

# TSF et aviation militaire

## 3. Le réglage du tir d'artillerie : 1916 à 1917

### « *Au temps des alternateurs* »

par Aimé Salles

3<sup>e</sup> partie

Cet article est le troisième de cette série dont l'ambition est de présenter l'évolution du matériel de transmission militaire français embarqué, et ceci des origines de 1910 jusqu'en 1918. Comme nous l'avons déjà évoqué dans la première partie, les appareils de la première génération (émetteurs à vibreurs alimentés en courant continu sur batteries), s'ils ont permis de mettre en place un système de réglage de tir novateur et particulièrement efficace, n'en présentent pas moins quelques inconvénients. Ils montrent par ailleurs clairement, et ceci dès la fin de 1915, que les limites du procédé sont atteintes et qu'il convient de trouver au plus vite des solutions pour conserver l'avantage (dans ce domaine) sur l'adversaire en permettant de multiplier les réglages, souvent sur des zones étroites du front.

*This article is third in the series aimed at presenting the evolution of French military on-board transmitting equipment, from its origins in 1910 up to 1918. As we have already seen in the first part, first generation equipment (DC battery-powered "interruptor" transmitters), even if enabling a novel and particularly effective range finding system, nevertheless had a few drawbacks. Furthermore, as early as the end of 1915, they clearly showed that the limits of the process had been reached and that new solutions would need to be found as quickly as possible in order to maintain the advan-*

*tage (in this domain) over the enemy by providing increased control, often over narrow zones of the front line.*

L'E.C.M.R.M. (Établissement Central du Matériel de la Radiotélégraphie Militaire), chargé de l'étude et de la réalisation des matériels mais aussi la Section Technique de l'Aéronautique chargée d'en étudier le montage et l'adaptation sur l'avion sont donc mobilisés sur ce sujet. Deux problèmes sont à résoudre en priorité :

— éliminer du bord, dans la mesure du possible, les batteries au plomb lourdes et dangereuses pour l'observateur et le pilote, car non étanches. Sollicitées par les missions de réglage de plus en plus nombreuses et par ailleurs soumises à des vibrations, ces batteries se détériorent rapidement et ceci quels que soient les soins apportés pour leur entretien. La recharge quotidienne pose enfin au sol un lourd problème de logistique (manipulation, mais aussi mise à disposition de matériels de recharge, de groupes électrogènes, etc.) ;

— multiplier le nombre d'avions pouvant évoluer simultanément sur une bande étroite du front. Ce problème est devenu d'autant plus délicat que le succès du réglage de tir a conduit déjà à atteindre la limite réalisable avec le matériel disponible alors que d'autres avions, les « avions d'infanterie » équipés récemment de TSF font leur apparition sur le front. En effet l'infanterie est désormais convaincue que le couple avion-TSF ne constituait plus un gadget et qu'il pourrait

s'avérer très utile pour « l'accompagnement » d'infanterie (ce sujet fera l'objet d'un prochain article).

Une première idée a donc consisté à alimenter un émetteur à excitation directe S.F.R. (Société Française Radioélectrique) ou Guéritot à partir d'une dynamo (machine tournante fournissant du courant continu) dont l'arbre était entraîné par une hélice (ou moulinet) mue par le mouvement de l'avion. Cette machine « dynamo G » (Gaumont) fournit 15 volts à 5000 tr/mn. Elle est de forme ovoïde pour présenter le moins de résistance possible à l'avancement. Elle pouvait être montée sur une partie quelconque de l'avion sous réserve de ne pas nuire à la stabilité et donner prise à l'air sans voisinage de remous. Les résultats d'essais devaient s'avérer peu satisfaisants. Outre les problèmes propres à la machine (difficulté d'excitation et usure rapide des balais), sa rotation irrégulière est à l'origine de larges variations de tension dans l'alimentation du poste qui conduisent à une usure rapide du vibreur et une émission très instable. Cette solution est restée sans avenir, mais l'idée d'alimentation autonome par machine tournante fera son chemin (figure 1).

Il devenait manifeste que cette première idée pouvait être très sensiblement améliorée. En effet au lieu de transformer du courant continu en courant vibré, il était à l'évidence plus simple de produire directement du courant alternatif. D'autant plus que le courant alternatif présente la particularité de pouvoir être facile-

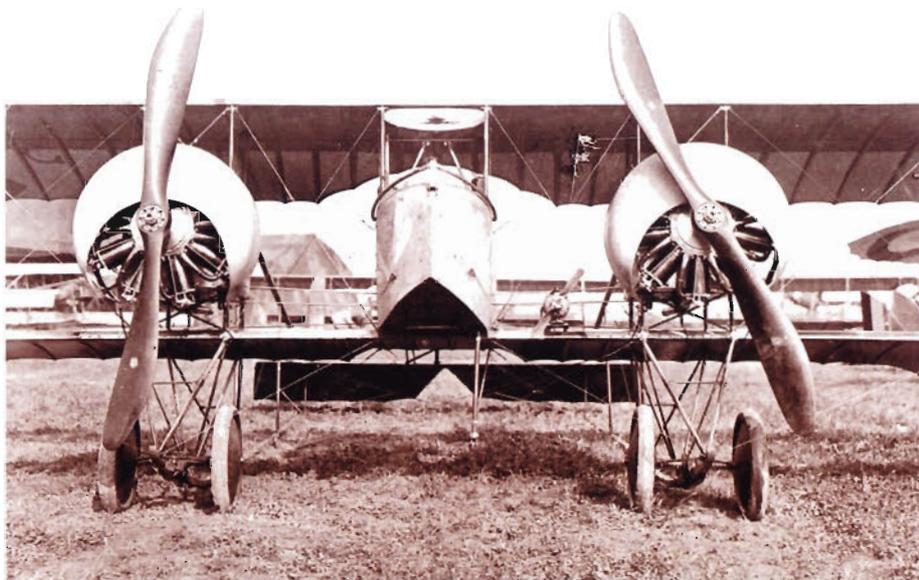


Figure 1. — Alternateur K monté sur Caudron, l'alternateur est monté sur l'aile inférieure entre la nacelle et le moteur gauche de l'avion. On aperçoit aussi sous la nacelle le tube guide du fil d'antenne et au-dessus dans la nacelle le rouet d'antenne. Collection M.G.

ment « survolté » à l'aide d'un transformateur, ce qui dans le cas d'un émetteur à étincelles autorise à augmenter aisément l'énergie dans l'antenne<sup>1</sup>.

Les études initiées à la fin de 1915 donnent naissance à plusieurs réalisations au premier semestre 1916. Un des premiers postes de ce type mis en service est l'émetteur à excitation directe type I et il faut reconnaître que cette première réalisation est quasi parfaite du point de vue de la puissance, de la robustesse et de l'encombrement. Il s'appuie sur une magnéto (terme recouvrant une machine tournante génératrice de courant alternatif ou continu dont l'inducteur est constitué de un ou plusieurs aimants) avec un induit à six pôles et un inducteur à trois aimants. Comme la dynamo G, elle est entraînée par un moulinet. Elle fournit un courant alternatif d'une fréquence de 250 Hz à 5000 tr/mn. À l'intérieur du capot ovoïde de la machine se trouve un transformateur élévateur de tension. Reste à brancher en externe

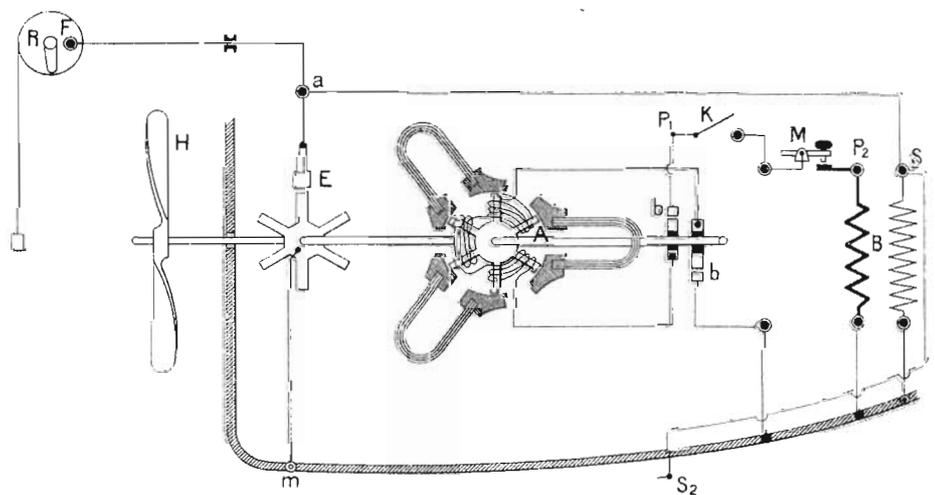
1. — Dans un émetteur à étincelles à excitation directe, l'énergie transmise dans l'antenne est égale à  $1/2 CV^2$ , C étant la capacité entre le fil d'antenne et la terre et V la tension aux bornes de l'éclateur.

l'antenne, le manipulateur (en série sur le primaire du transformateur) et l'éclateur (figure 2).

La nature de l'éclateur est une innovation particulièrement notable : « l'éclateur tournant ». Il s'agit d'un disque, à trois ou à six dents (deux disques accolés de trois

dents), monté sur l'axe de la magnéto. Lors de la rotation, le passage des dents devant une électrode fixe (solidaire du bâti de la magnéto et isolée électriquement de celui-ci) produit des étincelles. L'avantage principal d'un tel dispositif est de pouvoir produire des tonalités différentes. Le fonctionnement de l'émetteur est par ailleurs moins affecté aux variations de la vitesse de l'avion (et donc à celles de la vitesse de rotation de la magnéto). Ainsi lorsque la vitesse de l'avion augmente, la tension aux bornes de l'éclateur augmente, et l'étincelle jaillit plus tôt. Elle est donc plus longue ce qui augmente l'intensité dans l'antenne qui rayonnera plus intensément.

