkinge, Lympne, Manston, Detling, Odiham, Biggin Hill, Farnborough, Croydon, etc...

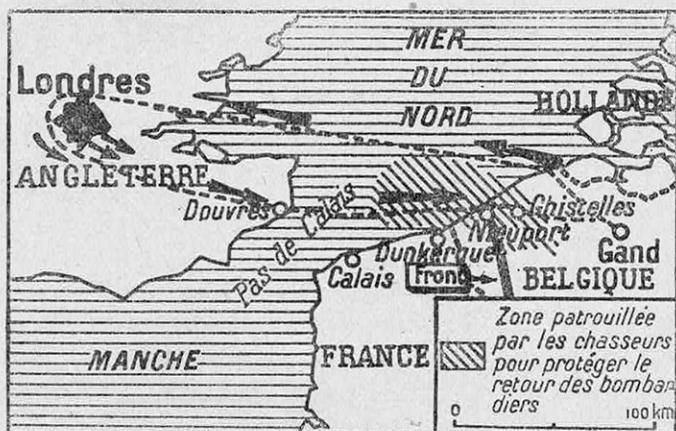


FIG. 3. — LES EXPÉDITIONS DES GOTHAS SUR LONDRES AU COURS DE LA GUERRE DE 1914-1918

Parties de Gand elles arrivaient par l'estuaire de la Tamise pour obtenir la surprise. Leur mission accomplie, elles revenaient vers Douvres et Nieuport où les chasseurs allemands venaient les chercher à la limite de leur rayon d'action, sur la route du retour, et les protéger de la chasse anglaise et française.

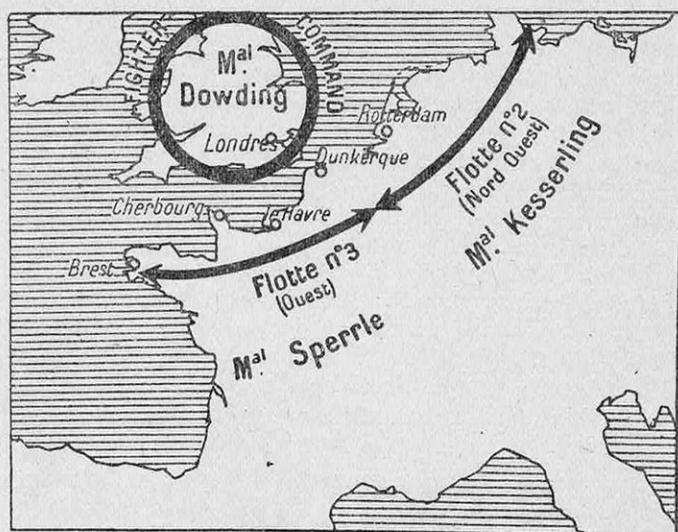


FIG. 4. — LES FLOTTES AÉRIENNES AUX PRISES DANS LE CIEL D'ANGLETERRE A PARTIR DU MOIS DE JUILLET 1940

Les formations de la Luftwaffe destinées à l'action contre la Grande-Bretagne sont organisées, au point de vue commandement, en deux flottes aériennes : la flotte aérienne n° 2 (nord-ouest) commandée par le maréchal de l'air Kesselring (qui commandait en 1939 la flotte de l'Est), et la flotte n° 3 (ouest), commandée par le maréchal de l'air Sperrle (qui commandait la flotte du Nord en 1939 et qui a mis au point la méthode de bombardement du type « Coventry »). A ces deux flottes sont opposées les formations de chasse anglaises de la « Fighter Command » commandées par le maréchal H. Dowding.

de ballons qui s'échelonnent de Douvres à Londres.

L'intensité maximum des attaques est atteinte dans la journée du 15 août 1940. Ce jour-là, un millier d'avions survolèrent

l'Angleterre méridionale, presque uniquement des Stukas et des Messerschmitt 109 de chasse, mitraillant les ballons de barrage et attaquant en piqué les aérodromes et les ports du Kent, de Folkestone à Tilbury. Le 15 août, le communiqué anglais annonce que trente à quarante avions ont réussi à « percer la défense de Londres et à bombarder l'aérodrome de Croydon. Des combats furieux s'engagent avec les Spitfire et les Hurricane britanniques au-dessus du Pas-de-Calais et l'estuaire de la Tamise. En dix jours, du 6 au 16 août 1940, les communiqués annoncent, de part et d'autre, environ 500 avions abattus, au total 1 200. Pour

la seule journée du 15 août 1940, le communiqué de Londres annonce 144 avions en combat aérien et celui de Berlin 106; total : 250 pour cette seule journée.

Les trois « pointes » sont les journées du 13, du 15 et du 18 août :

— le 13 août : 210 avions détruits au total;

— le 15 août : 250;

— le 18 août : 280.

A partir du 19 août, la bataille aérienne du Pas-de-Calais paraît en déclin. Elle durera encore jusqu'au 22 août. En fait, la phase diurne va prendre fin. La seconde phase commence, qui comprend des attaques combinées nocturnes et diurnes.

### Seconde phase :

#### 24 août-6 septembre 1940, raids nocturnes et attaques diurnes

Cette seconde phase débute en fait dans la soirée du 24 août, qui est marquée par la première grande attaque aérienne nocturne contre l'Angleterre. Jusqu'ici, on n'avait constaté au-dessus de l'Angleterre que des raids nocturnes de très faible importance.

Dans la nuit du 24 août 1940, deux centaines de bombardiers allemands, opérant par très petits groupes, survolent l'Angleterre de la Mer du Nord à la Mer d'Irlande, lançant sur des objectifs largement disséminés. C'est cette nuit-là que la Cité de Londres reçoit ses premières bombes.

Cependant, sur la côte du Pas-de-Calais, les Stukas Ju 87 et les Messerschmitt 109 continuent à essayer d'ouvrir une brèche dans les défenses de Londres. A leur suite se précipitent des bombardiers Junkers Ju 88, Heinkel 111, Dornier 215, escortés par de la chasse dans la proportion de 60 pour cent. Les combats aériens se poursuivent avec violence.

Le 26 août, par exemple, la bataille aérienne diurne au-dessus de Portland se solde par une cinquantaine d'avions abattus de part et d'autre, tandis que, dans la nuit, les bombardiers allemands poussent jusqu'à Birmingham. L'escadre de chasse « Richthofen », équipée en Messerschmitt 109 et 110, et commandée par le major Wieck, qui escortait l'assaut des bombardiers sur Portland, a annoncé sa 260<sup>e</sup> victoire.

Le 31 août, Londres annonce 63 avions allemands abattus et avoue la perte de 22 chasseurs anglais, tandis que Berlin réclame 36 avions britanniques et 47 bal-

lons de barrage détruits. Une recrudescence des combats aériens est à noter à la fin août 1940 totalisant 378 avions abattus en deux jours (30 et 31 août).

Il est probable qu'au début de septembre 1940, la Luftwaffe juge que les défenses aériennes de Londres et de l'Angleterre méridionale sont suffisamment entamées pour pouvoir déclencher la grande offensive contre la capitale elle-même, car dans la nuit du 6 au 7 septembre débute ce que l'on peut appeler la *campagne contre Londres*.

### La campagne contre Londres (7 septembre-2 novembre) et troisième phase : du 7 au 28 septembre 1940

Elle durera huit semaines. Huit semaines d'alertes diurnes et nocturnes presque ininterrompues : 56 nuits d'alerte consécutives, car c'est seulement le 2 novembre 1940 que Londres connaîtra enfin une nuit calme, après le déclenchement de l'offensive aérienne du 7 septembre 1940.

Les trois premières nuits (7-10 septembre) sont terribles : 1 000 tués.

D'après les communiqués allemands, on peut évaluer à près de 20 000 tonnes le poids de bombes lancé sur Londres en huit semaines entre le 7 septembre et le 2 novembre : 20 000 tonnes qui causèrent la mort de 14 000 civils (dont 11 000 à Londres même) sans parler de 20 000 blessés.

Cette campagne contre Londres peut d'ailleurs se diviser en deux périodes : la première, qui s'étend du 7 au 17 septembre, est caractérisée par l'intensité maximum atteinte par les opérations aériennes de 1940. Le 15 septembre, en effet, a lieu, dans le ciel de Londres, la plus grande bataille aérienne de la guerre.

