**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes

**Band:** 13 (1887)

**Heft:** 1

**Artikel:** Contribution à l'étude du magnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques

**Autor:** Chavannes, Roger

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-13716

du canton de Vaud. M. Legler se mit à l'œuvre et ainsi fut étudié le projet actuellement en cours d'exécution, basé sur l'emploi en basses eaux de $120^{m3}$ d'eau à la seconde sous une chute allant jusqu'à $3^{m}700$.

Les principales différences qui existent entre le projet actuellement en exécution et celui de M. Ritter sont :

1° Emploi d'un des bras comme bras industriel et de l'autre comme émissaire du lac.

2° Utilisation de toute la chute disponible qui peut aller jusqu'à $3^{m}700$, au lieu de 2 m. comptés par M. Ritter.

3° Transmission de la force par eau sous pression au lieu des câbles prévus par M. Ritter.

4° Division de la construction en plusieurs périodes, de façon à échelonner la dépense et à établir les installations au fur et à mesure des besoins de force motrice.

5° Séparation complète des constructions nécessaires aux forces motrices et de celles nécessaires pour obtenir la régularisation du niveau du lac.

**Projet actuellement en exécution.**

Ce projet consiste à prendre un des bras (gauche) comme canal industriel, à supprimer le barrage en tête de ce bras et à prolonger la séparation des bras jusqu'au bâtiment des turbines en face de la place des Volontaires. Sur le prolongement de l'Ile, soit digue séparative, on intercale un vannage de 36 m. de largeur, permettant d'écouler dans le bras droit l'eau non utilisée par les turbines. Les moteurs situés sur rive gauche sont supprimés et le lit du Rhône est dragué depuis le bâtiment des turbines jusqu'à la Jonction.

Le bras droit est réservé comme émissaire direct du lac, en sorte qu'il fonctionne indépendamment du bras gauche.

La chute ainsi obtenue varie de $1^{m}700$ à $3^{m}700$ et la quantité d'eau minima à considérer sera $120^{m3}$ par seconde en basses eaux, grâce à la capacité de retenue du lac, qui fonctionnera en basses eaux comme réservoir régulateur.

Le bras droit est en entier réservé à la régularisation du lac: d'après le projet de régularisation soumis aux Etats, il sera muni à l'amont d'un barrage à rideaux qui permet à volonté de barrer ou de débarrer avec une grande facilité. Les cotes du lac prévues sont :

| | | |
|---|---|---|
| Basses eaux . . . | $1^{m}900$ | sous P. N. |
| Hautes eaux . . . | $1^{m}300$ | » |

Les roues situées sur la rive droite seront enlevées et le bras droit régularisé à une cote de fond suffisante pour permettre en tout temps un écoulement de $700^{m3}$ par seconde avec le bras gauche. Il est admis que les apports de plus de $700^{m3}$ sont très rares et très courts et qu'en conséquence ils peuvent être retenus dans le lac.

La première période consiste à obtenir une force brute de 1800 chevaux ; pour cela on régularise le bras gauche jusqu'au bâtiment des turbines, on construit la digue séparative et le bâtiment pour 6 turbines ainsi que les fondations du bâtiment pour les 14 autres turbines. On construit les vannes de décharge entre le bras gauche et le bras droit ; on supprime les roues de rive gauche et régularise le lit aval du Rhône jusqu'à l'aval de l'usine à gaz.

| | | |
|---|---|---|
| Coût de la première période . | Fr. | 2 000 000 |
| Egouts . . . . . . . . | » | 288 600 |

Dans cette période, la chute motrice est réduite en hautes eaux à $1^{m}200$, ce qui nécessite pour le bras gauche un débit de $150^{m3}$ en hautes eaux.

La seconde période consiste à terminer le bâtiment des turbines et les dragages jusqu'à la Jonction ; on obtient ainsi une chute variant de $1^{m}700$ à $3^{m}700$ et une force brute minima de 6000 chevaux.

Dépenses : 1 635 000 francs.

Dépense totale, avec la partie des égouts afférente à ces travaux : 4 000 000 francs. *(A suivre.)*

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

# DU MAGNÉTISME ET DE LA CONSTRUCTION

## DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

par Roger Chavannes, ing.

Seconde Partie

(Avec planche.)