Ainsi, par rapport aux appareils de la première génération à vibreur, on dispose désormais d'un ensemble autonome (ne nécessitant aucun apport d'énergie, ou presque, puisque les puristes objecteront que l'hélice de la magnéto constitue un frein à l'avancement de l'avion) et qu'il est possible de particulariser, outre par la longueur d'onde (par la longueur de l'antenne déroulée, comme la génération précédente) par la tonalité de la note émise. Il



- A\_ Magnéto
- B\_ Transformateur
- E\_ Éclateur
- F\_ Fiche de rouet
- H\_ Hélice
- K\_ Interrupteur

- M\_ Manipulateur
- R\_ Rouet d'antenne.
- a\_ Borne haute tension
- bb\_ Balais
- m\_ Borne masse

- Vitesse normale..... 5000 t.p.m
- Fréquence..... 250
- Tension à vide..... 90 V
- Intensité normale. .... 3 A

Figure 2. — Émetteur I à excitation directe, l'alternateur et le transformateur élévateur de tension sont intégrés dans un capot ovoïde.

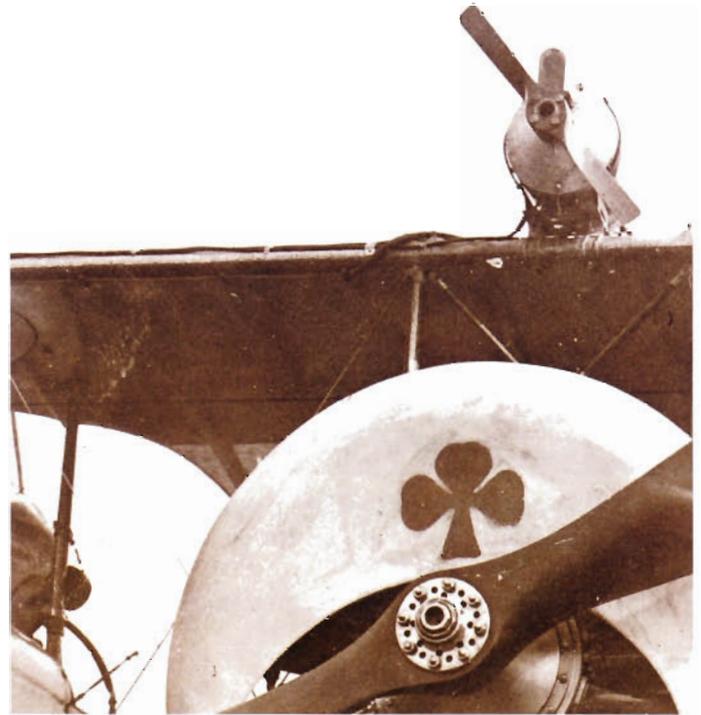
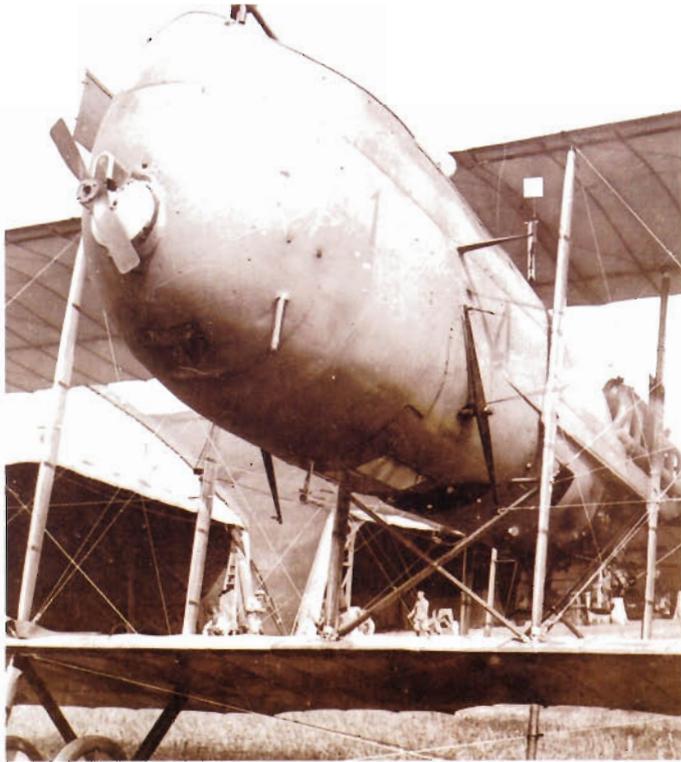


Figure 3 (à gauche). — Émetteur J sur Farman selon le document d'époque. La machine tournante est montée à l'extrême avant du fuselage. Nous n'avons retrouvé aucune trace de cet émetteur dans l'étude réalisée. Il s'agit très probablement d'une version très voisine de l'émetteur I à excitation directe s'appuyant sur une magnéto. Collection M.G.

Figure 4 (à droite). — Le même émetteur sur Caudron, la magnéto est montée sur l'aile supérieure au-dessus de l'un des moteurs. Collection M.G.

devient ainsi possible au sol de différencier aisément à l'oreille le son très grave d'un émetteur équipé d'un éclateur à trois dents de celui plus aigu d'un émetteur à six dents (figures 3 et 4).

Ce modèle « très au point » sera fabriqué en 1916 à 550 exemplaires par la S.F.R. Ses performances (autonomie, qualité de l'émission) sont à même de satisfaire, au moins pour un temps, les nouvelles exigences des exploitants, il n'en présente pas moins quelques défauts. Malgré un encombrement faible, l'ensemble capoté à placer sur l'aile de l'avion présente un poids important qui ne permet pas de le placer convenablement sur tous les types d'avions. D'autre part la fréquence des étincelles reste faible, puisque ne dépassant pas 500 Hz. Cela conduit à une réception du type « ronflé » et donc perturbée par les parasites atmosphériques divers ou liés au moteur de l'avion très violents dans cette gamme.

Un pas très important vient d'être franchi. Ainsi une note du GQG (Grand Quartier Général) du 23 août 1916 souligne que :

Les opérations sur la Somme ont été marquées par un rendement extraordinaire de la TSF aérienne, plus du triple de ce qu'il était en 1915 en Champagne.

« Aujourd'hui » 33 avions munis de TSF sont déployés simultanément sur un front de 25 km<sup>2</sup>.

2. — Il y eut ponctuellement jusqu'à deux ou trois avions émettant simultanément par kilomètre de front et ceci sans brouillage important.

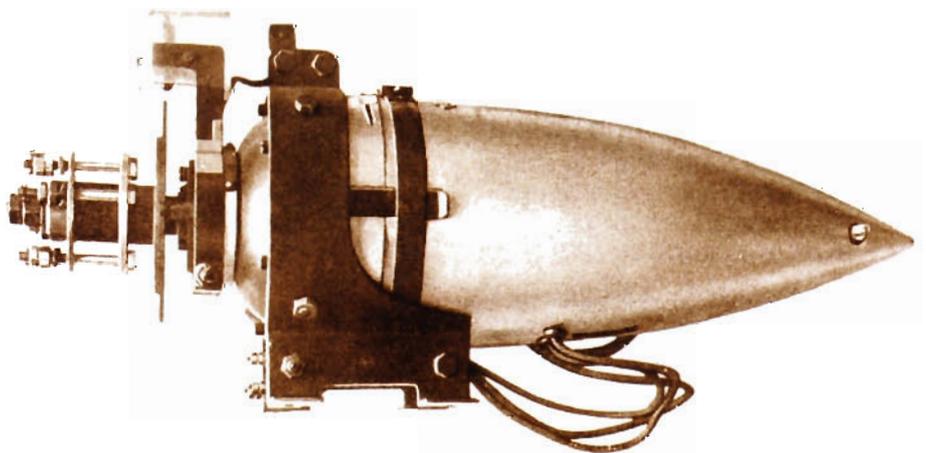


Figure 5. — Alternateur K. (D.R.)

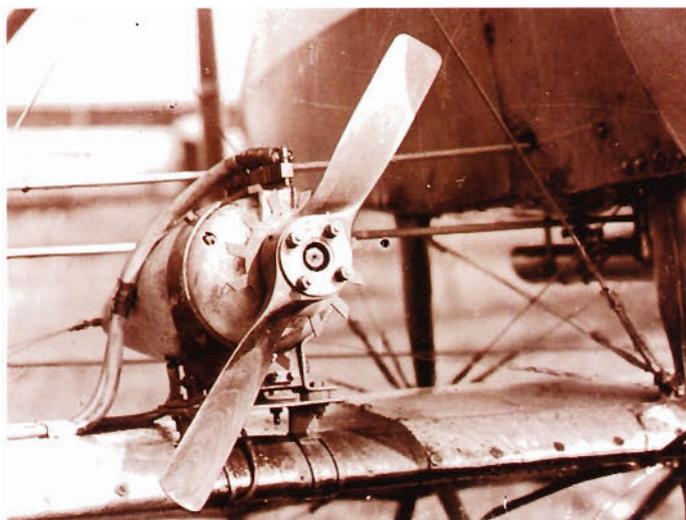


Figure 6 (à gauche) . — Alternateur K sur Caudron, il est équipé d'une hélice normale, on distingue particulièrement bien le disque à 12 dents et l'électrode fixe de l'éclateur tournant. Il peut alimenter un ensemble à excitation directe ou indirecte. Collection M.G.