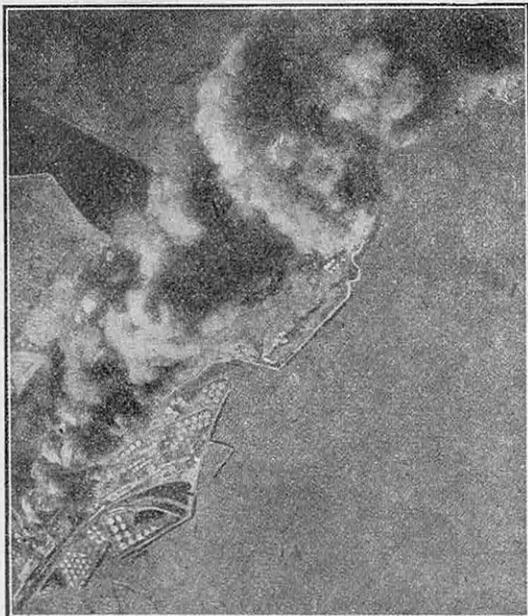
A partir du 18 septembre 1940, on constate un ralentissement manifeste de l'action diurne au profit de l'action nocturne.

### La grande bataille aérienne de Londres : 15 septembre 1940

Il a été dit qu'au début de septembre 1940, la Luftwaffe avait développé considérablement l'emploi des « Stukas » en utilisant des monoplaces de chasse Messerschmitt 109 pour le bombardement en piqué. Sous le ventre du Me 109, entre les jambes du train d'atterrissage, un

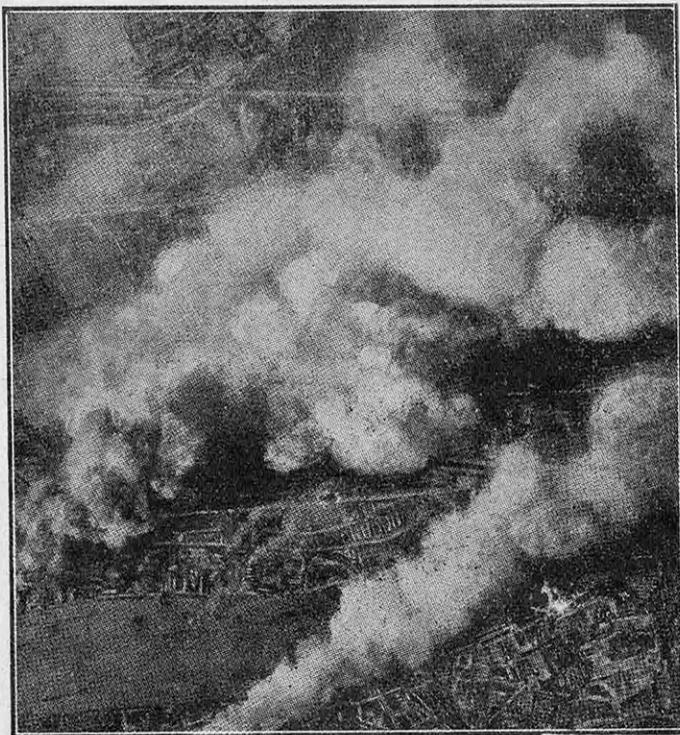
porte-bombes est installé permettant de lancer en piqué une bombe de 250 kg. Un mécanisme chronométrique de lancement, du genre de celui du Ju 87, n'a pu être installé. Aussi, la précision du lancement, qui dépend de l'habileté du pilote, s'en trouve réduite. Ils ont au moins l'avantage d'une vitesse supérieure : 150 kilomètres de plus que le « Stuka » Ju 87. Mais leur rayon d'action est strictement limité. Aussi ces monoplaces de piqué et de chasse sont-ils basés à courte distance sur la côte française du Pas-de-Calais et sur la côte belge, à la distance minimum des objectifs britanniques pour attaquer les défenses de Londres et Londres même. Vers le 10 septembre, le commandement britannique s'est vu contraint, en face des vagues allemandes, de ramener aux lisières de Londres ses lignes de défense, établies et maintenues jusque-là au voisinage de la côte.

Et c'est ainsi que, le 15 septembre 1940, eut lieu ce que



T W 5066

FIG. 5. — BOMBARDEMENT DE RÉSERVOIRS D'ESSENCE DANS L'ESTUAIRE DE LA TAMISE



T W 5065

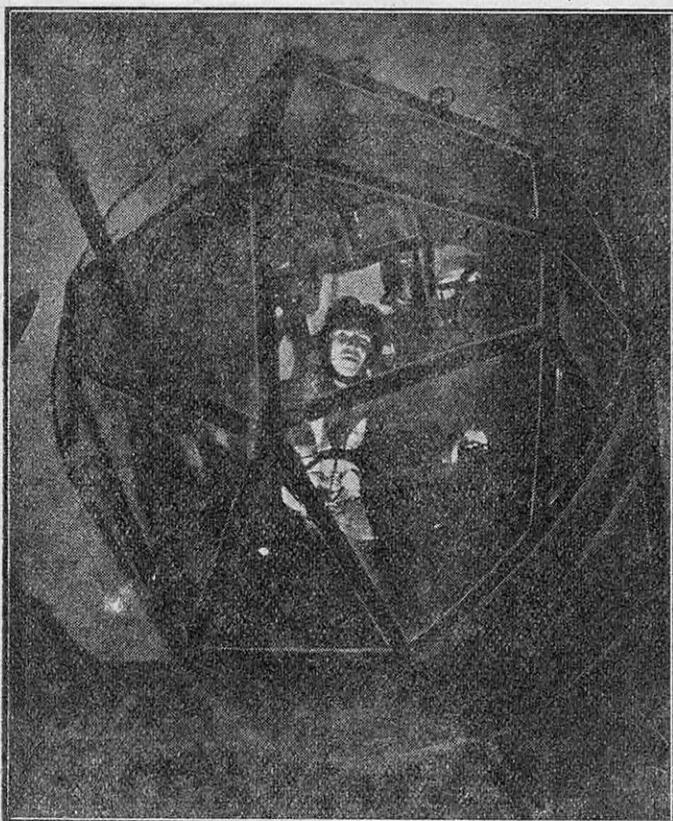
FIG. 6. — INCENDIES DES DOCKS VICTORIA AU COURS D'UN BOMBARDEMENT ALLEMAND DE LONDRES

*Chaque bombardement de la Luftwaffe est contrôlé photographiquement et une sorte de cadastre de l'Angleterre permet de consigner les résultats obtenus. Malgré le bombardement incessant, le trafic du port de Londres est encore assez considérable.*

l'on peut appeler la bataille aérienne de Londres.

Ce jour-là, des bombardiers légers en piqué « Stukas » et Me 109, les avions de chasse Me 109 et Me 110, les bimoteurs de bombardement en piqué Junkers 88, au nombre de 450 à 500, sont lancés à l'assaut de Londres (1). Ils se heurtent vraisemblablement à 500 ou 600 avions de chasse britanniques. Un vaste tournoi s'engage dans le ciel de Londres, qui se solde par plus de 300 avions abattus. Le communiqué de Londres en revendique 185, celui de Berlin 125 — total : 310 pour cette journée mémorable dans l'histoire de la guerre aérienne. Le 16 septembre 1940, le maréchal Goering, à bord d'un bimoteur Junkers Ju 88, vient survoler la zone de combat de Londres. Quoi qu'il en soit, à partir du 16 septembre, il semble que la Luftwaffe re-

(1) Cette journée du 15 septembre 1940 correspond d'ailleurs à une vive réaction de la Royal Air Force contre les concentrations de péniches dans les ports de la Manche et du Pas-de-Calais, de Cherbourg au Texel.



T W 5064

FIG. 7. — L'AVANT D'UN BIMOTEUR DE BOMBARDMENT ALLEMAND DO 215 QUI S'APPRÊTE À EXÉCUTER UN VOL DE NUIT SUR LONDRES

nonce à l'emploi massif de jour des Messerschmitt 109 de chasse munis de bombes et qu'elle change de tactique. Elle s'oriente, d'une part, vers l'action diurne à très haute altitude, d'autre part vers l'action nocturne.

**Quatrième phase :**  
**26 septembre-**  
**14 novembre 1940**  
**course à l'altitude pour les**  
**attaques diurnes,**  
**élargissement des raids**  
**nocturnes**

Ce que l'on peut appeler la quatrième phase est, en effet, caractérisé par une recherche des altitudes élevées pour les attaques de jour, qui est constatée à partir du 25 septembre 1940 (1) et par un élargissement des actions nocturnes.

De jour, on constate, en

(1) Communiqué anglais du 26 septembre 1940.

effet, que les Allemands utilisent des bombardiers moyens rapides (Messerschmitt « Jaguar » qui sont des Me 110 aménagés en bombardiers) et des Dornier 215. L'altitude d'utilisation dépasse 10 000 m et atteint même l'altitude de 12 000. La Luftwaffe espère ainsi éviter l'interception par la chasse britannique. Les patrouilles de Spitfire et de Hurricane doivent grimper à très haute altitude pour rencontrer l'ennemi. Il est même arrivé, le 10 octobre 1940, à une patrouille de Spitfire d'avoir à grimper jusqu'à 12 300 mètres pour rencontrer des Dornier 215.