APPLICATIONS

### Comparaison du magnétisme d'une série dynamo et d'une shunt dynamo de carcasses identiques.

Nous avons vu que, pour la série dynamo, le magnétisme a pour expression :

$$\mu = \frac{1}{\beta}\left(\alpha - \frac{\Sigma\,R}{v}\,\frac{2}{Y\,b\,f\,L}\right)$$

et pour la shunt dynamo :

$$\mu = \frac{1}{\beta}\left[\alpha - \frac{2}{z\,b\,f\,L}\,\frac{r_d}{v}\,\frac{1}{1-\frac{R}{\Sigma\,R}}\right]$$

équations qui peuvent se ramener à la forme :

$$\mu = A_1 + A_2\,\frac{A_3+\rho}{v}$$

$$\mu = B_1 - B_2\,\frac{B_3+\frac{R}{\rho}}{v}$$

On voit mieux sous cette forme que les variations de la résistance extérieure $\rho$ se traduisent par une variation plus forte du magnétisme dans le cas de la série dynamo que pour la shunt dynamo.

Pour étudier la courbe $\mu = \varphi(\rho)$, nous allons étudier un exemple particulier qui rendra les faits plus tangibles.

**Problème.** — Etant donnée une série dynamo la transformer en shunt dynamo de façon à ce que le magnétisme soit le même pour l'intensité normale du courant à la vitesse normale.

Supposons une machine du genre Gramme, type atelier, dont les données soient les suivantes :

$\frac{b\,f\,L}{2} = 5300$ cm $\qquad R = 0{,}75$ ohm

$Y = 960$ » $\qquad r_s = 0{,}45$ »

Chacun des 4 électros présente les dimensions suivantes :

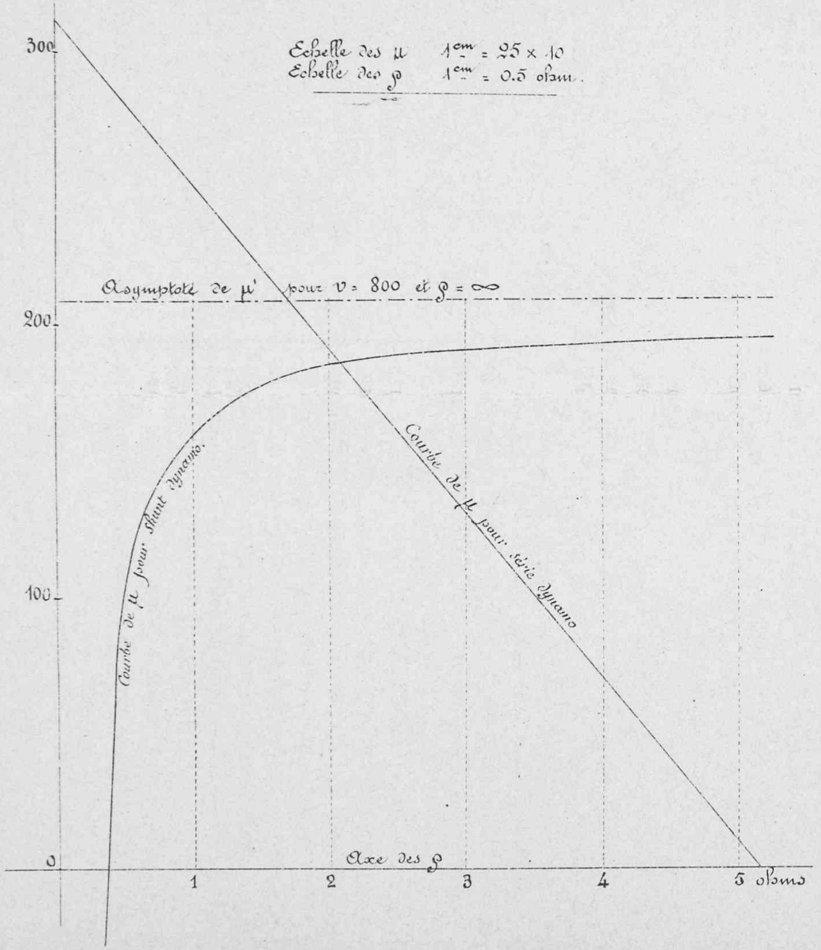
| | | |
|---|---|---|
| longueur recouverte de fil | $l_1 = 15{,}3$ | cm |
| diamètre intérieur | $d_1 = 7{,}5$ | » |
| diamètre extérieur (avec fil) | $d_2 = 12{,}05$ | » |