Figure 7 (à droite). — Le même émetteur monté sur Farman. Collection M.G.

## L'alternateur s'impose

Plusieurs tentatives d'utilisation d'un alternateur<sup>3</sup>, en concurrence avec une magnéto, avaient été faites au premier semestre 1916. Il s'agit de l'alternateur autoexcitateur H mais aussi de « dynalterna » sorte d'alternateur dont une partie du courant de sortie était redressé par un collecteur pour fournir l'excitation. Aucune de ces solutions ne sera retenue. C'est avec l'alternateur K (figures 5, 6 et 7) que la S.F.R. permettra de passer à l'étape quasi « finale » en réglant les derniers défauts présentés par l'émetteur I. Ceci n'est pas a priori surprenant puisque la S.F.R. s'est spécialisée depuis son origine dans les émetteurs de puissance à étincelles alimentés par un alternateur. Elle a par ailleurs, avant guerre, réalisé des émetteurs avec alternateur pour des dirigeables. Elle dispose des meilleurs spécialistes (Joseph Bethenod en particulier). Cependant le changement d'échelle (en terme de puissance) à réaliser ne semble pas avoir été franchi sans difficultés.

La conception de l'alternateur K est innovante. Il est à fer tournant (12 pôles) et à enroulement d'excitation fixe. L'excitation est assurée

par une dynamo intégrée et montée sur le même arbre. Il fournit un courant alternatif à fréquence élevée (900 Hz à 4500 tr/mn). La puissance développée est variable suivant trois régimes d'excitation possibles (faible, moyen, fort). En régime d'excitation maximal, la puissance est de 120 W.

L'alternateur est entraîné dans un premier temps par un moulinet « classique » (à hélice). Avec ce type de moulinet, s'il est possible d'éviter l'emballement, il est par contre impossible d'obtenir une vitesse constante. On utilisera par la suite un moulinet « Drzewiecki » à vitesse constante (figure 8). Ce moulinet à une seule pale permet par le réglage automatique de l'inclinaison de la pale d'obtenir une vitesse de rotation quasi constante et ceci quelle que soit la vitesse de l'avion. On obtient ainsi en sortie de l'alternateur une tension et une fréquence sensiblement constantes.

L'émetteur à excitation directe type K (le nom de l'alternateur est celui donné à l'émetteur complet, figures 9 et 10) présente la même structure que l'émetteur type I. Il diffère cependant par le fait que le transformateur est indépendant de l'alternateur. Ce transformateur élévateur de tension (6000 V en sortie !!!) est de forme cylindrique. Son installation à l'intérieur de la car-

lingue complique certes le montage à bord de l'émetteur mais allège sensiblement la génératrice (l'alternateur pèse quand même 10,2 kg !), ce qui rend moins délicat le choix de l'emplacement où elle peut être implantée. L'éclateur tournant est

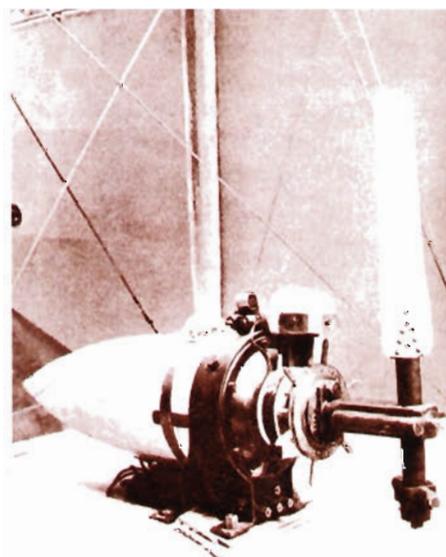


Figure 8. — Moulinet à vitesse constante Drzewiecki du nom de son inventeur. Par le réglage automatique de l'inclinaison de la pale (astucieux dispositif constitué de masselottes solidaires de la pale imprimant sur celle-ci sous la force centrifuge une action de torsion). D.R

3. — Un alternateur est une machine tournante générant du courant alternatif.

## Rappels techniques

### Émetteur avion à machine tournante

Une machine tournante, entraînée par un moulinet mû par le mouvement de l'avion, produit du courant alternatif à basse fréquence. Ce courant alternatif est « survolté » au travers d'un transformateur élévateur de tension. L'énergie est libérée aux bornes d'un éclateur tournant.

Un éclateur tournant est constitué d'un disque, solidaire de l'axe de la machine tournante, sur le bord duquel sont taillées des dents très saillantes, et d'une électrode fixe solidaire mais isolée du bâti de la machine. Il ne peut y avoir étincelle que lorsqu'une dent passe devant l'électrode fixe et que la tension instantanée alternative atteint un maxima (soit deux fois par période de l'alternateur). Si le nombre de dents est égal à celui des maxima obtenus pendant la durée d'un tour, il y aura production d'une étincelle à chaque passage d'une dent devant l'électrode fixe. On peut aussi employer un disque dont le nombre de dents est deux ou trois fois plus petit, l'étincelle ne jaillit alors que toutes les deux ou trois alternances. La tonalité perçue à la réception en sera diminuée en proportion. Ainsi avec un alternateur produisant une fréquence de 900 Hz (cas du K ou du Y) et tournant à 4500 tr/mn, il y aura 1800 maxima de la tension instantanée obtenus par seconde et donc 24 fois par tour. L'éclateur tournant pourra donc être équipé d'un disque comprenant un maximum de 24 dents. Dans ces conditions la tonalité perçue à la réception sera de 1800 Hz, elle ne sera que de 900 Hz avec un disque à 12 dents.

Si l'énergie libérée est rayonnée dans « l'air », on parle alors excitation directe (figure E1). Dans ce cas, la longueur d'onde émise est uniquement fonction de la longueur de l'antenne déroulée.

L'énergie libérée peut être utilisée pour exciter un circuit oscillant couplé à l'antenne, on parle alors d'excitation indirecte (figure E2).

La longueur d'onde émise est celle du circuit oscillant à la résonance. Plusieurs longueurs d'ondes peuvent être prévues grâce à un commutateur à plots. L'énergie rayonnée dans l'antenne, couplée généralement par un transformateur Tesla, sera maximale si celle-ci est accordée sur la longueur d'onde du circuit oscillant. Dans ce but et pour éviter des antennes pendantes trop longues, on insère en série avec l'antenne un variomètre.

Un éclateur fixe peut être utilisé en secours. On perd cependant dans ce cas la possibilité de régler la tonalité.

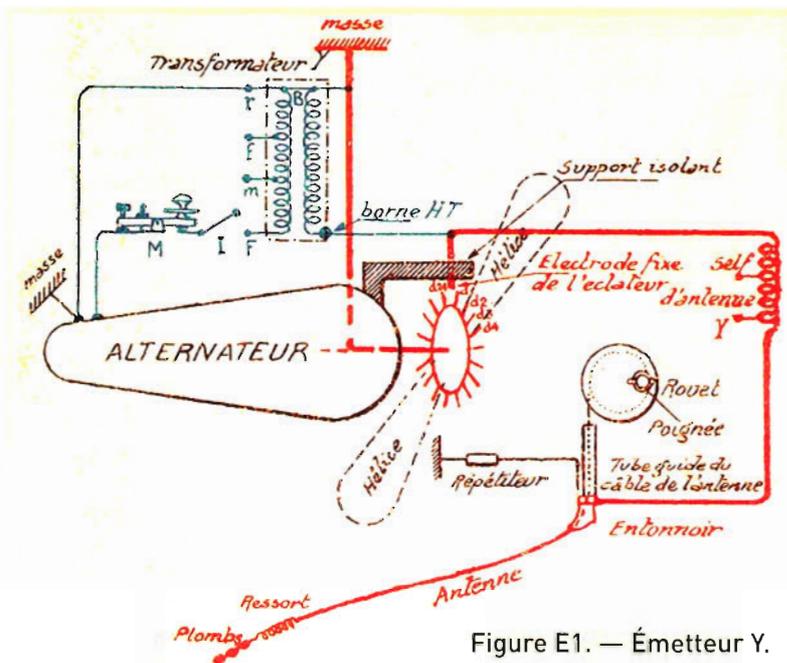


Figure E1. — Émetteur Y.

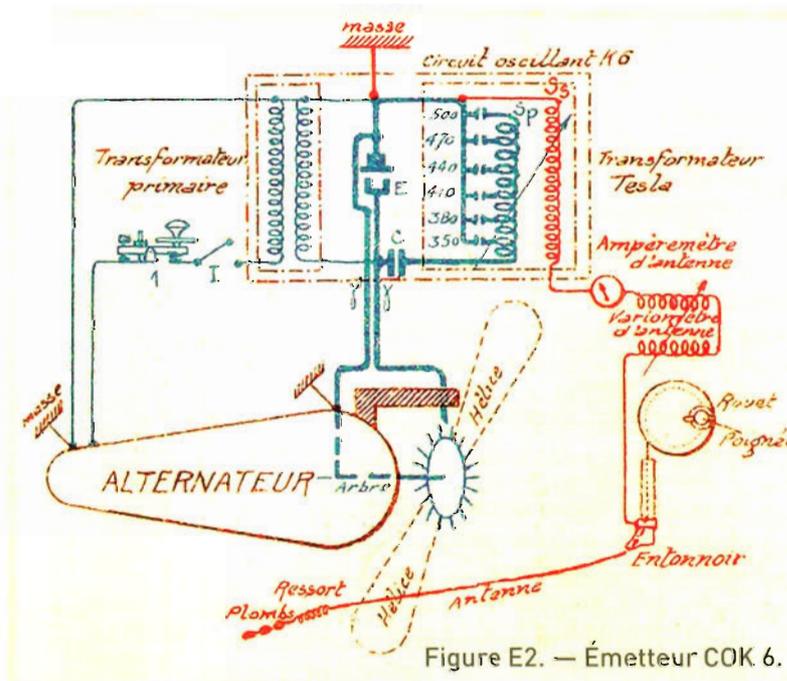


Figure E2. — Émetteur COK 6.