A cette altitude, quasi stratosphérique, les bombardiers allemands naviguent en très petites formations, d'ailleurs escortées par des avions de chasse bimoteurs Messerschmitt 110. Il est vrai que ces formations sont très nombreuses et très dispersées (1).

Le bilan des combats aériens dans le ciel de Londres baisse en conséquence. Il

tombe bientôt au-dessous de la dizaine.

(1) Communiqué britannique du 3 octobre 1940.

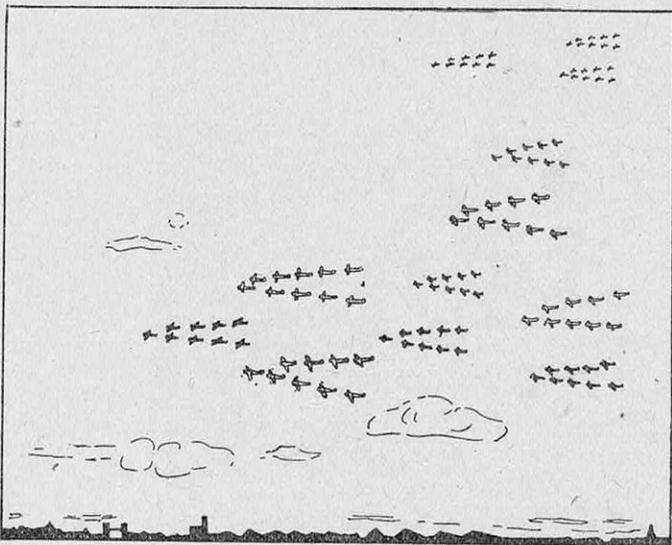


FIG. 8. — UNE FORMATION MIXTE DE BOMBARDIERS AU-DESSUS DE LONDRES EN SEPTEMBRE 1940

Les escadrilles de bombardement sont représentées en blanc, les escadrilles de chasse en noir. Trois escadrilles de Messerschmitt 109 patrouillent à très grande altitude.

Alors que Londres proclamait encore, le 30 septembre, 127 avions allemands abattus, il n'en annonce plus que 23 le 5 octobre et 11 le 13 octobre. Berlin, dans son communiqué du 14 octobre, annonce que la défense britannique faiblit.

Tandis que de jour la lutte se passe à des altitudes de plus en plus élevées, en fait la prédominance passe aux raids nocturnes. Ceux-ci continuent à mettre en action chaque nuit 200 à 300 bombardiers opérant sur des objectifs de plus en plus éloignés. Au cours de la deuxième quinzaine d'octobre, les raids allemands semblent de moins en moins concentrés sur Londres et s'étendre à toute l'Angleterre centrale, notamment de plus en plus à la zone industrielle des Midlands. Et c'est ainsi qu'à l'approche du mois de novembre s'est ralentie ce que l'on peut appeler la campagne systématique contre Londres qui, commencée le 7 septembre, s'achève le 2 novembre 1940.

### Les pertes en avions et en aviateurs d'août à octobre

Il est difficile d'établir le bilan des pertes en avions et en aviateurs des deux adversaires au cours de ces batailles aériennes d'août et septembre 1940. On s'est étonné de voir chaque armée de l'air attribuer à son adversaire des pertes doubles ou triples de celles qu'il avoue lui-même. Cette proportion s'explique du fait qu'il s'agit de combats de chasseurs contre chasseurs, donc de mêlées souvent indécises où tout avion qui est repoussé, désarmé, est considéré — de bonne foi — comme abattu.

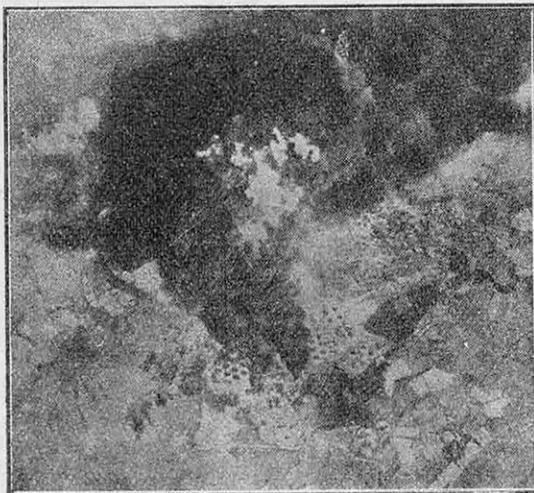
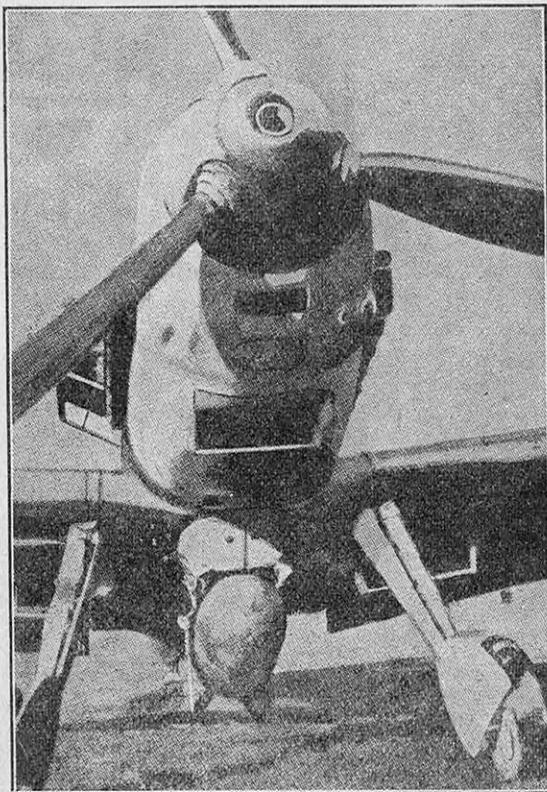


FIG. 9. — BOMBARDEMENT DE SWANSEA SUR LE CANAL DE BRISTOL



T W 5063

FIG. 10 — UN MESSERSCHMITT 109 UTILISÉ COMME BOMBARDIER LÉGER

*Une bombe de 250 kg est fixée sous le fuselage du chasseur, dont le rayon d'action se trouve par suite notablement diminué. Quand il l'aura lancée en piqué, il redeviendra apte au combat. Avant de s'être délesté, sa vitesse est supérieure de 150 km/h à celle d'un « Stuka ».*

Il faut reconnaître que le fait de se battre au-dessus de son propre sol, en monoplace, et de pouvoir se lancer en parachute pour atterrir sur son propre territoire, constitue un avantage indéniable, qui, dans la bataille de Londres de l'été 1940, a joué au profit de la Royal Air Force contre la Luftwaffe.

### L'essai de chasseurs italiens (11 novembre 1940)

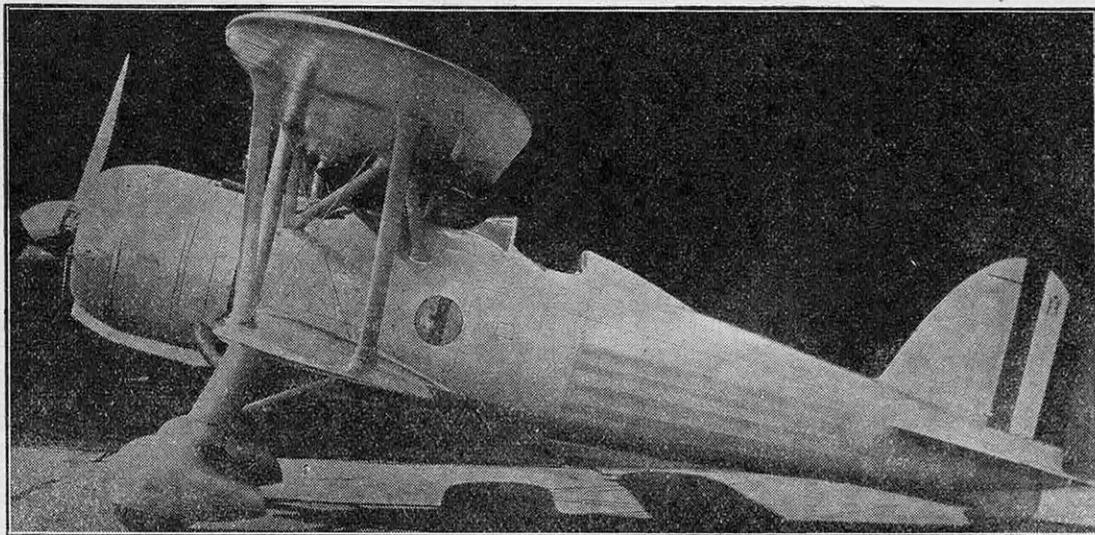
La tendance aux raids nocturnes s'est affirmée pendant la première quinzaine de novembre. Les raids de jour continuent toutefois, mais la moyenne journalière des pertes en combat aérien tombe en-dessous de la dizaine. Nous sommes loin des 100 à 150 avions abattus chaque jour pendant les journées de septembre (1), dix à quinze fois moins.

