

# ÉLECTRICITÉ

## Etude sur la commutation

par Pierre COMBE, Ingénieur à la Société Alsthom.

(SUITE ET FIN)

### Eléments mécaniques

Quand on étudie le contact électrique d'un bloc de charbon sur une surface en cuivre, on trouve que la chute de tension au contact, pour le passage d'une densité de courant déterminée, diminue, quand on augmente la pression qui appuie le bloc de charbon contre le cuivre.

Dans les dynamos, cette pression est assurée par des ressorts plus ou moins puissants, qui agissent sur un bloc guidé par une gaine. Si le collecteur est en très bon état, on peut supposer cette pression constante dans le tour. Malheureusement, cette condition est bien difficile à remplir, un léger faux rond, des micas qui affleurent, des porte-balais insuffisants ou mal conçus, sont autant de facteurs qui détruisent cette constance de la pression.

Tous ceux qui se sont occupés de la mise au point des dynamos connaissent l'importance d'une rectification parfaite du collecteur, d'un fraisage soigné des micas, du chanfreinage des bords des lames et du polissage final du collecteur. Nous ne décrirons pas ici, les divers procédés employés, car ils sont connus de tous les techniciens.

L'influence du porte-charbon sur la commutation est encore plus grande que celle de l'état mécanique du collecteur.

Il faut qu'un porte-charbon soit suffisamment rigide, pour ne pas accentuer les vibrations que le bloc lui transmet. Il faut que son guidage soit aussi parfait que possible sans cependant gêner le déplacement du charbon. Il faut surtout que le bloc soit stable dans des limites importantes de variations du coefficient de frottement.

En général, la création d'un porte charbon est une chose beaucoup trop délicate pour que nous nous permettions de détailler ici les défauts et qualités des divers types, existant sur le marché. Tel modèle conviendra parfaitement à telle dynamo, avec telle qualité de charbon et donnera des résultats déplorables dans d'autres conditions.

### RELEVÉ PRATIQUE DES COURBES DE COMMUTATION

*Description des divers procédés.* — Pour étudier avec toute la précision désirable la commutation d'une dynamo, il faudrait connaître pour chaque régime de fonctionnement :

1° La variation du courant dans la spire ;

2° La variation de la différence de potentiel entre lames voisines du collecteur aux environs des balais ;

3° La variation de la différence de potentiel entre un point du balai et une lame.

La première et la dernière de ces courbes ne peuvent être enregistrées qu'à l'oscillographe. Encore est-il difficile, pratiquement, de relever celle de la variation du courant dans la spire. Le relevé simultané des courbes 1, 2 et 3, avec le même appareil, peut être d'un enseignement très précieux.

Le relevé de la deuxième et de la troisième courbe à l'oscillographe, présente un défaut gênant. La sensibilité du bifilaire étant réglée pour la tension maximum qu'il devra supporter, l'échelle des tensions dans la région commutée est faible et la courbe est indécise, précisément à l'endroit où elle devient intéressante.

D'autre part, le temps de commutation pour les dynamos industrielles étant très faibles, il est difficile d'obtenir des clichés bien détaillés des variations de tension sous le balai. A cause de cela, à cause aussi des complications entraînées par l'emploi d'un oscillographe, nous avons utilisé un moyen plus rudimentaire pour étudier la commutation.

Sur le collecteur C (fig. 18), nous avons placé une bande de

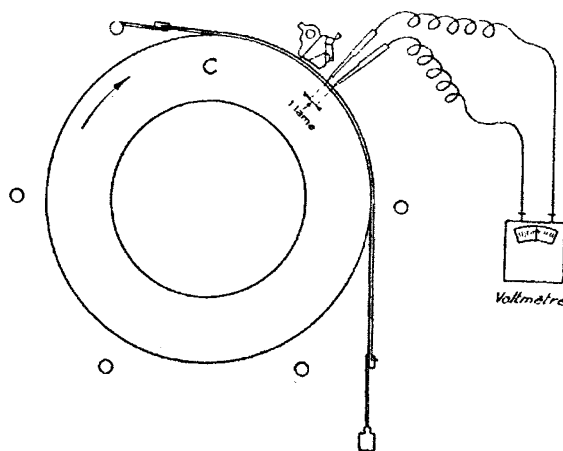


Fig. 18.

prespahn ayant une de ses extrémités fixée à l'un des tourillons de la dynamo, et l'autre extrémité tendue dans le sens de la marche, par un poids d'environ 1.000 grammes.