### Les machines tournantes

Au début, deux types principaux de machines tournantes ont été employés, la magnéto et l'alternateur. L'alternateur sera préféré parce qu'il produit un courant alternatif à fréquence plus élevée (900 Hz pour l'alternateur K, 250 Hz pour la magnéto I). Seul l'alternateur est en mesure d'obtenir des tonalités à la réception allant du grave à l'aigu.

semblable à celui de l'émetteur I, cependant la fréquence beaucoup plus élevée du courant alternatif pour chaque tour d'arbre permet de monter des disques avec un nombre de dents beaucoup plus varié, 6, 8, 12, 16 et 24 dents. Ceci permet donc par changement de disque de pouvoir émettre une tonalité allant du « ronflé » à l'aigu.

La longueur d'onde émise avec un poste à excitation indirecte est uniquement fonction de la longueur de l'antenne (en pratique la longueur d'onde émise correspond à

environ trois fois la longueur de l'antenne déployée). Le nombre de longueurs d'ondes exploitables sur une portion de front réduite est lié :

— à la gamme de longueur d'ondes sur laquelle il est possible d'émettre, celle-ci étant pour l'essentiel fonction de la longueur de fil d'antenne qu'il est possible de déployer avec le rouet (figure 11), une antenne trop longue pouvant casser dans les évolutions brusques de l'avion. En pratique la gamme pour les appareils à excita-

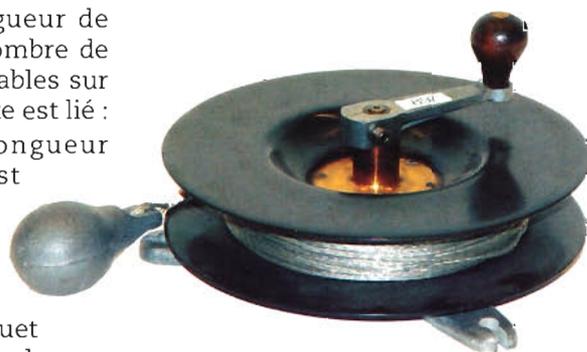


Figure 11. — Rouet d'antenne. Il permet d'enrouler et de dérouler l'antenne dont la longueur ne dépasse pas en règle générale les 80 m. Au bout du fil est attaché un poids qui facilite le déploiement et la tension du fil. Il existe généralement à bord, depuis une expérience malheureuse en 1910 des premiers expérimentateurs de TSF à bord, une cisaille permettant de couper le fil en cas d'urgence (traversée de nuages orageux, passage à basse altitude au-dessus d'une zone boisée...). Collection M.G.

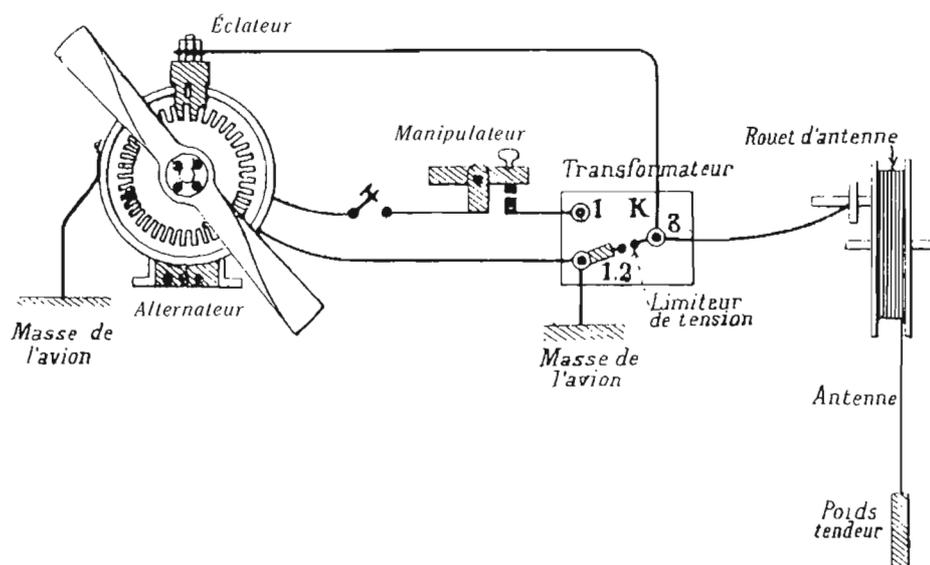


Figure 9. — Ensemble émetteur à excitation directe K.

1 manipulateur	0 <sup>fr</sup> , 420
1 interrupteur	0 , 150
1 contrôleur manipulation	0 , 650
1 rouet	1 , 200
1 tube 1 <sup>er</sup> 50	1 , 035
1 roulette avec chape aluminium	0 , 250
1 tromblon ou entonnoir	0 , 210
150 m. fil transmission	1 , 000
3 m. tube caoutchouc	1 , 770
1 alternateur K	10 , 200
1 transformateur K 2	3 , 300
1 self antenne	1 , 500
3 plombs olive	0 , 200
Connexions	2 , 000
	<b>23<sup>fr</sup>, 665</b>
a) hélice bois 130 km.	0 , 200
b) hélice monopale	1 , 700
Poids avec hélice bois	<b>23<sup>fr</sup>, 865</b>
Poids avec hélice monopale	<b>25<sup>fr</sup>, 365</b>

Figure 10. — Ensemble des constituants avec poids d'un émetteur à excitation directe type K.

tion indirecte sera bornée<sup>4</sup> entre 100 et 300 mètres<sup>5</sup> ;

— à la capacité du récepteur au sol à différencier d'une fréquence voisine la longueur d'onde sur laquelle il est réglé sans perturber la clarté de la réception (notion de sélectivité). En ce sens l'arrivée de la boîte de réception type A constituera un sérieux atout.

4. — Lorsque l'on voulut travailler suite à la multiplication des postes sur des longueurs d'ondes supérieures à 300 m, il fallut avoir recours à des selfs d'antenne sous peine de développer des antennes de longueur exagérée. On adopta des selfs d'antenne additionnelles à 2 ou 3 prises, la longueur d'onde émise étant toujours réglée par le déroulement approprié de l'antenne. Cette pratique sera abandonnée rapidement du fait de l'affectation de la gamme 350 à 500 m aux émetteurs à excitation indirecte.

5. — Des marques sont le plus souvent présentes sur le fil déployé par le rouet d'antenne pour repérer une ou plusieurs fréquences. Dans d'autres cas, on prépare dans les escadrilles des séries de rouets interchangeables portant chacun la longueur de fil nécessaire pour réaliser une longueur d'onde (inscrit sur le rouet). Les rouets ne sont pas interchangeables, en effet, pour une longueur d'onde donnée, la longueur de fil est différente sur Farman et sur Caudron.

Avec la facilité de « lire » un émetteur par rapport à un autre, certes par sa longueur d'onde mais aussi par un large spectre de tonalités différentes, les exigences exprimées fin 1915 sont désormais complètement satisfaites.

Les émetteurs à excitation directe type K ne parviendront en masse aux armées qu'à la fin de 1916.

## Un client exigeant : l'A.L.G.P.

Dès le début de l'année 1916 les besoins de l'Artillerie Lourde à Grande Portée (A.L.G.P.) se montrent plus pressants afin d'obtenir, compte tenu des coûts mis en jeu par chaque tir, des réglages plus précis. Ils sont alors poussés en général jusqu'à la destruction en consommant le nombre de projectiles nécessaires. Il est convenu qu'il vaut



Figure 13. — L'entraînement de l'alternateur par le moteur de l'avion est une solution qui sera mise en concurrence un temps avec le moulinet. On distingue ici sur un biplan Farman, le disque tournant de l'éclateur, disque entraîné par le moteur. Le moulinet sera cependant préféré, l'entraînement par courroie s'avérant moins fiable et requérant des modifications mécaniques du moteur. Collection P. Blavette.