(1) Pour la semaine du 2 au 9 novembre, Londres annonce 47 avions allemands abattus. Pour la semaine du 9 au 16 novembre, 64 avions alle-

Le 11 novembre, des avions de chasse italiens, type Fiat CR 42, apparaissent en escorte de bombardiers allemands (fig. 11); mais ces biplans sont faiblement armés et l'expérience n'est pas concluante : une douzaine sont abattus, d'après Londres, et six reconnus par Berlin (1). Trois jours après, brusquement, le 14 novembre, la Luftwaffe change de tactique. Elle se lance uniquement dans

### L'attaque massive sur Coventry (14 novembre 1940)

Cette nuit-là, des vagues incessantes de bombardiers totalisant plus de 500 avions, principalement des Dornier Do 215, déferlèrent sur la ville industrielle de Coventry. Les avions se succédèrent pendant plusieurs heures. Les premiers avaient lancé 30 tonnes de bombes incendiaires,



T W 5068

FIG. 11. — LE BIPLACE DE CHASSE ITALIEN FIAT CR-42

Cet appareil, propulsé par un moteur Fiat A-74 de 840 ch à refroidissement par l'air, atteint une vitesse de 450 km/h. Il monte à 9 700 m en 8 mn 40 s. Il est armé de deux mitrailleuses.

l'action de nuit, mais au lieu de raids multiples sur des objectifs nombreux et disséminés, dorénavant elle se concentrera en attaques massives contre un seul objectif.

C'est la ville de Coventry, grand centre de la production aéronautique dans les Midlands, qui aura, dans la nuit du 14 au 15 novembre, le triste privilège de subir la nouvelle tactique de la Luftwaffe, inaugurée par les formations du maréchal de l'air allemand Sperrle.

mands abattus et 13 italiens. La moyenne journalière de la première semaine de novembre est donc de 6 par jour, celle de la seconde semaine de 10 par jour.

(1) Les forces aériennes italiennes mises à la disposition du maréchal allemand Kesselring dans les Flandres étaient dénommées *Corpo Aero Italiano* sous les ordres du général Corso Fougier. Leur première entrée en scène date du 29-30 octobre. Le nombre d'avions semble avoir été de l'ordre de 300 environ (principalement des bombardiers bimoteurs Fiat CR. 20 et des chasseurs Fiat CR. 42.) A la fin de décembre, ce corps aérien fut rapatrié en Italie.

qui allumèrent de multiples incendies. Les avions suivants purent alors aisément lancer leurs bombes explosives totalisant 500 tonnes sur les lieux des incendies ainsi allumés. Ce fut un véritable arrosage sur « zone », une adaptation nocturne du « bombardement sur zone ». C'est certainement un coup très dur qui a été porté à l'industrie britannique cette nuit-là, sans que la Royal Air Force pût réagir efficacement, car devant une attaque aussi massive, la chasse de nuit britannique semble n'avoir pu intervenir.

### La « Coventryisation », cinquième phase : 15 novembre-fin décembre 1940

La méthode du maréchal Sperrle, la « Coventryisation » (500 à 600 avions par nuit sur un même objectif) a été aussitôt étendue à d'autres centres industriels et aéronautiques de l'Angleterre.

Dans la nuit du 16 novembre, c'est Londres. Dans la nuit du 20, Birmingham.

Le 21, on constate que les formations se divisent en trois : Birmingham, Coventry et Bristol.

Le 23, elles reviennent à l'action massive sur Birmingham en une attaque qui dure onze heures (fig. 13).

Le 25, c'est le tour de Bristol.

Le 2 décembre, le tour de Southampton.

Le 3, Bristol et encore Southampton, mais ce jour-là l'as allemand aux 56 victoires, le major Wieck, est abattu.

Le 5 décembre, c'est encore Birmingham, pour la troisième fois.

Le 9 décembre, Londres qui, cette nuit-là, endure la plus formidable attaque de la guerre, en 1940 : 700 avions, une pluie de 800 tonnes de bombes en une seule nuit.

Le 12 décembre, c'est, pour la quatrième fois, le tour de Birmingham. Le 13 décembre, celui de Sheffield, la cité de l'acier. Le 21, l'attaque se porte sur Liverpool, le 22 décembre sur Manchester.

Dès lors, le mauvais temps de l'hiver vient entraver cette guerre systématique aux usines britanniques, conduite pen-

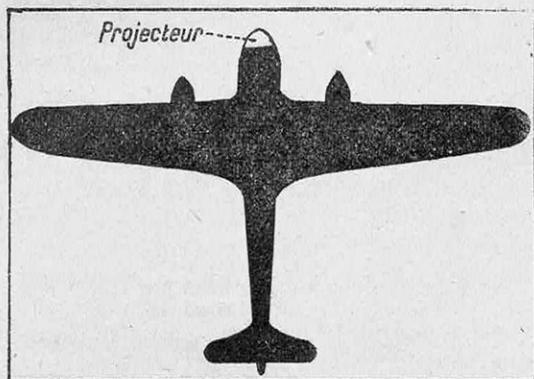


FIG. 12. — L'AVION PROJECTEUR DU GÉNÉRAL GOLOVINE

Les projecteurs terrestres sont insuffisants pour repérer les avions aux hautes altitudes où ils effectuent maintenant leurs bombardements. La chasse de nuit se trouve donc presque totalement impuissante contre le bombardier. L'avion préconisé en 1938 par le général Golovine serait-il capable de mettre fin à l'impunité de l'assailant? Ce serait un bimoteur de chasse muni à l'avant d'un puissant projecteur fouillant le ciel devant lui.

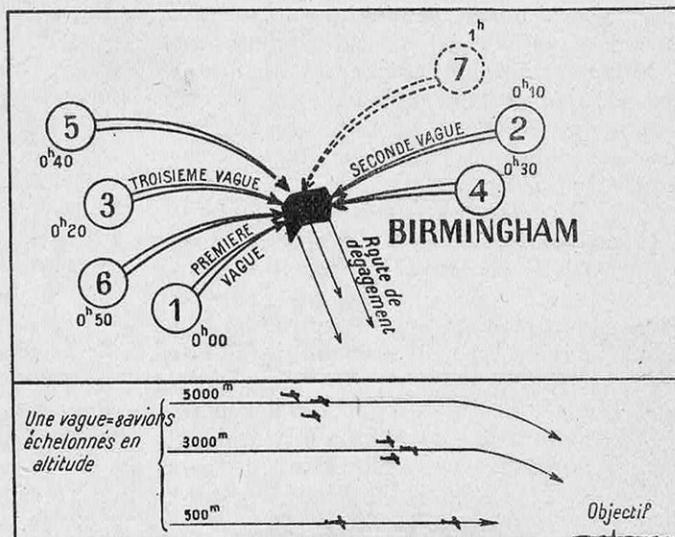


FIG. 13. — SCHÉMA D'UNE ATTAQUE DU TYPE COVENTRY EFFECTUÉE CONTRE LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES DE BIRMINGHAM

Cette attaque a duré 11 heures. 500 appareils environ y participèrent suivant un horaire soigneusement réglé. Des vagues de huit appareils environ arrivaient toutes les dix minutes de directions différentes et à des altitudes différentes. Cette tactique a pour but de désorienter la D.C.A. par des changements rapides de pointage. L'attaque de nuit rend la chasse à peu près impuissante. Les lueurs des premiers incendies indiquent aux vagues successives la zone des objectifs. Le schéma ci-dessus représente une heure de ce bombardement qui se poursuit pendant toute la durée de la nuit.

dant plus d'un mois par la méthode de « coventryisation » (1).

### La tactique du 22 novembre et du 9 décembre 1940

Au fur et à mesure, la méthode s'était d'ailleurs perfectionnée. Dans la nuit du 22-23 novembre, sur Birmingham, des vagues séparées de bombardiers, venant de toutes les directions, avaient déferlé, séparées par un intervalle de dix minutes. Ceci pendant onze heures (2). Si l'on estime à 550 bombardiers les forces engagées cette nuit-là, on en conclut que la cadence de la « coventryisation » a été de huit à neuf avions — une escadrille — se succédant toutes les dix minutes pendant onze heures.