Cette bande, comme l'indique le croquis, est percée de trous de 2 mm. de diamètre, équidistants, situés sur l'axe de la bande. La distance d'axe en axe de deux trous consécutifs est égale soit à une lame soit à une demi-lame, suivant la grandeur de cette dimension.

On confectionne (fig. 19) avec des crayons durs deux prises

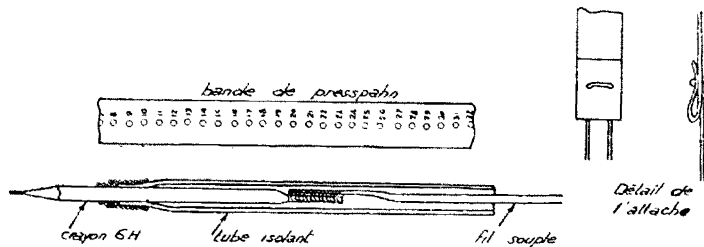


FIG. 19.

de courant reliées par un fil souple à un voltmètre assez résistant, d'une sensibilité de 6 à 10 volts. La dynamo étant en marche, pour relever une courbe, on introduit la mine des crayons dans deux trous de la bande distants d'une lame. Le voltmètre indique alors la différence de potentiel moyenne entre lames voisines au point considéré du collecteur.

*Courbe de différence de potentiel entre lames.* — On relève successivement la valeur de cette différence de potentiel pour un certain nombre de points voisins du balai, et l'on peut ensuite tracer la courbe représentative de la différence de potentiel entre lames pour la région étudiée.

*Courbes de potentiel du collecteur.* — Au lieu d'utiliser la différence de potentiel entre lames, on peut, pour étudier la commutation, se baser sur les courbes de potentiel du collecteur par rapport au balai. On appuie la pointe de l'un des crayons sur le tourillon étudié et l'on introduit la mine du deuxième crayon dans les trous du prespahn situés dans le voisinage de ce tourillon.

Les différences de potentiel relevées étant portées en ordonnées et les lames correspondantes en abscisses, on obtient la courbe de potentiel au collecteur qui, dans le cas d'une génératrice, présente l'aspect ci-contre (fig. 20.) Cette courbe est quelquefois très utile. Elle présente l'avantage d'être plus vite relevée que la courbe différence de potentiel entre lames. De plus, il est possible d'en déduire cette dernière par une construction très simple et cela aux erreurs de lecture près.

Sans entrer dans une démonstration que nous jugeons inutile, on peut dire, en effet, que la différence de potentiel moyenne entre les points A et B est égale à la différence de la moyenne des potentiels A et B. La construction découle de ce théorème : nous l'avons utilisée dans les courbes ci-contre.

**Réglage de la commutation**

Nous avons vu, dans l'étude précédente, que la commutation est bonne, en général, lorsque l'on a :

$$\int_0^T 2 B l v dt = 2 (L + 2 M) I \quad (17)$$

Ceci est théorique et suppose nulle l'action des charbons

(et celle des résistances de la section). Pratiquement, il suffit de réaliser la relation

$$\int_0^T 2 B l v dt - \int_0^T u dt = 2 (L + 2 M) I \quad (31)$$

de façon que  $u$  reste dans des limites acceptables de l'ordre de 1 Volt. En écrivant :

$$\int_0^T u dt = A \quad (32)$$

Il existe, pour chaque dynamo, une marge de réglage  $A$  qui dépend de la résistance de la section, de la résistance des con-