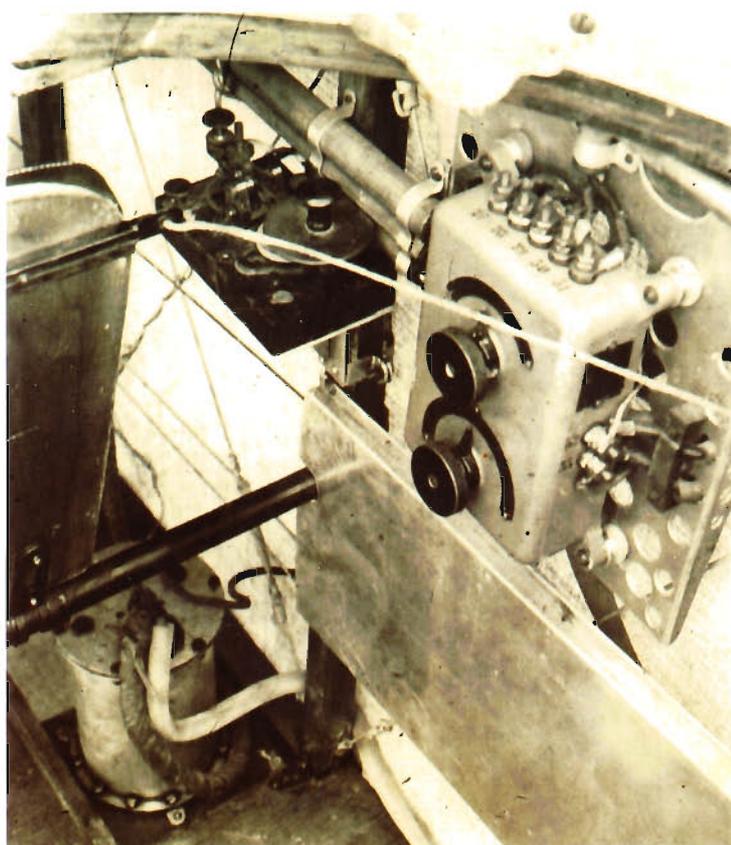


Figure 12. — Poste de l'observateur, il s'agit d'une installation à excitation directe. On distingue au pied de l'observateur le transformateur cylindrique type K2 pour alternateur du type K, sur le côté la boîte de commande pour tous les appareils électriques de bord, TSF, feux, transmetteur optique... Collection Association des amis du musée de l'ALAT

mieux réaliser des économies sur des tirs douteux et dépenser beaucoup lorsque l'observation permet d'obtenir un résultat certain. La portée des appareils précités à excitation directe n'était pas suffisante pour les avions de réglage d'A.L.G.P. La portée exigée dans cette phase du conflit, était de l'ordre de 8 à 15 km. Il fallait par ailleurs éviter de brouiller par ces nouveaux émetteurs le dispositif de réglage d'artillerie de campagne déjà en place. L'utilisation d'un émetteur à excitation directe du type K, dont on aurait augmenté la puissance dans la même gamme, était donc inenvisageable. D'autre part les émetteurs à excitation directe, s'ils sont très simples, ne permettent pas d'augmenter la puissance rayonnée à l'infini. En effet augmenter la puissance de l'émetteur K se traduirait par une augmentation de la tension (voir note 1), déjà très élevée (pose de réels problèmes d'isolement), aux bornes de l'éclateur. L'étincelle « longue » qui en résulterait serait plus résistante et donc l'oscillation serait très amortie, voire inexistante. La seule solution, au risque de compliquer l'ensemble, est de faire appel à l'excitation indirecte (voir encadré). On prendra soin aussi de choisir une gamme de longueurs d'ondes plus longues (350 à 500 m) que celles affectées aux émetteurs à excitation directe.

Ce dispositif s'appuie sur les mêmes constituants qu'un émetteur à excitation directe, alternateur, transformateur et éclateur. Il consiste non plus à débiter directement le signal produit par l'étincelle dans le circuit antenne/masse de l'avion, mais à utiliser l'étincelle pour exciter un circuit oscillant qui sera couplé au mieux avec une antenne. Il présente l'intérêt d'obtenir une émission

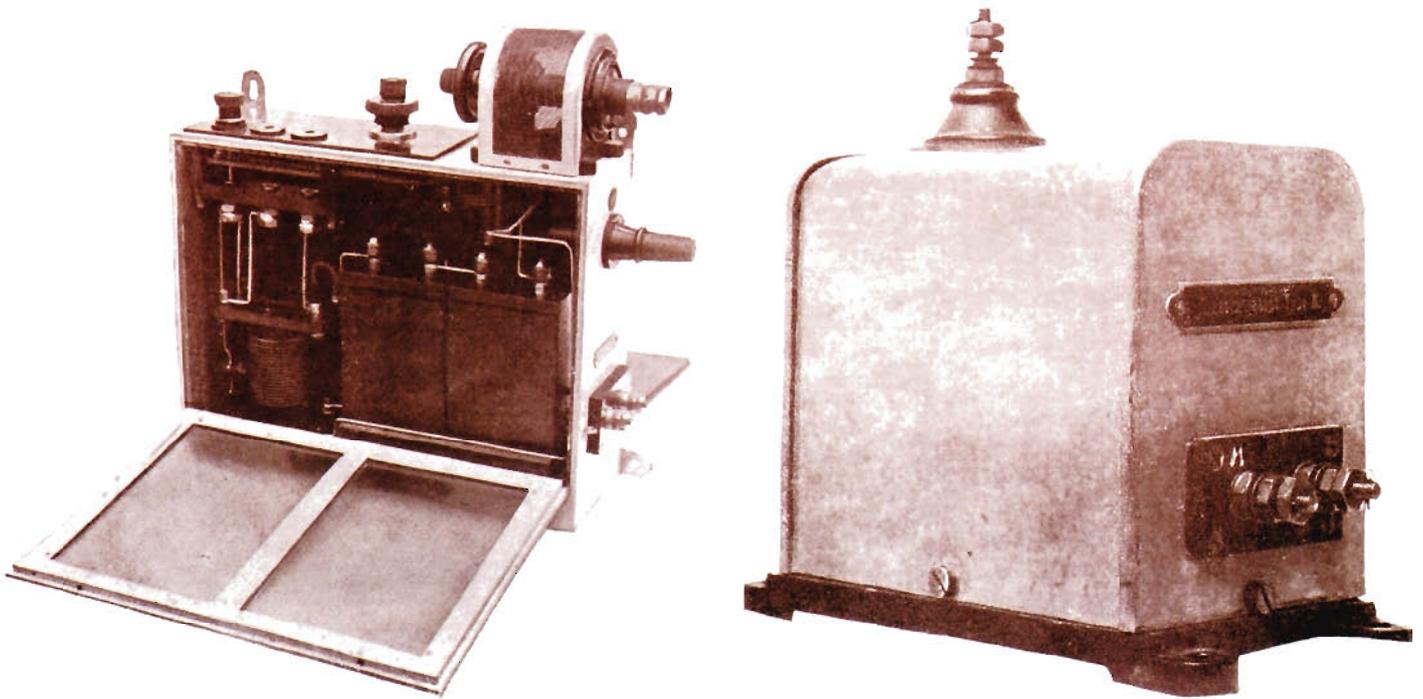


Figure 14 (à gauche). — Boîtier « Circuit Oscillant » de COK 3 permettant la constitution d'un émetteur à excitation indirecte (à trois longueurs d'ondes) sous réserve de lui rajouter un alternateur K et un transformateur. Sur le dessus du boîtier on distingue principalement une tige enfoncée dans l'une des trois fiches permettant de sélectionner une longueur d'onde parmi trois, une vis moletée assurant le réglage du couplage du circuit oscillant avec le circuit d'antenne, un éclateur fixe sous capot grillagé. Cet éclateur fixe peut être utilisé en secours de l'éclateur tournant. D.R.

Figure 15 (à droite). — Transformateur de l'ensemble COK 3. Dans l'ensemble COK 6 qui lui succèdera, il sera intégré dans le boîtier circuit oscillant.

à longueur d'onde bien définie (autorisant la multiplication des appareils), un spectre plus pur facilitant l'accord à la réception, mais aussi un meilleur rendement du transfert d'énergie.

Un rapport du 23 mars 1916 montre l'existence d'une première réalisation d'un émetteur de ce type sur avion à l'atelier du détachement à Chalons-sur-Marne de la Télégraphie de première ligne de la IV<sup>e</sup> Armée. Le circuit oscillant est enfermé dans une boîte de 280 x 80 x 280 mm. Il est accordé sur une seule longueur d'onde, le couplage avec l'antenne est du type Tesla. Le transformateur reste externe. Il a été construit environ 60 circuits oscillants de ce type (utilisant probablement un alternateur du type K) en prévision de l'offensive de Champagne en septembre 1915.

Le premier appareil industriel sera le COK 3 (figure 14). Comme son nom l'indique, cet émetteur à excitation indirecte est constitué d'un circuit oscillant permettant de sélectionner une parmi trois longueurs d'ondes et il est alimenté par

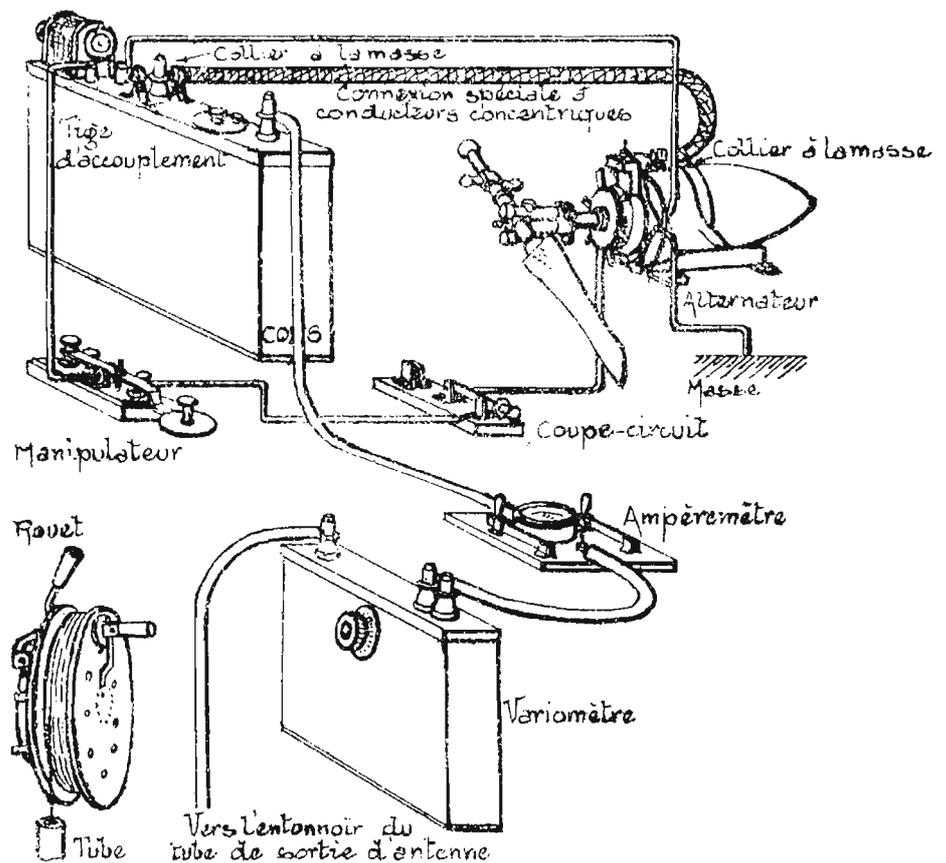


Figure 16. — Constituants et raccords d'un émetteur COK 6 à excitation indirecte.