Le 9 décembre, sur Londres, est inaugurée de nuit la tactique du *vol plané*. Les premières vagues franchissent la côte à très haute altitude, venant des aéroports des Flandres, et descendent, moteurs coupés, sur la cité surprise, pour

(1) D'après le communiqué allemand du 8 décembre 1940, il a été lancé, au cours du seul mois de novembre, près de 7 000 tonnes de bombes, donc 3 400 sur Londres et 2 600 sur Birmingham.

(2) Communiqué britannique du 23 novembre.

attaquer à bout portant projecteurs et batteries de D.C.A. D'autres vagues suivent en vol rasant pour mitrailler ces défenses, et lorsque celles-ci sont à demi-paralysées, c'est la pluie intense de bombes lourdes.

### Le déclin des combats aériens

Il est caractéristique de noter qu'avec ces attaques nocturnes, massives, type « Coventry », les attaques de jour ont presque complètement disparu.

Le 13 novembre, le communiqué allemand annonça pour la première fois : « Il n'y a pas eu de combats aériens. » Cette constatation correspondait non seulement au déclin des opérations diurnes, mais démontrait en outre l'inefficacité de la chasse de nuit, à la fin de 1940.

### L'inefficacité de la chasse de nuit en 1940

La chasse de nuit date de l'hiver 1917-1918. Elle était alors fondée sur l'exploitation d'une complète organisation au sol : appareils d'écoute et projecteurs. C'est dans ces zones de chasse de nuit, géographiquement bien définies, que s'embusquent les chasseurs nocturnes, échelonnés en altitude. Ils n'interviennent que lorsque les faisceaux des projecteurs ont réussi à éclairer le bombardier qui traverse le « secteur » de chasse de nuit. Or, les conditions de la « chasse de nuit en secteur éclairé » sont beaucoup moins favorables en 1940 qu'en 1918 : l'organisation au sol est devenue insuffisante avec les vitesses et les altitudes atteintes par les bombardiers modernes. L'éclairage d'un faisceau est bien faible à 6 000 ou 7 000 mètres. A 500 à l'heure, un Dornier 215 s'éloigne de plus de 8 kilomètres à la minute. Il faut donc considérablement multiplier les projecteurs.

Quant à chasser dans le « noir », en « secteur obscur », la visibilité est tellement faible et les rencontres si fugitives qu'il est devenu extrêmement difficile d'avoir le temps même d'attaquer. En une seconde, l'ennemi aperçu est perdu de vue...

En 1940, après avoir essayé des Hurricane pour la chasse nocturne, la Royal Air Force a essayé les *Defiant* à tourelle quadruple. Les résultats parurent encourageants à la fin d'octobre. Pour la semaine du 25 octobre au 2 novembre, sur 87 avions allemands abattus, 30 le furent de nuit, ce qui donnait une proportion

d'un tiers par la chasse nocturne. Mais la même proportion tombait à un cinquième dans les jours suivants, avec cinq avions abattus de nuit le 2 novembre. Les combats aériens — même nocturnes — devenaient rarissimes dans le ciel anglais.

Ajoutons qu'au cours des opérations d'octobre, la chasse de nuit n'avait à faire qu'à des bombardiers en très petits groupes, opérant séparément sur des objectifs disséminés sur toute l'étendue de l'Angleterre. Sont-ce ces succès d'octobre de la chasse de nuit anglaise qui poussèrent la Luftwaffe à adopter la tactique nocturne massive de la « coventryisation »? Cette hypothèse n'est pas impossible, car à partir de la grande attaque de Coventry, 14 novembre 1940, les communiqués anglais ne mentionnent plus aucun avion abattu par les chasseurs nocturnes.

### L'avion-projecteur pour la chasse de nuit?

La faillite de la chasse de nuit est-elle définitive? Probablement non. Mais, pour survivre, le combat nocturne devra recourir à des méthodes entièrement nouvelles. L'une d'elles sera vraisemblablement l'avion-projecteur dont l'idée originale remonte d'ailleurs à Fonck en 1919.

En 1938, en Angleterre, le lieutenant-général Golovine préconisa un bimoteur de chasse, essentiellement équipé d'un puissant projecteur installé dans le nez du fuselage (fig. 12). Ce bimoteur aurait été appelé à coopérer directement avec des bimoteurs de chasse identiques, équipés pour le vol de nuit et armés de multiples mitrailleuses axiales. La Royal Air Force doit peut-être regretter, en cette fin d'année 1940, que le projet Golovine de 1938 soit resté lettre morte...

### Les opérations aériennes 1940 contre l'Angleterre : des attaques diurnes aux attaques nocturnes

Lorsqu'on récapitule dans leur ensemble les opérations aériennes menées contre la Grande-Bretagne au cours du second semestre 1940, on constate qu'elles ont évolué assez rapidement d'août à novembre, d'une action entièrement *diurne* à une action entièrement *nocturne*.

Jusqu'au 23 août 1940, les attaques de la Luftwaffe — non seulement les engagements préliminaires de juillet, mais les

attaques intensives déclenchées sur le sud de l'Angleterre à partir du 7 août — ont été, pourrait-on dire, cent pour cent diurnes. La semaine épique du 15 août 1940 en marque le stade culminant.

Le 23 août débutent les raids nocturnes qui se développent particulièrement sur Londres à partir de la soirée du 7 septembre. Dès lors, les attaques diurnes et les attaques nocturnes s'ajoutent, se superposent, pour atteindre une intensité maximum le 15 septembre 1940. En effet, à partir du 16 septembre, les attaques diurnes vont diminuer progressivement au profit des raids nocturnes. Puis, le 14 novembre, commence l'ère des attaques cent pour cent nocturnes, avec la méthode massive inaugurée à Coventry.

La fréquence des combats aériens a décliné considérablement avec cette évolution. Des dizaines et des centaines d'avions abattus dans les journées d'août et de septembre 1940, les pertes journalières tombent pratiquement à zéro à partir de la mi-novembre.

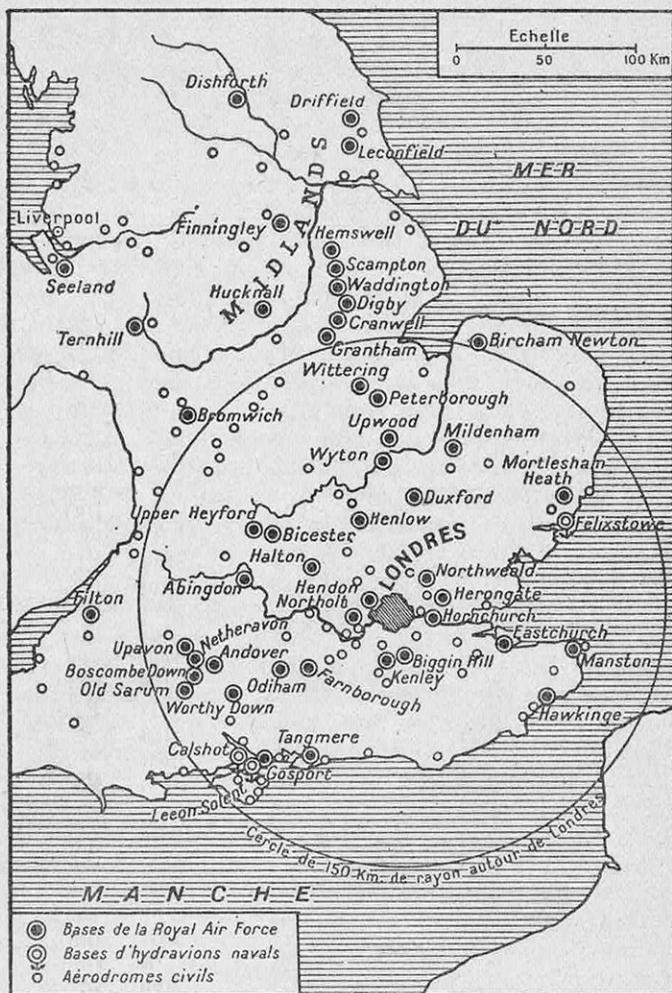


FIG. 15. — CARTE DES AÉRODROMES ANGLAIS TELS QU'ILS EXISTAIENT AVANT LES HOSTILITÉS

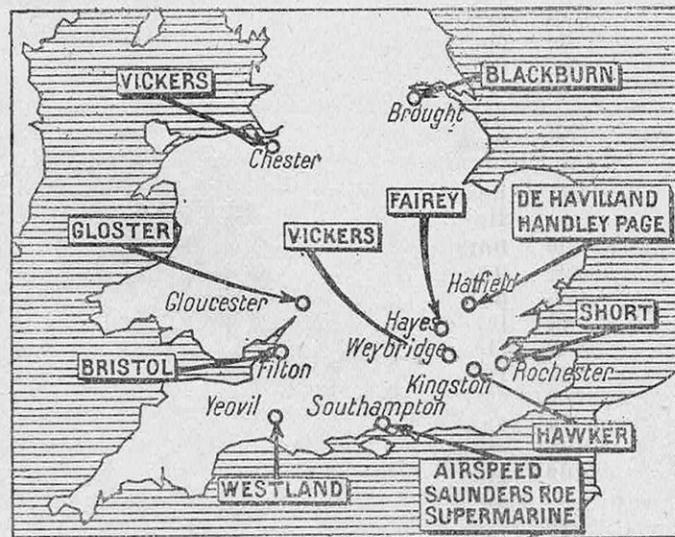


FIG. 14. — CARTE DES PRINCIPALES USINES DE CONSTRUCTION D'ARMEMENT BRITANNIQUES

Grâce à une dispersion encore plus poussée de leurs escadrilles et au camouflé des aérodromes, les Anglais sont parvenus à limiter le rendement des bombardements de leurs aérodromes.