Une série d'expériences nous permettra de calculer $\alpha$ et $\beta$. Supposons qu'on ait trouvé :

# Étude des machines dynamo-électriques par Roger Chavannes ingr.

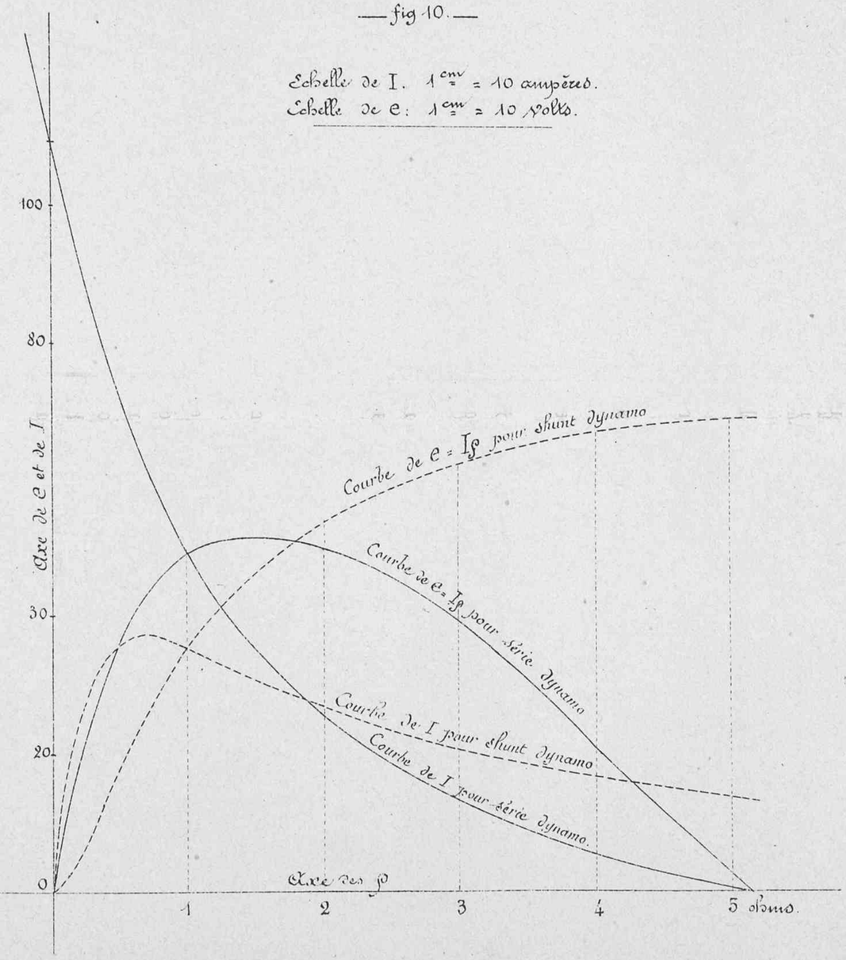
Courbes du Magnétisme.

— fig 9. —




Courbes de I et de e

— fig 10. —



Seite / page

leer / vide / blank

| | | | |
|---|---|---|---|
| $v =$ | 800 | cm | 900 |
| nombre de tours | 900 | | 1020 |
| $I =$ | 25 | ampères | 14 |
| $E =$ | 80 | volts | 64,4 |
| $e =$ | 50 | » | 47,6 |
| $\Sigma R =$ | 3,2 ohms | | 4,6 |
| $\rho =$ | 2 | » | 3,4 |

Nous poserons d'après l'éq. (6)

$$25 = \frac{1}{\beta}\left(\alpha \times 5300 \frac{800}{3,2} - \frac{1}{960}\right)$$

$$14 = \frac{1}{\beta}\left(\alpha \times 5300 \frac{900}{4,6} - \frac{1}{960}\right)$$

ce qui donne

$$\alpha = 156 \times 10^{-11}$$

$$\beta = 406 \times 10^{-7}$$

$$\frac{\alpha}{\beta} = 384 \times 10^{-7}$$

Ainsi la *limite théorique* de $\mu$ est égale à $384 \times 10^{-7}$ ou à 3840 unités.