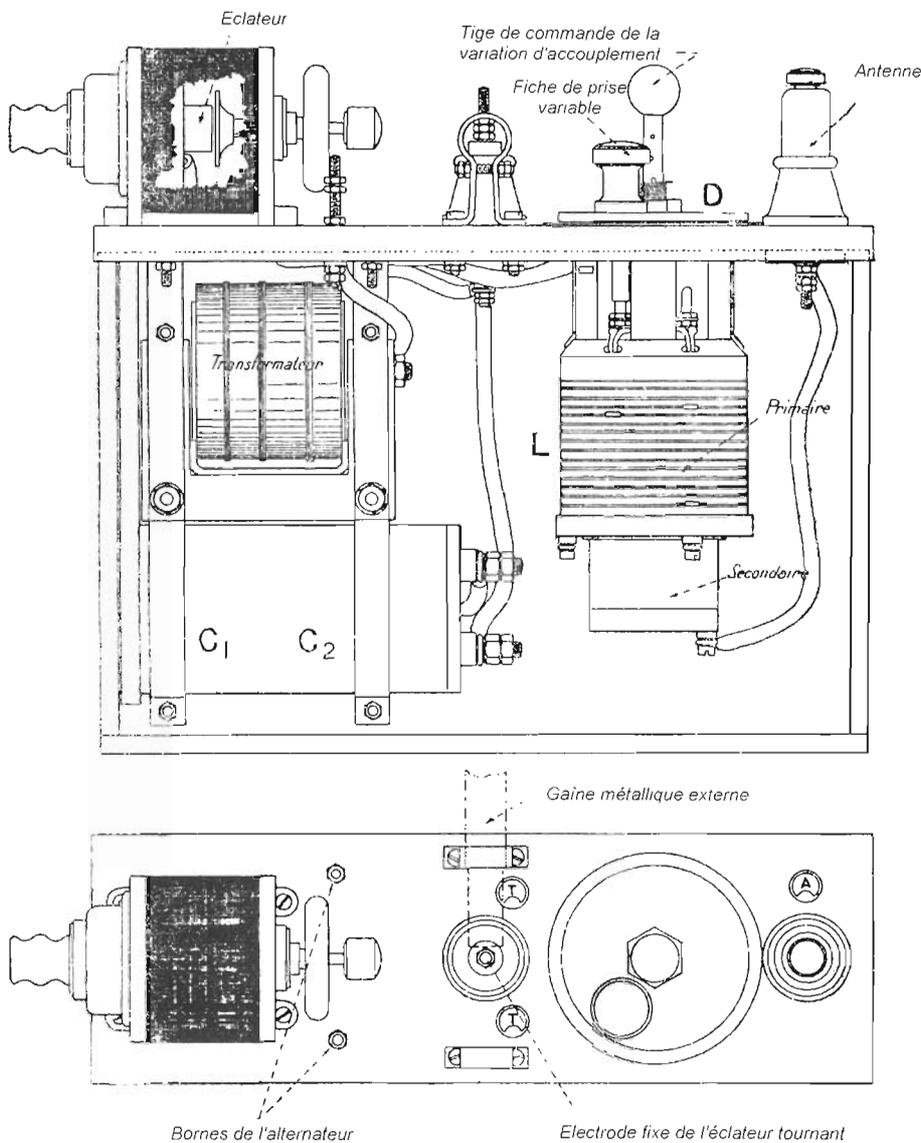


Figure 17. — Circuit oscillant de l'ensemble à six longueurs d'ondes COK 6.

1 manipulateur. . . . .	0 <sup>fr</sup> , 420
1 interrupteur. . . . .	0 , 130
1 ampèremètre. . . . .	0 , 650
1 rouet. . . . .	1 , 200
1 tube antenne 1 <sup>m</sup> ,50. . . . .	1 , 035
1 roulette avec chape aluminium. . . . .	0 , 250
1 tromblon ou entonnoir. . . . .	0 , 210
50 m. fil antenne. . . . .	1 , 000
5 plombs. . . . .	0 , 200
5 m. tube caoutchouc. . . . .	1 , 770
1 alternateur K. . . . .	10 , 200
1 circuit oscillant K 6 . . . . .	7 , 770
1 variomètre. . . . .	2 , 650
1 connexion double 1 <sup>m</sup> ,50. . . . .	0 , 640
Connexions. . . . .	2 , 000
	<b>30<sup>fr</sup>, 325</b>

Figure 18. — Liste des constituants avec poids d'un émetteur COK 6.

un alternateur K. Cette version sera suivie dans la foulée d'un modèle à six fréquences le COK 6 (figures 16, 17 et 18). Dans un boîtier de 340 x 110 x 350 mm sont intégrés un circuit oscillant (CO) constitué de deux condensateurs en série et d'une self primaire à six plots, une self secondaire permettant le couplage variable du CO avec le circuit d'antenne, et un transformateur (le transformateur que l'on voit figure 15 est un bloc indépendant dans le COK 3). Sur le dessus on peut distinguer un plateau circulaire à six trous dans l'un desquels on engagera une fiche sélectionnant ainsi une des six longueurs d'ondes offertes, une tige permettant le réglage du couplage selfs primaire/secondaire, les bornes de raccordement (à l'alternateur, à l'antenne et à la terre) et enfin un éclateur fixe tube-plateau<sup>6</sup> sous capot de protection. L'émetteur peut aussi utiliser un éclateur tournant monté sur l'alternateur<sup>7</sup>. Enfin un variomètre est inclus dans le circuit d'antenne, il permet d'assurer le transfert optimal de l'énergie dans l'antenne en accordant ce dernier sur la même longueur d'onde que le circuit oscillant (à défaut de variomètre il serait nécessaire de dérouler une longueur de fil trop importante).

La portée dans la gamme 350 à 500 m en excitation indirecte est de l'ordre de 25 km (alternateur réglé en régime fort et réception sans amplification avec antenne sur perches en V), elle est, dans les mêmes conditions, de 15 km dans la gamme 100 à 300 m en excitation directe.

6. — Un éclateur tube-plateau est constitué d'un tube en laiton placé en regard d'un plateau en cuivre rouge. Un bouton isolé permet de régler la distance explosive entre les deux pièces.

7. — Les premières livraisons de COK 3 ou COK 6 laissent apparaître quelques problèmes d'isolement lorsque le poste est utilisé avec un éclateur tournant. Les COK ont été conçus pour fonctionner avec éclateur fixe, l'éclateur tournant soumet le COK à un régime beaucoup plus dur en particulier de surtension au niveau du transformateur. Son fonctionnement sera restreint un temps au régime faible en 6 dents et au régime fort en 24 ou 12 dents. Ces problèmes seront résolus rapidement par le constructeur SFR.

Les premiers émetteurs COK 3 seront livrés fin 1916 alors que le COK 6 sera disponible au début de l'année suivante. La note du GQG Joffre datée de décembre 1916 « Emploi de la TSF aérienne dans le cas d'une action intensive » résume parfaitement la situation atteinte à la fin de 1916, extrait :

On peut prévoir que chaque secteur de Corps d'Armée (C.A.) disposera en permanence de 50 avions munis de TSF. On doit compter sur un déchet d'appareils de TSF de 10 à 20 % par mois. Chaque secteur de C.A. possède une moyenne de 60 antennes de réception, certaines munies d'amplificateurs. Tous les avions seront munis, dans un avenir proche, de postes émetteurs type K ou S (identique au K mais permettant en outre le chauffage et l'éclairage).

Ces postes seront munis d'éclateurs tournant à 6, 8, 12, 16 ou 24 dents ce qui permet d'obtenir cinq sons très distincts. Ils doivent

être employés en excitation directe de 100 à 320 m, en excitation indirecte au-delà de 350 à 500 m, Il est prévu deux séries de longueurs d'ondes à employer normalement par les avions<sup>8</sup>.

Dans chaque série les longueurs d'ondes successives diffèrent d'environ 15 %, valeur suffisante pour permettre l'emploi simultané de toutes les longueurs d'ondes d'une série dans un espace restreint.

Ainsi pour un secteur correspondant à la zone d'action d'un C.A. à deux divisions, soit un front moyen de 4 km, sont affectées d'une part une série de huit longueurs d'ondes

8. — Série A excitation directe : (90), 150, 180, 210, 250, 295 m.

Série A excitation indirecte : 350, 410, 470 m.