### De la guerre aux aérodromes à la guerre aux usines aéronautiques

Du point de vue de la stratégie aérienne, la période « diurne » fut surtout une guerre menée contre les aérodromes anglais, et la période « nocturne » une guerre aux usines aéronautiques.

Les combats aériens diurnes avaient surtout pour but d'user la chasse britannique : — en la submergeant en combat aérien par une supé-

riorité numérique d'avions de chasse et de destroyers ;

— en la détruisant au sol par l'attaque systématique des aérodromes. De là, l'emploi, en renfort des « Stukas », de Messerschmitt 109 de chasse équipés d'une bombe à lancer en piqué, et redevenant avions de combat aussitôt délestés.

Or, les journées d'août et de septembre 1940 dans le ciel de Londres ont consacré l'efficacité de la chasse, mais aussi l'insuffisance de la défense par D.C.A. ou par ballons de barrage. Mais même dans un ciel dégagé des défenses de D.C.A., la chasse a pu résister.

La bataille aérienne du 15 septembre 1940 a montré qu'au bout de cinq semaines d'offensive intense, il ne fallait pas surestimer l'usure de la chasse britannique. La qualité de l'armement des *Spitfire* et des *Hurricane* (8 mitrailleuses d'ailerons) compensait une certaine infériorité numérique.

La politique britannique de multiplication des aérodromes a, d'autre part, permis de réduire au minimum la destruction et la casse résultant des attaques au sol, dans cette guerre diurne (fig. 15).

Sur les 130 aérodromes, on estimait, à la fin de septembre 1940, que l'Angleterre en conservait 50 % d'intacts — ce qui est relativement considérable, au bout de six semaines d'offensive.

Enfin, en dépit des pertes en avions, la récupération systématique des pilotes de chasse était possible par le parachute, du fait que les combats aériens se déroulaient au-dessus du sol anglais. Pour toutes ces raisons, l'usure des avions, et surtout celle des pilotes de chasse, peut sembler s'être révélée plus rapide dans la Luftwaffe que dans la Royal Air Force. A cette cadence, l'équilibre risquait de s'établir peu à peu. Aussi s'expliquet-on qu'à partir de la mi-novembre 1940, la Luftwaffe changea de tactique et passa des attaques de jour cent pour cent aux attaques de nuit cent pour cent. Le Messerschmitt 109 céda la place au Dornier 215, qui se révéla l'arme la mieux adaptée à cette action nocturne.

Les avantages de la nouvelle tactique allemande étaient évidents :

— plus de combats aériens, les *Spitfire* et les *Hurricane* devenant impuissants et inefficaces contre des avions aussi rapides que le Do 215 et opérant « en masse » ;

— les forces aériennes britanniques, au lieu d'être détruites en l'air ou à l'aéro-

drome seraient tuées dans l'œuf à l'usine productrice elle-même. Par suite, l'usure des forces aériennes britanniques n'en serait que plus efficace et pourrait être acquise pour le printemps 1941.

Telles se présente la situation stratégique de la guerre aérienne anglo-allemande à la fin de l'année 1940, au moment où la recrudescence de la guerre sous-marine risque de tarir les arrivages par mer des avions construits au Canada et aux Etats-Unis. Et c'est pourquoi, le problème le plus urgent actuellement pour la Grande-Bretagne est — après avoir tenu tête au cours de l'été 1940 aux assauts de la Luftwaffe — de trouver une parade efficace aux attaques nocturnes, massives, du type « Coventry ». Problème de D.C.A. et de chasse de nuit.

### De 1940 à 1941 : de la guerre aux usines aéronautiques à la guerre « au tonnage »

Il est d'autant plus nécessaire à la Grande-Bretagne de trouver une parade efficace à ces attaques nocturnes massives du type « Coventry » qu'après les usines aéronautiques et les usines d'armement, c'est déjà le tour des grands ports de commerce et des chantiers de construction navale. La Luftwaffe passera à ce que l'on pourrait appeler la *guerre au tonnage*, c'est-à-dire à la guerre systématique au tonnage de navires marchands en construction dans les ports britanniques.

Guerre au « tonnage » qui serait d'ailleurs le complément de la guerre « sous-marine ».

Déjà, avec les bases maritimes dont disposent les forces navales du Reich, de Bordeaux à Narvik, une guerre au « tonnage marchand » peut être menée sous une forme intégrale, par les sous-marins aux atterrages d'Irlande, et plus au large encore, par des hydravions spéciaux de haute mer, en Manche par les vedettes rapides, dans le Pas-de-Calais et dans les Flandres par les Stukas, devant les ports par les mines magnétiques, et sur les chantiers navals de construction par les bombardiers nocturnes de la Luftwaffe.

C'est vers cette nouvelle *guerre aéro-sous-marine type 1941*, que paraissent dès maintenant évoluer les attaques aériennes de 1940.

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

### Des peintures spéciales rendent visible la distribution des températures sur les pièces métalliques

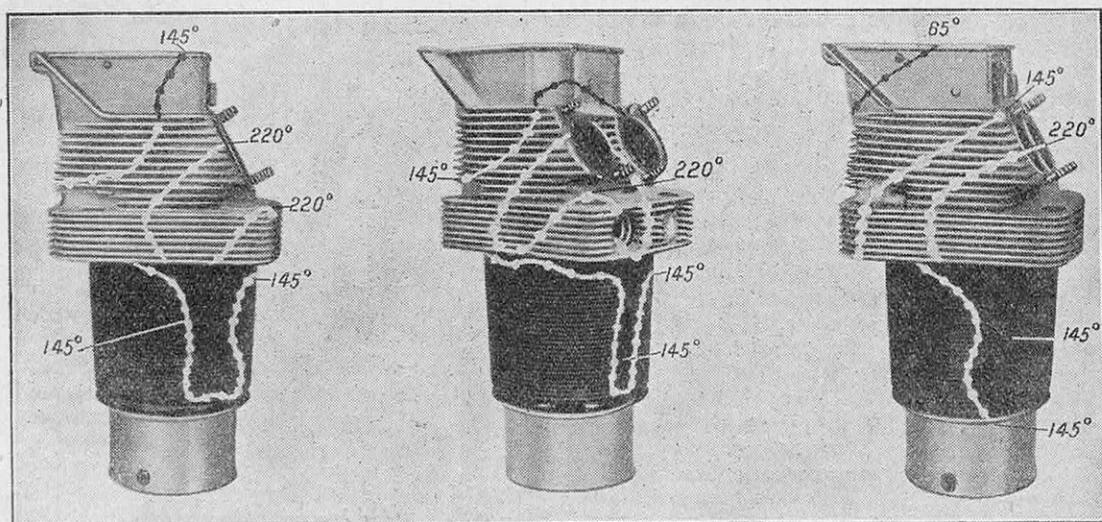
QU'IL s'agisse d'une simple plaque de cuisinière, d'un palier ou d'un moteur à explosion, la connaissance exacte de la répartition des températures offre des indications précieuses soit sur le mode d'emploi optimum de l'appareil, soit sur les conditions de sécurité de marche et sur le rendement. On sait que l'on peut mesurer les températures en divers points de l'organe étudié au moyen de couples thermoélectriques. Toutefois, ce procédé devient par trop complexe lorsqu'il s'agit d'observer les variations de température en tous les points par suite du grand nombre de couples qu'il devient nécessaire d'installer et dont le montage peut gêner les essais entrepris. De plus, il est inapplicable pour les points inaccessibles d'une machine.

Ce problème a été cependant résolu récemment par l'emploi de peintures spéciales dont la coloration se modifie à des

températures déterminées. On sait que certains sels présentent cette propriété. Ainsi l'iodure de mercure et d'argent passe du jaune à l'orange à  $45^{\circ}$  et l'iodure de mercure et de cuivre vire du rouge au noir à  $70^{\circ}$ . Mais ces sels, reprenant leur couleur primitive par refroidissement, ne peuvent convenir que pour signaler un échauffement dangereux (paliers, par exemple) et non pour mettre en évidence les températures atteintes par des organes cachés pendant le fonctionnement d'une machine.