Nous admettrons pour le fonctionnement normal

$$v = 800 \text{ cm} \quad I = 25 \text{ ampères.}$$

L'équation du magnétisme est donc

$$\mu = 384 \times 10^{-7} - \frac{1,2 + \rho}{800} \frac{1}{206}$$

Le magnétisme moyen normal est la valeur de $\mu$ pour $\rho = 2$ qui correspond à $I = 25$, soit tous calculs faits :

$$\Big[\mu\Big]_{\rho=2} = 190 \times 10^{-7}$$

ou 1900 unités.

Dans la fig. 9 nous prendrons comme échelle des $\mu$ : 1 cm $= 25 \times 10^{-7}$ et pour celle des $\rho$ : 1 cm $=$ 0,5 ohm.

L'équation étant de la forme

$$y = a + b\,x$$

est celle d'une droite.

$$\text{Pour } \rho = 0 \qquad \mu = 311 \times 10^{-7}$$

$$\mu = 0 \qquad \rho = 5,14 \text{ ohms.}$$

On ne pourrait donc atteindre la limite théorique de $\mu$, à la vitesse de 800 cm (900 tours), que pour une valeur négative et impossible de $\rho$.

Puisque $\mu = 0$ pour $\rho = 5,14$ ohms, c'est que pour cette résistance la machine est désamorcée à la vitesse de 900 tours.

**Transformation en shunt dynamo.** — Pour transformer les électros en série en électros en dérivation, il nous faut connaître les nouvelles valeurs de $\alpha$, $\beta$ et Z.

Comme la comparaison des éq. (11) et (19) le montre, on voit que la limite théorique de $\mu$ reste la même dans les deux cas, et égale au rapport $\frac{\alpha}{\beta}$.

D'autre part, puisque nous posons par hypothèse $\mu = \mu'$ il s'en suivra $E = E'$, en donnant des accents aux valeurs se rapportant à la machine excitée en dérivation. La comparaison des équations

$$\mu = \frac{\alpha\, Y\, I}{1 + \beta\, Y\, I} \quad \text{et} \quad \mu' = \frac{\alpha'\, Z\, i}{1' + \beta' Z i}$$

nous donnera donc

$$\frac{Y\,I}{Z\,i} = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\beta'}{\beta} \tag{38}$$

Mais nous savons que pour un même électro enroulé de deux façons, si les magnétismes sont égaux, c'est que les ampères-tours du circuits inducteurs sont égaux ; donc on a

$$Y\,I = Z\,i$$

$$\text{et} \qquad \alpha' = \alpha \qquad \beta' = \beta$$

Nous aurons donc la série d'égalités :

$$E = E' \qquad I + i = I$$

$$\mu' = \mu$$

$$\alpha' = \alpha \qquad \beta' = \beta$$

$$\Sigma R = \Sigma R'$$

et comme l'anneau n'a pas changé, $R = R'$, d'où

$$\frac{1}{\frac{1}{\rho'} + \frac{1}{r_d}} = \rho + r_s \tag{39}$$

ce qui, pour $I = 25$ ou $\rho = 2$ donne

$$\frac{1}{\frac{1}{\rho'} + \frac{1}{r_d}} = 2,45$$

Nous aurons comme seconde équation de condition

$$Z\,i = Y\,I = 25 \times 960 = 24\,000$$

équations qui ne peuvent déterminer les inconnues

$$Z,\ i,\ \rho' \text{ et } r_d$$

Une troisième équation sera :

$$i = \frac{E - I\,R}{\rho} \tag{40}$$

mais nous devrons adopter une hypothèse pour déterminer les quatre inconnues, et trouver $r_d$.

Les différentes hypothèses qu'on peut faire rentrent toutes dans l'une des deux suivantes :

*a*) Le rendement électrique de la machine ne doit pas être changé ;

*b*) Le rendement électrique doit être modifié dans un rapport déterminé.