Série B excitation directe : (120), 165, 195, 230, 270, 320 m.

Série B excitation indirecte : 380, 440, 500 m.

Les longueurs d'ondes de 90 et 120 m sont normalement réservées à l'infanterie, elles ne peuvent être utilisées qu'exceptionnellement.

(voire 9 exceptionnellement), l'autre série étant donnée aux secteurs contigus, et d'autre part deux tonalités. Cela garantit le fonctionnement simultané d'un minimum de huit avions et d'un maximum de seize, si l'on accepte le risque d'une perturbation dans le cas où deux avions émettant sur une même longueur d'onde et utilisant chacun deux tonalités différentes, se retrouvent à égale distance du poste de réception au sol de l'un d'entre eux<sup>9</sup>. On mesure le chemin parcouru en une seule année !...

La production est elle aussi à la hauteur de ce changement d'échelle. Ainsi 4000 alternateurs K (pour émetteurs à excitation directe ou indirecte) seront produits en 1916. Pourtant la mise en place ne se fait pas sans problèmes, d'autant que l'avion est alors expédié au front sans que les équipements électriques et en particulier la T.S.F. ne soient installés à bord. Il s'en suit des difficultés diverses, on note sur les rapports de l'époque des retards de livraison sur des accessoires pourtant indispensables comme les ferrures de fixation des alternateurs. Cette situation sera traitée par un ordre ministériel de février 1917 qui prescrit aux constructeurs d'avions que désormais les canalisations électriques feront partie intégrante de l'avion au même titre que les supports des appareils électriques (la leçon des ferrures est bien passée !).

Les émetteurs K (excitation directe) et COK (excitation indirecte) sont fiables. Les avaries les plus courantes sont dues au claquage des transformateurs (soumis à de très hautes tensions) et aux mauvaises mises à la masse. L'émetteur dans son ensemble ne peut être testé à terre, aussi est-il recommandé de procéder à un essai au-dessus du terrain avant de s'en éloigner. Des bancs d'essais seulement pour les alternateurs K seront par contre livrés aux escadrilles à partir de avril 1917.

9. — Il est en effet plus efficace de tenter seize réglages au risque d'en perdre un ou deux que de n'en réaliser que huit au prétexte qu'il n'y aura aucune perturbation.

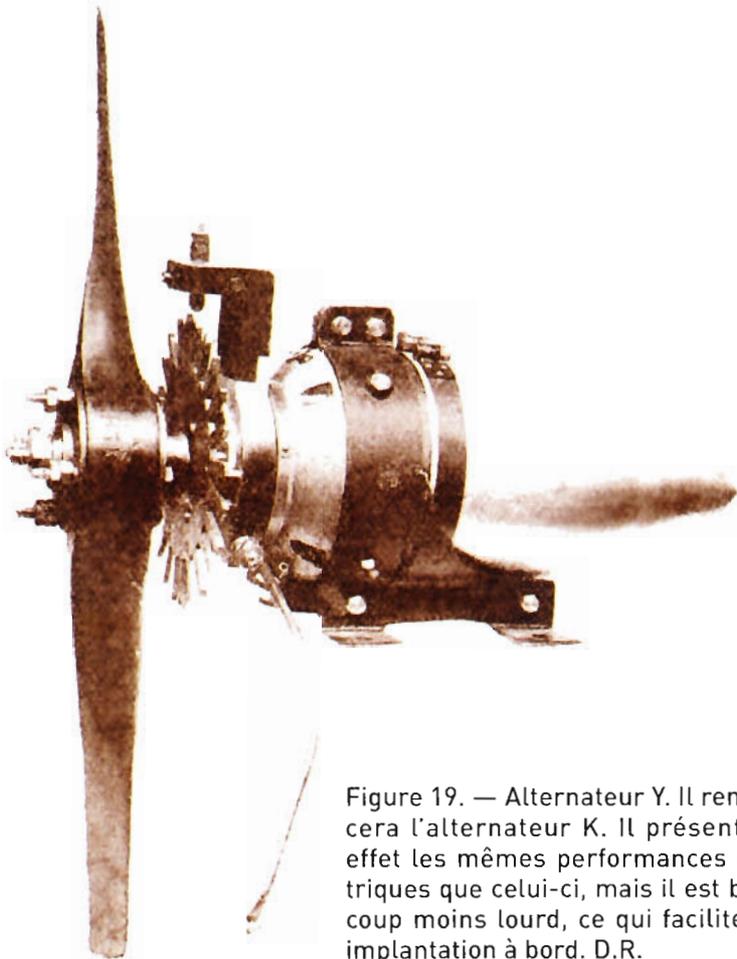


Figure 19. — Alternateur Y. Il remplacera l'alternateur K. Il présente en effet les mêmes performances électriques que celui-ci, mais il est beaucoup moins lourd, ce qui facilite son implantation à bord. D.R.



Figure 20. — Boîtier « Circuit Oscillant » de COY 6, réalisé plus particulièrement pour fonctionner avec l'alternateur Y. Le boîtier ne possède pas d'éclateur fixe sur son dessus, l'émetteur ne fonctionne qu'avec un éclateur tournant. On lui préférera par la suite le boîtier COK 12. Musée des arts et métiers. Photo A. Salles.

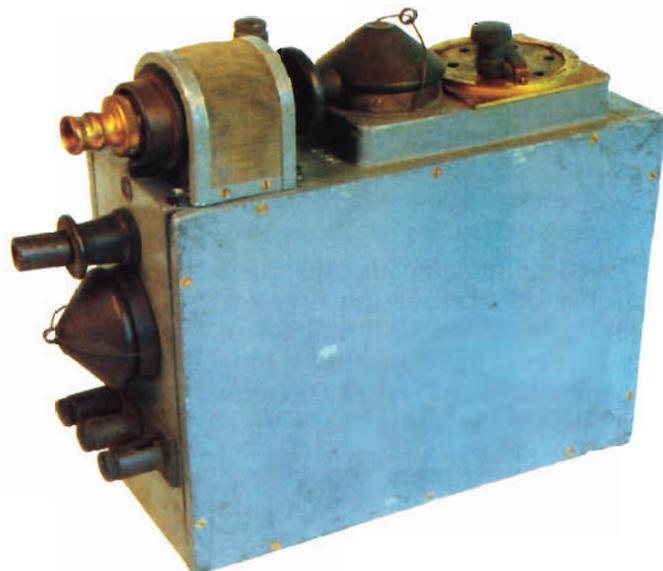


Figure 21. — Boîtier « Circuit Oscillant » de COK 12 alimenté par un alternateur Y ou une machine mixte U. Cette version ne sortira qu'après-guerre. Il sera dans cette gamme de puissance le seul appareil réglementaire. Musée des arts et métiers. Photo A. Salles

## Encore des alternateurs !

Des essais sont menés au second trimestre de 1917<sup>10</sup> sur un nouvel alternateur. Cet alternateur qui portera le nom de Y (figure 19), a été étudié par l'ingénieur Belfils de la S.F.R.. C'est une réalisation remarquable donnant la même puissance que l'alternateur K mais sous un volume et un poids beaucoup plus réduits (6,6 kg au lieu de 10,4 kg). Ce gain de poids est dû à ce que la machine ne possède qu'un seul circuit magnétique commun à l'alternateur et à son excitatrice. Cet alternateur va remplacer l'alternateur K. La production sera très importante, puisque 7000 alternateurs Y seront fabriqués en 1917 et 4000 en 1918.

Comme l'alternateur K, l'alternateur Y permet de constituer un émetteur à excitation directe ou indirecte ou excitation directe/indirecte par un jeu de commutateurs. L'alternateur Y est monté aussi sur

les émetteurs COK en remplacement de l'alternateur K.

Un circuit oscillant spécial sera développé pour fonctionner avec l'alternateur Y et constituer ainsi l'émetteur COY 6 (figure 20). Il est prévu, comme le COK 6, pour fournir six longueurs d'ondes différentes sur une antenne de 80 m mais sans

variomètre. Il est alimenté par un transformateur indépendant (intégré dans le cas du COK 6). Il ne dispose pas d'éclateur fixe. On lui préférera le COK 12 (à douze longueurs d'ondes et alternateur Y, figure 21) qui sera disponible après guerre. Les alternateurs K et Y seront dans leur grande majorité mus par moulinet.



Figure 22. — Artilleur à l'écoute de l'avion sur une boîte de réception du type A. Collection M.G.

10. — Des essais au Plessis Belleville en juin 1917 font état du nécessaire renforcement de la fixation du capot de l'obus qui s'est détaché en plein vol et est tombé dans l'hélice de l'avion !

Le couplage au moteur de l'avion, qui devait se généraliser par la suite pour les génératrices de bord, n'a fait l'objet à l'époque, que de rares implantations et ceci sans résultats probants. Il faudrait aussi mentionner les alternateurs S (plus puissants), la génératrice U (alternateur et dynamo) utilisable, outre la TSF, pour le chauffage et l'éclairage, etc.

L'excellent matériel que constituent les ensembles à base d'alternateurs K et surtout Y sera apprécié des alliés américains qui en équiperont leurs avions. Il fera aussi une longue carrière puisqu'il ne sera pas rare de les trouver à bord au milieu des années trente.



Figure 24 (ci-dessus). — L'industrialisation en 1915 de la première lampe triode va permettre de construire de nombreux types d'amplificateurs. Le plus célèbre d'entre eux est l'amplificateur à trois lampes, l'amplificateur 3 ter modèle 1916. Cet amplificateur à usage général (TSF mais aussi télégraphie par le sol) sera en particulier utilisé conjointement avec la boîte A améliorant ainsi très sensiblement les performances de cette dernière. Ces amplificateurs seront en priorité affectés à l'A.L.G.P. Collection M.G.