Une peinture convenable doit donc satisfaire aux conditions suivantes : changement de coloration brusque à une température donnée, conservation à froid de la nouvelle teinte, différenciation très nette entre les deux couleurs à froid et à chaud. On est même parvenu, en utilisant des sels métalliques qui, sous l'effet de la chaleur, perdent de l'eau, du gaz carbonique, de l'ammoniaque, etc., à préparer des peintures présentant plusieurs points de transformation, ce qui permet de tracer plusieurs isothermes (courbes d'égale température) sur la surface étudiée.

Muni de ces indications, l'ingénieur peut alors vérifier, avec un couple thermoélectrique, les températures qui lui pa-



T W 5030

FIG. 1. — VARIATIONS DES COURBES DE TEMPÉRATURES RELEVÉES SUR UN MÊME MOTEUR SUIVANT LA CIRCULATION DE L'AIR DE REFROIDISSEMENT

De gauche à droite : circulation libre ; circulation dans un carter à angles vifs ; circulation dans un carter arrondi.

raissent anormales. D'ailleurs, la précision obtenue avec les peintures est de l'ordre de 5° C, en plus ou en moins. Signalons que la faible épaisseur des couches de peinture, de 3 à 7 centièmes de millimètre, n'oppose aucun obstacle au refroidissement des surfaces et que, par conséquent, les températures relevées sont les mêmes que celles atteintes en fonctionnement normal.

La seule précaution à prendre consiste à ne pas utiliser un liant déterminant un séchage lent. Une résine synthétique dissoute dans l'alcool, à évaporation rapide, convient parfaitement.

Plus de onze variétés de ces peintures, changeant de couleur à des températures différentes de 30° à 440° C, ont été réalisées et on espère trouver des pigments capables de déceler des températures supérieures à 600° C.

Déjà leur application a permis d'étudier sur un moteur à explosion l'efficacité du refroidissement par l'air suivant que les ailettes des cylindres sont situées dans un courant d'air libre ou dirigé par des capotages spéciaux. Nul doute que cette détection rapide et simultanée des courbes d'égales températures n'autorise de nouveaux progrès dans l'étude des moteurs en vue de diminuer leur poids par cheval fourni.

## Le fusil automatique américain

**M**ALGRÉ le développement des mitrailleuses, les Américains, estimant que le tir ajusté du fantassin présente une réelle importance, se sont efforcés de lui donner le maximum d'efficacité (précision et cadence de tir). Après trente ans d'essais divers, ils ont adopté le modèle de John C. Garand, ingénieur de l'arsenal de Springfield. Le fusil (type M, calibre 7,62 mm) dérive d'ailleurs directement du fusil modèle 1903 par substitution de la manœuvre automatique à la manœuvre manuelle de la culasse en empruntant l'énergie nécessaire à la pression des gaz provenant de la combustion de la poudre.

A cet effet, une ouverture est prévue vers l'extrémité du canon afin que la balle utilise au maximum la pression des gaz. Lorsque la balle a démasqué cette lumière, les gaz, se détendant vers l'arrière, repoussent brusquement un piston relié à une tige comportant une rainure qui oblige le téton de manœuvre de la culasse à déverrouiller cette dernière. La culasse déverrouillée est ensuite entraînée vers l'arrière, provoquant ainsi, de la façon ordinaire, l'extraction et l'éjection de la douille de la cartouche tirée.

Le ressort récupérateur qui a été bandé

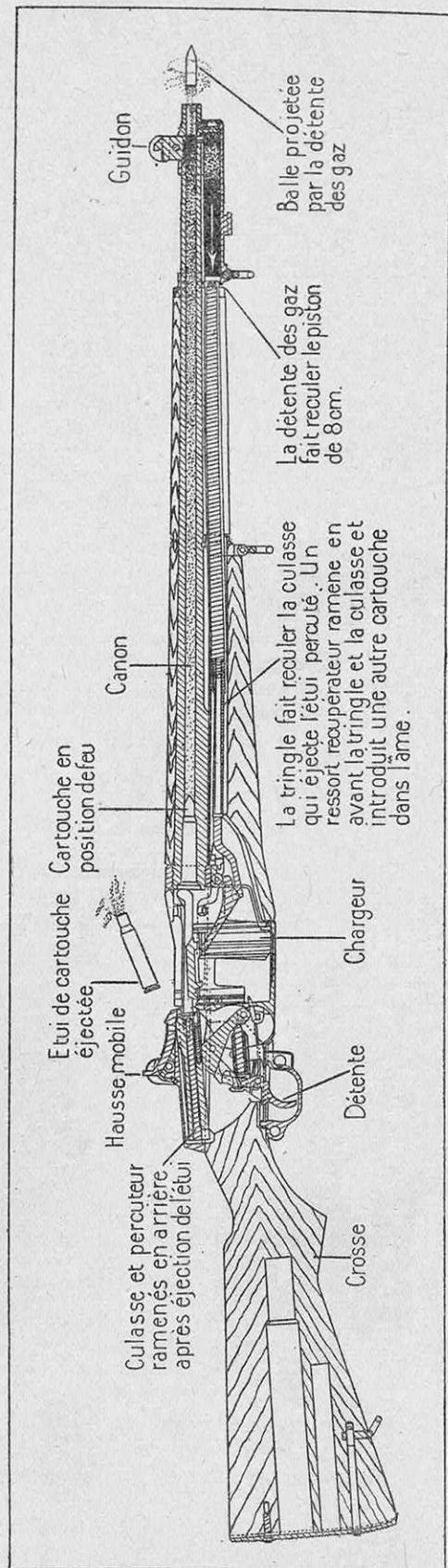
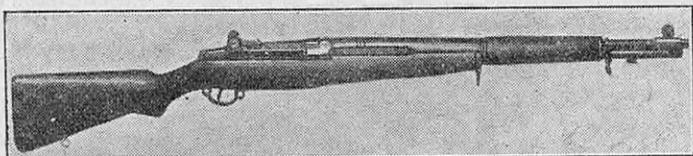


FIG. 2. — COUPE DU FUSIL AUTOMATIQUE AMÉRICAIN CAPABLE DE TIRER 8 CARTOUCHES SANS MANŒUVRE MANUELLE DE LA CULASSE



T W 5029

FIG. 3. — VUE DU FUSIL AUTOMATIQUE AMÉRICAIN

dans ce mouvement ramène alors la culasse en position de tir, une nouvelle cartouche étant en même temps introduite dans le canon. Le chargeur contient huit cartouches et le fusil pèse un peu plus de 4 kg. Il est à remarquer que, malgré son automaticité, cette arme ne comporte que 72 pièces (20 de moins que le modèle 1903) et que son démontage, en ce qui concerne les organes principaux, n'exige que 12 secondes.

Un tireur moyen peut tirer facilement dix coups à la minute, y compris le temps de rechargement. De plus, le pointage n'est pas interrompu par la manœuvre de la culasse, le recul est considérablement amorti et la précision accrue.

### *Le chauffage électrique des aiguillages des voies ferrées en temps de neige*

Les difficultés éprouvées pour le trafic ferroviaire au cours des chutes de neige et de la période de froid que nous avons subies récemment sont dues en grande partie au blocage des aiguilles. La rigueur des hivers aux Etats-Unis a posé également ce problème auquel une solution satisfaisante a été apportée.

Près de la 88<sup>e</sup> rue de la South Halsted Street, à Chicago, se trouve le poste d'enclenchement de Gresham, l'un des plus importants du « Chicago, Rock Island and Pacific ». Il commande, en effet, une jonction de la grande ligne avec une ligne de banlieue à trafic intense et une traversée avec une ligne à double voie utilisée par des trains de voyageurs. L'intensité du trafic est grande dans cette zone, puisque l'on compte environ 15 trains à l'heure et 37 trains le matin, entre 6 h et 8 h.

Les aiguillages commandés par ce poste d'enclenchement sont situés sur un terrain découvert, de sorte que, pendant les fortes chutes de neige, il était fort difficile de les garder en fonctionnement, même

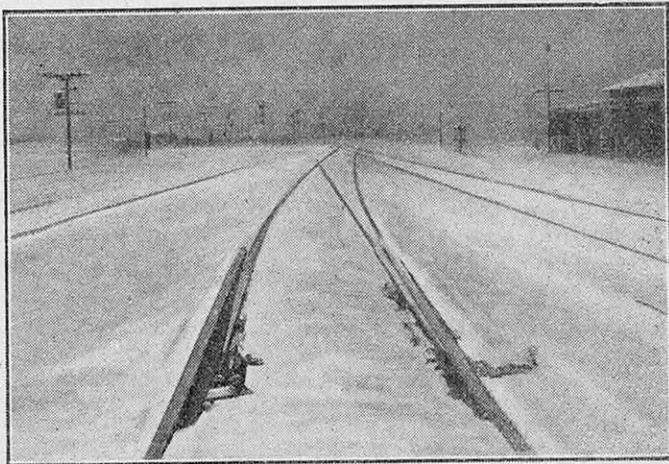
avec un agent chargé de dégager chacun d'eux. Le passage des trains tassait, en effet, la neige et la glace contre les aiguilles, de sorte qu'un nettoyage était nécessaire pour rendre possible leur manœuvre. Il en résultait de longs et onéreux retards. On

cite le cas où une immobilisation des aiguilles pendant 6 mn a empêché 12 trains de poursuivre leur route.