Ce rendement est défini par le rapport :

$$\frac{\rho\, I^2}{(I + i)^2\, \Sigma R} = \frac{\text{travail utile}}{\text{travail total}}$$

### *A*) Première hypothèse

### Rendement conservé.

Comme l'énergie totale reste la même d'après ce que nous avons posé, et que le travail absorbé par l'anneau n'a pas changé, on a

$$i^2\, r_d = I^2\, r_s$$

$$\frac{r_d}{r_s} = \frac{I^2}{i^2} \tag{41}$$

$$I^2\, r_s = 25^2 \times 0,45 = 282 \text{ watts}$$

La différence de potentiel aux balais est déterminée par l'équation :

$$e' = E - (I' + i)\, R = 80 - 25 \times 0,75 = 61,25 \text{ volts}$$

et nous en déduirons

$$i = \frac{I^2\, r_s}{e'} = \frac{282}{61,25} = 4,6 \text{ ampères}$$

$$r_d = \frac{e'}{i} = \frac{61,25}{4,6} = 13,3 \text{ ohms}$$

$$\rho = \frac{e'}{I - e'} = \frac{61,25}{20,4} = 3 \text{ »}$$

On peut vérifier qu'on a bien

$$\frac{1}{\frac{1}{\rho'}+\frac{1}{r_d}} = \frac{13,3 \times 3}{13,3+3} = 2,45$$

L'équation $Z\,i = \mathrm{Y}\,\mathrm{I}$ nous donnera

$$Z = 960 \times \frac{25}{4,6} = 5220$$

et finalement, l'équation de $\mu'$ deviendra :

$$\mu' = \frac{10^5}{4,06}\left[156\times 10^{-11} - \frac{13,3}{5220\times 5300\times 800}\left(1+\frac{0,75}{13,3}+\frac{0,75}{\rho'}\right)\right]$$

et l'on peut vérifier que pour $\rho = 3$ on a

$$\mu' = 1900 \text{ unités.}$$

L'équation de $\mu$ donne la courbe de la fig. 9. Cette courbe est asymptotique, et on peut tirer de sa comparaison avec la courbe du magnétisme d'une série dynamo des conclusions qui peuvent se résumer comme suit :

| Valeur de $\rho$ | Série dynamo | Shunt dynamo |
|---|---|---|
| $\rho = 0$ | $\mu >$ moyenne normale | $\mu' = 0$ |
| $\rho = 2, \rho' = 3$ | même valeur par hypothèse | |
| $\rho = \infty$ | $\mu = 0$ | $\mu' >$ moy. norm. |

La fig. 10 donne quatre courbes intéressantes se rapportant au cas précédent.

Ce sont :

1° La courbe de $\mathrm{I} = \varphi(\rho)$ pour la série dynamo, courbe asymptotique à une parallèle à l'axe des I et située à une distance $-\mathrm{R} = -1,2$ de l'origine ;

2° La courbe de $e = \mathrm{I}\,\rho$ pour la même machine. On voit que la différence de potentiel aux bornes ne présente une certaine constante qu'entre $\rho = 1$ et $\rho = 2$ ;

3° La courbe de $\mathrm{I}' = \varphi(\rho')$ pour la shunt dynamo. Le maximum étant de 38 ampères l'anneau pourra chauffer dangereusement.

4° La courbe de $e' = \mathrm{I}'\,\rho$, courbe asymptotique à une parallèle à l'axe des $\rho$. On remarquera que cette courbe ayant pour équation

$$e = \mu' \times 10^6 \times 4,24 \frac{1}{1,056+\frac{0,75}{\rho}}$$

est de la forme

$$x = \frac{\mathrm{A}_1\,y}{1+\mathrm{A}_2\,y}$$

soit de la même forme que celle du magnétisme d'un électro en fonction du courant qui le crée.

### *B)* Seconde hypothèse

### Rendement modifié.

Nous venons de déterminer les éléments de l'électro en dérivation en posant $\frac{r_d}{r_s}$ tel que le rendement électrique ne fût pas modifié pour les valeurs de $v = 800$ cm et $\mathrm{I} = \mathrm{I}' + i = 25$.

Supposons que nous voulions augmenter ce rendement de 10 %.

Il était :

$$\frac{\rho}{\Sigma\,\mathrm{R}} = \frac{2}{3,2} = 0,62$$

Nous le poserons donc égal à 0,72.

La différence de potentiel aux balais n'en sera pas changée, elle restera donc égale à 61,25 volts.