## La boîte magique

Tous ces beaux résultats n'auraient pu être obtenus sans la boîte modèle Télégraphie Militaire 1915 type A (figure 22).

Le matériel de réception au sol à l'écoute de l'avion d'observation se fait alors sur une « Boîte de récep-



Figure 23. — Boîte de réception du type A1 fabriquée par CH. Beaudoin. Cette boîte sera fabriquée en très grande série par plusieurs constructeurs. C'est une très belle réalisation, compacte, robuste et présentant une bonne sélectivité. Collection B. Pigelet. Photo A. Salles.

Figure 25 (ci-dessous). — Boîte américaine BC 14 A. La qualité du matériel de TSF français conduit les alliés à constituer des copies pour leur usage propre, ici la copie quasi conforme de la boîte A. Collection B. Pigelet. Photo A. Salles.

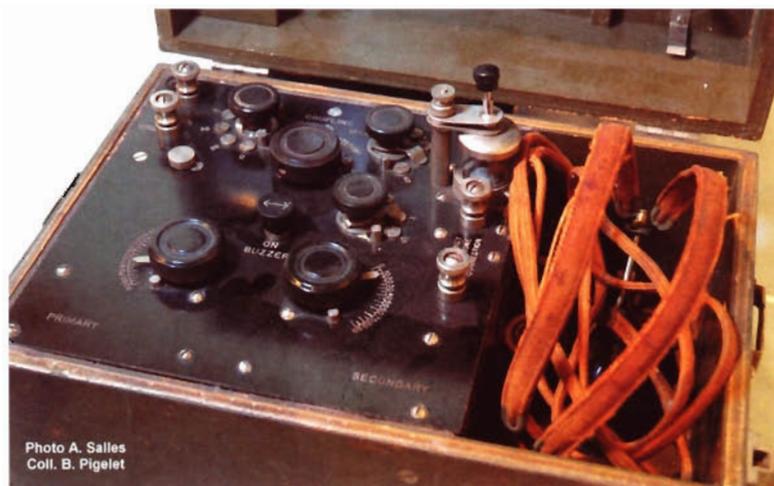


Photo A. Salles  
Coll. B. Pigelet

tion » (voir « La Radio pour les nuls et les autres » dans Avions n° 171). C'est un récepteur « passif » (pas de lampes). Le modèle homologué la « Boîte type A » sera disponible dès 1915 (on en trouve trace en mai dans les années), la généralisation de cette boîte interviendra cependant en 1916. Elle sera le seul

modèle en usage l'année suivante en 1917 et sera construite à un très grand nombre d'exemplaires par plusieurs constructeurs (C.G.R., Beaudoin, Grammont, S.I.T...). La boîte est constituée de deux circuits accordés à couplage variable et d'un détecteur à galène. Elle ne subira que des évolutions mineures jusque

dans les années trente. La boîte type A que l'on trouvera encore largement dans les centres d'instruction jusqu'à la guerre (la suivante !) sera néanmoins remplacée à partir de 1930 par le récepteur R 11.

Elle est connectée à une antenne réglementaire dite « artillerie » constituée de deux brins (dite en V) soutenus par des perches en bambou. Des antennes plus rudimentaires mais moins visibles sont utilisées à proximité du front. Elle couvre la gamme 100 à 400 m dans sa première version et 80 à 600 m (type A1, figure 23) ensuite. Elle permet donc de recevoir toutes les longueurs d'ondes affectées aux avions. Sa sélectivité est suffisante pour séparer deux longueurs d'ondes adjacentes des séries réglementaires (le règlement a été en fait adapté à ses performances). Le principe de réglage sur une longueur d'onde est assez simple. On accorde le circuit primaire, le secondaire étant aperiodique, on accorde ensuite le circuit secondaire. Pour ces opérations l'accouplement primaire/secondaire est réglé au minimum compatible à une audition nette des signaux. En pratique les opérations sont les suivantes : l'avion passe au-dessus de l'antenne, donne son indicatif et s'éloigne de 1 à 2 km tout en continuant à donner son indicatif, cela permet de peaufiner le réglage avec le couplage minimal (la sélectivité atteint son niveau maximal) ; lorsque l'avion s'éloigne pour commencer son réglage, il continue à émettre de temps en temps son indicatif jusqu'à ce qu'il arrive sur l'objectif. L'intensité décroissant quand l'avion s'éloigne, il est nécessaire d'augmenter le couplage (au détriment de la sélectivité) mais sans toucher aux réglages des circuits primaire et secondaire.

Cette boîte deviendra « récepteur » quand en 1916 il sera possible de lui adjoindre un amplificateur à trois lampes « l'amplificateur 3ter mod. 1916 » qui va très sensiblement améliorer ses performances. Toutefois cet amplificateur sera en priorité réservé à l'A.L.G.P. dont l'avion de réglage est le plus éloigné (figure 24).

## L'avion est toujours sourd et le sol reste muet

Une nouvelle instruction datée de janvier 1916 concernant l'emploi de l'observation aérienne en liaison avec l'artillerie vient abroger les instructions de 1915 sur le même sujet. En ce qui concerne la liaison air/sol assurée par TSF ou par projecteur, le jeu de signaux conventionnels de réglage et celui des signaux complémentaires sont étendus, les indicatifs sont mieux normés. Un jeu de signaux constitué de trois lettres est ajouté pour la désignation d'objectifs (BTA pour batterie en action). Ce même jeu comprend un code « REG » signifiant que l'observateur est en mesure de faire un réglage sur l'objectif qu'il vient de signaler dans de bonnes conditions. L'avion de réglage n'est plus aux ordres mais prend des initiatives en multipliant les cibles, améliorant ainsi sensiblement l'efficacité d'ensemble de l'artillerie. Par souci d'efficacité il est même admis que quelques messages, très courts, soient transmis en clair !

En ce qui concerne la liaison sol/air, il n'y a toujours pas de récepteur à bord (et ce n'est pas près de changer puisqu'en 1939 ce sera toujours le cas). D'ailleurs le sol est muet et ne s'exprime que par « signes » grâce à des panneaux déployés sur le sol (ou par projecteur). Toutefois, le code de signaux a été largement renforcé. Désormais un panneau d'identification d'un groupement d'artillerie (drap de 4 x 4 m sur lequel sont cousus des carrés noirs distinctifs de 1,33 x 1,33 m) est placé au voisinage des antennes réceptrices pendant le travail avec l'avion. Trois panneaux de 4 x 1 m (seuls deux panneaux étaient nécessaires en 1915), pourvus de baguettes de bois pour en faciliter la manœuvre, sont utilisés pour transmettre les informations à l'avion.

## L'A.L.G.P. se manifeste à nouveau

À partir de 1917, le dispositif de réglage de tir en place ne peut plus remplir son rôle face à la mise en service d'une nouvelle génération

de canons à très longue portée (environ 30 km). Si jusqu'alors on s'était montré peu regardant quant au coût des projectiles, ce n'était plus le cas pour ces gros calibres. L'observation par l'avion de réglage doit donc se faire au plus près de l'objectif. La portée des postes COK est désormais insuffisante. Or une augmentation de puissance de ces appareils n'est pas envisageable, car si techniquement elle ne pose aucun problème, elle conduirait à un brouillage inadmissible des postes de réception de l'artillerie de campagne et de l'artillerie lourde ordinaire. D'autre part on conçoit mal dans ces conditions que l'avion soit amené à quitter sa position d'observation en réalisant un aller-retour de 60 km pour se rapprocher de son poste de réception afin de transmettre ses informations mais aussi « lire » celles transmises depuis le sol sur des panneaux.

On est bien désormais dans l'impasse !

À suivre...

## Références

1. — Rapports des détachements radiotélégraphiques des différentes armées, 1916, 1917 (SHD).
2. — *Instructions sur l'emploi de l'observation aérienne en liaison avec l'artillerie*, GQG, 19 janvier 1916.
3. — Rapport de l'Aspirant P. Aujames du détachement TSF de la Télégraphie de 1<sup>re</sup> ligne de la IV<sup>e</sup> Armée sur un circuit oscillant exécuté à l'atelier du détachement à Chalons-sur-Marne. Mars 1916.
4. — *Précautions à prendre par les observateurs en avion pour assurer un bon fonctionnement de la Radiotélégraphie* GQG, 11 novembre 1916.
5. — *Instruction sur le fonctionnement de la TSF aérienne*, État-Major VI<sup>e</sup> armée, 11 mars 1917.
6. — *Compte-rendu d'essai d'un alternateur Y*, École de Plessis-Belleville, 5 juin 1917.
7. — *Instructions sur l'emploi de l'électricité dans l'aviation*, Section technique de l'aéronautique militaire, mars 1919.
8. — *L'aéronautique pendant la Guerre Mondiale, utilisation de l'électricité à bord des avions*, Capitaine Petitalot, Maurice de Bruhoff, 1919.
9. — La radio aérienne, *La Nature*. Avril 1920.
10. — *Radiotélégraphie et radiotéléphonie*, P. Maurer, Dunod, 1920.
11. — *Vingt-cinq années de TSF*, Société Française Radioélectrique, 1935.
12. — *Manuel de radiotélégraphie aéronautique*, direction de l'aéronautique, juillet 1924.
13. — *Télégraphie sans fil terrestre et maritime*, M.J. Galopin, Bibliothèque des actualités industrielles.