Seul un chauffage rationnel des points menacés apparut comme un remède efficace et fut appliqué. C'est à l'électricité que l'on fit appel et 32 appareils furent installés.

Chaque élément de chauffe consiste essentiellement en un fil de nickel-chrome bobiné, enrobé d'oxyde de magnésium et enfermé dans un tube de nickel-argent de 14 mm de diamètre. La longueur de certains d'entre eux atteint 4,60 m (dont 1,80 m à partir d'un point situé légèrement en avant de l'aiguille sur la distance pendant laquelle le rail d'aiguille est en contact avec le rail contre-aiguille). La consommation totale est de 3 225 watts. Le tube chauffant est fixé contre l'âme du rail, sous le champignon. Déformable, il peut affecter la forme voulue pour assurer le meilleur contact avec le rail. Un joint étanche protège le point où est effectuée la connexion électrique de l'élément avec le fil d'amenée du courant triphasé 220 volts 60 périodes utilisé.

Les résultats ont été fort satisfaisants. Au cours de violentes tempêtes de neige où la hauteur de celle-ci atteignit 23 cm avec une température de  $-2^{\circ}$  C, les appareils fonctionnèrent de 16 à 20 h par jour et assurèrent la protection complète



T W 5070

FIG. 4. — CETTE PHOTOGRAPHIE D'UNE AIGUILLE DE GRESHAM, PRÈS DE CHICAGO, MONTRE L'EFFICACITÉ DU CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE QUI A FAIT FONDRE LA NEIGE RISQUANT D'EN INTERDIRE LE FONCTIONNEMENT CORRECT

des aiguilles. La dépense d'énergie fut de 124 dollars, mais on peut estimer que les économies de personnel et de matières pendant un hiver normal, y compris les frais dus aux retards de trains, s'élèvent à 1 500 dollars.

### Nouvelle matière plastique pour verre de sécurité

LE grand nombre de blessures occasionnées par les éclats de verre, lors des accidents d'automobile, a fait adopter, depuis un certain nombre d'années, des glaces dites de sécurité, essentiellement constituées par une couche de matière plastique placée entre deux plaques de verre. Ceci n'empêche nullement le bris de la glace ainsi formée, mais du moins évite toute projection d'éclats dangereux dans toutes les directions, ceux-ci restant adhérents à la matière plastique. Un nouveau produit a été récemment mis au point en Amérique pour ces verres de sécurité : c'est le *butacite*, résine polyvinyle résistant aux effets de la chaleur et de la lumière et ne moisissant pas. De plus, il est extrêmement plastique, ainsi que le montre la figure ci-contre. Il conserve donc au verre de sécurité toute l'élasticité propre au verre.



T W 5033

FIG. 5 — LA NOUVELLE MATIÈRE PLASTIQUE « BUTACITE » EST EXTRÊMEMENT ÉLASTIQUE

N. D. L. R. — Nous informons nos lecteurs que la table des matières du Tome LVIII (n<sup>os</sup> 277 à 280, Septembre à Décembre 1940) a paru. Nos abonnés la trouveront encartée dans le présent numéro. Prix : 2,50 franco.

## BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

un an, au prix de  
6 mois.

(tarif ci-contre) que je vous adresse par Chèque postal 184.05  
Toulouse. Le premier numéro à envoyer sera le n<sup>o</sup>

## TARIF DES ABONNEMENTS A "LA SCIENCE ET LA VIE"

### FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	1 an.....	55 fr.
chis.....	6 mois.....	28 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	65 fr.

### ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Irlande, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie:*

Envois simplement affran-	1 an.....	100 fr.
chis.....	6 mois.....	52 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	120 fr.
	6 mois.....	65 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	1 an.....	90 fr.
chis.....	6 mois.....	46 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	110 fr.
	6 mois.....	56 fr.

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats-cartes ou chèques postaux de préférence. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

### "LA SCIENCE ET LA VIE"

Rédaction et Administration : actuellement : 22, rue Lafayette, Toulouse (H<sup>o</sup>-G<sup>o</sup>)

Chèques Postaux : Toulouse 184.05

# DEVENEZ

## RADIO-TECHNICIEN

ou

## SOUS-INGÉNIEUR

## DIPLOMÉ

 recherché et bien payé,

en suivant sur place ou par correspondance les cours de

# L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE

# SUPÉRIEURE DE T.S.F.

51, Boulevard Magenta - PARIS (X<sup>e</sup>)

Pour la **zone libre**, s'adresser :

Château de VILLAC (Dordogne)

CEYBE, Publicité.

DANS LE NUMÉRO DE FÉVRIER 1941 DE

## la Science et la Vie

Vous trouverez de nombreux articles d'actualité  
militaire, scientifique et technique :

- ★ La chasse de nuit ;
- ★ Avions et hydravions torpilleurs ;
- ★ La défense des communications maritimes ;
- ★ Le percement des lacs de montagne ;
- ★ La thérapeutique des radiations ;
- ★ Le problème de la viande ..

Chaque année, **la Science et la Vie** édite  
**PLUSIEURS NUMÉROS SPÉCIAUX**

qui sont adressés à nos abonnés pour le  
prix normal de leur abonnement

**Le prochain numéro spécial doit paraître en Avril**

Souscrivez dès maintenant un abonnement à notre adresse : 22, Rue Lafayette, 22 - TOULOUSE  
Compte de chèques postaux Toulouse 184 05

CONSULTEZ SUR LA PAGE CI-CONTRE LE TARIF DES ABONNEMENTS à **la Science et la Vie**



## Cours sur place ou par correspondance

### INDUSTRIE

DESSINATEUR, TECHNICIEN,  
SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR  
en Mécanique générale, Con-  
structions aéronautiques, Électri-  
cité, Radiotechnique, Chimie in-  
dustrielle, Bâtiment, Travaux Pu-  
blics.

### PONTS & CHAUSSÉES

ADJOINT TECHNIQUE ET  
INGÉNIEUR ADJOINT

### COMMERCE - DROIT

SECRÉTAIRE, COMPTABLE ET  
DIRECTEUR, CAPACITÉ ET  
LICENCE.

### SECTION DES SCIENTIFQUES

Étude et développement par  
correspondance des Sciences  
mathématiques et appliquées  
depuis les cours d'initiation  
jusqu'aux cours les plus éle-  
vés.

Arithmétique, Géométrie, Algè-  
bre, Trigonométrie, Mécanique,  
Cosmographie, Géométrie des-  
criptive, Mathématiques généra-  
les, Calcul différentiel, Calcul  
intégral, Géométrie analytique,  
Physique, Chimie, Électricité, Ré-  
sistance des matériaux Baccala-  
urés.

### MARINE MARCHANDE

Les nouvelles constructions pré-  
vues pour la Marine Marchande  
ainsi que son futur développement  
et les nouveaux statuts qui sont  
prévus en font une carrière des  
plus intéressantes pour les jeunes  
gens.

On peut être admis à partir de  
13 ans dans les cours préparatoi-  
res, à 16 ans dans le cours d'As-  
pirant. Les examens officiels d'E-  
leve-Officier ont lieu à 17 ans.

**Examens officiels préparés à  
l'École :** Entrée dans les Ecoles de  
Navigation, Brevet d'Elève-Offi-  
cier (Pont, Machines, T.S.F.), Bre-  
vets de Lieutenants, d'Officiers  
Mécaniciens et d'Officiers-Roaders  
Cours spécial d'Aspirant.

### T. S. F.

Carrière d'avenir à condition  
de posséder l'un au moins des  
trois brevets officiels délivrés  
par le Ministère des P.T.T. :

Certificat spécial, Certificat d'Opé-  
rateur de 2<sup>e</sup> classe, Certificat  
d'Opérateur de 1<sup>re</sup> Classe.

De nombreuses situations ad-  
ministratives.

### AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens.  
Concours d'Agents techniques et  
d'Ingénieurs Adjoins.

### PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre pour toute réponse

Inscriptions par correspondance  
à toute époque

Rentrée sur place au 1<sup>er</sup> janvier