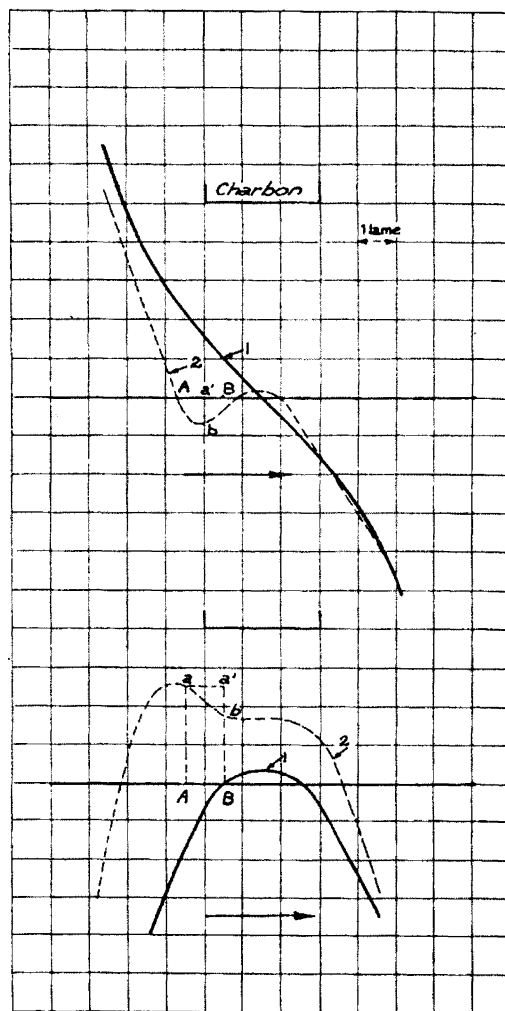


FIG. 20.

- 1. Courbe de la d. d. p. entre lames à vide.
- 2. Courbe de la d. d. p. en charge.

- 1. Courbe de potentiel du collecteur par rapport au balai à vide.
- 2. id. en charge.

La d. d. p moyenne entre A et B est égale à a' b.

On porte cette grandeur sur la courbe de d. d. p. entre lame à égale distance de A et de B.

nexions, qui la relie aux lames du collecteur, et de la qualité des charbons.

Pour satisfaire l'équation (17) et régler la commutation d'une dynamo nous disposons de deux facteurs :

- 1° Valeur de B
- 2° Valeur de T.

La variable B, celle dont le réglage est le plus efficace, peut être modifiée de trois façons :

- a) par les ampères tours des pôles de commutations
- b) par l'entrefer de ces pôles,
- c) par le calage balais.

Nous allons étudier rapidement l'effet de chacun de ces moyens d'action et la déformation qu'ils produisent sur les courbes.

1° Action sur B. — a) Ampères-tours des pôles de commutation.

On sait que, dans l'entrefer de la zone de commutation, le flux agissant sur les conducteurs est sensiblement proportionnel à la différence entre les ampères-tours de l'induit et les ampères-tours des pôles de commutation, ajoutés, s'il y a lieu, à ceux des enroulements de compensation.

Soit :

$$ni = AT_c - AT_i \tag{33}$$

Il peut arriver, au moment des premiers essais d'une dynamo, que le flux donné par les pôles de commutation soit trop grand ; la dynamo crache par surcommutation, et l'on observe sur la courbe de réglage une différence de potentiel trop grande à la sortie du balai. Il faut donc diminuer la valeur de  $ni$ .

Or, il est impossible, à moins de changer l'induit, de changer sa réaction  $AT_i$  ; au contraire, il est assez facile de régler  $AT_c$  à une juste valeur, en dérivant dans un shunt une partie du courant principal.

Appelons  $R$  la résistance des pôles de commutation et des enroulements de compensation qui sont en série fig. 21.

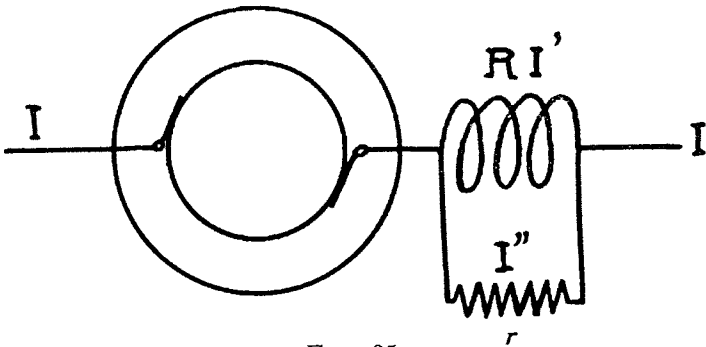


FIG. 25:

Soit  $I$  le courant débité par la dynamo.

Normalement, tout le courant  $I$  passe dans les enroulements de commutation et les ampères-tours  $AT_c$  sont proportionnels à  $I$ .

Quand on place en dérivation une résistance  $r$ , on obtient :

$$I'' = \frac{R}{R+r} I \quad \text{et} \quad I' = \frac{r}{R+r} I \tag{34}$$

On peut écrire :

$$I'' = \frac{aI}{100}$$

et l'on dit que les pôles de commutation sont shuntés de  $a\%$ .

Cherchons la répercussion de ce shuntage sur la valeur de  $ni$  :

$$ni = AT_c \frac{(100 - a)}{100} - AT_i \tag{35}$$

En écrivant, comme on le fait souvent,

$$AT_c = k AT_i$$

on obtient :

$$ni = AT_i \left( k \frac{(100 - a)}{100} - 1 \right) \tag{3}$$

En admettant que l'on ait :  $k = 1,6$  :

$$ni = AT_i \left( 1,6 \frac{(100 - a)}{100} - 1 \right)$$

Par exemple, pour la dynamo sans shunt, on aurait :

$$ni = 0,6 AT_i$$

tandis qu'avec un shunt de 1 % on obtiendrait :

$$ni' = AT_i \left( 1,6 \frac{99}{100} - 1 \right) = 0,584 AT_i$$

$$ni - ni' = AT_i (0,6 - 0,584) = 0,016 AT_i$$

Soit 2,7 % de la valeur primitive de  $ni$ .

Un shunt a donc une influence très importante sur le flu de commutation.

A titre d'exemple, nous donnons quelques courbes de commutation relevées pour diverses valeurs du shunt de réglage la charge restant constante (fig. 22).

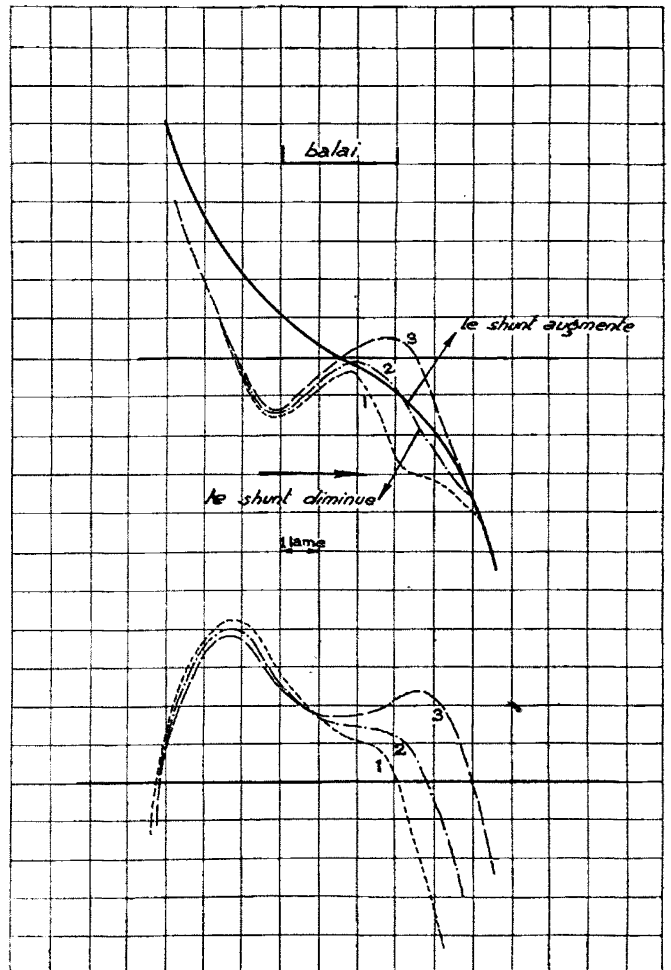


FIG. 22. — Effet d'un shunt sur les courbes de commutation.

### b) Entrefer des pôles de commutation.

Le shuntage des pôles de commutation présente quelquefois de sérieux inconvénients lorsque la valeur du shunt est trop grande et que les variations de charge sont très brusques. Il se produit, en effet, pendant ces périodes troublées, une mauvaise répartition du courant entre les pôles de commutation, dont l'impédance est assez importante, et le shunt, dont la self est généralement très faible. Nous n'exposerons pas ici les artifices auxquels on recourt pour vaincre cet effet ; nous nous bornerons à dire qu'il est alors nécessaire de supprimer la plus grande partie du shunt et de régler la commutation par l'entrefer des pôles auxiliaires.

Le flux émanant de ces pôles est inversement proportionnel à la réluctance qu'il rencontre dans son circuit ; il est donc possible de modifier sa valeur en faisant varier la réluctance.

Cette réluctance comprend plusieurs parties :

- 1° Réluctance de la culasse ;
- 2° — de l'entrefer entre la culasse et la base du pôle  $\varepsilon_2$  ;
- 3° — du pôle lui-même ;
- 4° — de l'entrefer entre le pôle et l'induit  $\varepsilon_1$  ;
- 5° — de l'induit.

L'étude exacte de l'action des entrefers  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  est un cas

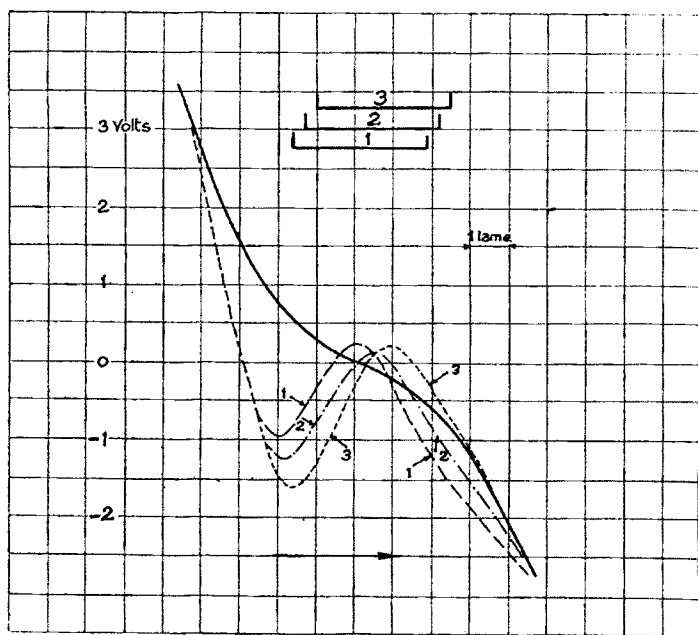


FIG. 23.

d'espèce, car il faut connaître la forme géométrique des diverses parties intéressées, ainsi que les caractéristiques des matériaux qui les composent.

En général, on peut dire que, pour de faibles variations de l'entrefer,  $\varepsilon_1$ , et pour toute variation de  $\varepsilon_2$ , la déformation produite sur les courbes est analogue à celle produite par un shunt équivalent.

### c) DÉCALAGE DES BALAIS

On comprend que le calage des balais puisse avoir une certaine influence sur la commutation des génératrices à courant continu, puisque, suivant sa position, on utilise une région différente du flux des pôles auxiliaires.

Pratiquement, dans les dynamos, de grosse puissance on ne s'éloigne pas beaucoup du calage sur la ligne neutre.

Pour déterminer ce calage, on peut utiliser soit la méthode de Picou, soit le relevé des courbes de commutation à vide.

La théorie que nous avons exposée permet, en tout cas, de prévoir la déformation produite par un changement de calage des balais.

Enfin, à titre d'exemple, nous donnons, ci-joint, quelques courbes de commutation relevées pour différents calages avec une charge constante.

### Réglage par le temps T

*Largeur des charbons.* — La largeur des charbons détermine le temps de commutation T, elle constitue, par conséquent, un moyen de réglage très efficace. Une largeur trop faible entraîne, évidemment, une mauvaise utilisation du flux des pôles auxiliaires et risque de causer une sous-commutation. Au contraire, une largeur trop importante augmente considérablement les courants de court-circuit et cause un échauffement exagéré du collecteur et des charbons. Il faut donc que le constructeur étudie, dans chaque cas, la largeur optimum donnant le minimum de pertes au collecteur et une marche sans étincelles.

Nous souhaitons que cette étude puisse rendre quelques services aux praticiens en leur donnant sur la commutation des idées un peu moins abstraites que celles qu'ils peuvent trouver dans les traités spéciaux.

Nous souhaitons également qu'elle permette aux exploitants de se rendre compte des difficultés que rencontrent les constructeurs dans la réalisation de génératrices et de moteurs toujours plus puissants, d'un fonctionnement irréprochable.

Nous n'avons d'ailleurs étudié dans cet article que ce qui se rapporte aux dynamos à pas diamétral. Les actions électromagnétiques dans les dynamos ayant un bobinage différent sont bien plus complexes et nous nous excusons de ne pouvoir les traiter dans cet article.