Nous devrons donc poser

$$\text{travail extérieur} = \frac{e'^2}{\rho'} = 0,72 \text{ du travail total.}$$

Ce travail total est

80 volts × 25 ampères = 2000 watts.

$$\rho' = \frac{e'^2}{0,72 \times 2000} = 2,6 \qquad (42)$$

Cette valeur de $\rho'$ portée dans l'équation

$$\frac{1}{\frac{1}{r_d}+\frac{1}{\rho'}} = 2,45 \quad \text{donnera}$$

$$r_d = 42,4 \text{ ohms}$$

et nous aurons successivement

$$i = \frac{e'}{r_d} = 1,44 \text{ ampère}$$

$$z = \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{I}}{i} = 16\,700$$

Nous pourrions construire à nouveau les courbes de $\mu'$, I' et $e'$ en fonction de $\rho$. Nous verrions que les courbes tendent à se redresser, et $e$ subit des variations moins fortes entre les limites du fonctionnement, ce qui prouve qu'en améliorant le rendement de la machine on améliore également la constante de la différence de potentiel disponible.

## Calcul du diamètre du fil des électros.

En prenant toujours l'exemple précédent, nous voulons calculer le diamètre du fil conducteur des électros en dérivation ; d'abord dans l'une des hypothèses qui a donné :

$$\left.\begin{array}{l} r_d = 42,4 \text{ ohms} \\ \mathrm{Z} = 16700 \\ i = 1,44 \text{ ampère} \end{array}\right\} \text{Rendement modifié.}$$

puis dans l'autre :

$$\left.\begin{array}{l} r_d = 13,3 \text{ ohms} \\ \mathrm{Z} = 5300 \\ i = 4,6 \text{ ampère} \end{array}\right\} \text{Rendement conservé.}$$

Le **problème** se présente sous la forme suivante :

*Construire un électro sur une carcasse donnée de telle sorte que le fil enroulé ait un nombre de spires déterminé et une résistance déterminée.*

Soient :

- $l$ la longueur du noyau
- $d_1$ le diamètre »
- $d_2$ » de l'électro recouvert
- $x$ la longueur moyenne d'une spire
- $\delta + 0,3$ le diamètre du fil recouvert
- A la résistance d'un fil de cuivre de 1 mm de diamètre et de 1 mm de longueur.

Le nombre de mètres par ohm du fil à enrouler est égal à

$$\frac{\mathrm{Z}\,x}{r}$$

D'autre part cette longueur est égale à

$$\frac{\delta^2}{\mathrm{A}}$$

d'où

$$x = \frac{\delta^2\,r}{\mathrm{A}\,\mathrm{Z}} \qquad (42)$$

Soient $y$ le nombre de spires selon le diamètre

$z$ » » » la longueur de l'électro.

$$Z = z\,y \qquad z = \frac{l}{\delta + 0{,}3}$$

La longueur moyenne d'une spire devient

$$x = \pi\, d_1 + \pi \frac{Z}{z}(\delta + 0{,}3) \tag{43}$$

et par comparaison avec la valeur précédente de $x$ :

$$\pi\, d_1 + \pi \frac{Z}{l}(\delta + 0{,}3)^2 = \frac{\delta^2 r}{A\,Z} \tag{44}$$

Soit $B = A\, Z^2 \pi$, on aura

$$\delta^2 (B - \gamma\, l) + 0{,}6\, B\, \delta + 0{,}9\, B + \frac{B}{Z}\, l\, d_1 = 0 \tag{45}$$

Cette équation du second degré qui détermine $\delta$ n'est pas commode à résoudre. Les chiffres sont grands et l'erreur facile. Le plus souvent une des valeurs de $\delta$ est négative, l'autre seule physiquement réelle est positive. En outre le commerce ne fournit que des fils de diamètres déterminés; on est donc forcé de prendre un diamètre de fil usuel et voisin du diamètre calculé, et de procéder à une vérification. Cette vérification est si aisée qu'il est plus simple de calculer par cette voie que de résoudre l'équation du second degré.

Cette vérification se fait comme suit :

On calculera successivement

$$z = \frac{l}{\delta + 0{,}3} \qquad y = \frac{Z}{z}$$

$$d_2 = d_1 + 2\, y\, (\delta + 0{,}3)$$

$$x = \frac{d_2 + d_1}{2}\, \pi$$

$$Z\, x = Z\, \frac{d_2 + d_1}{2}\, \pi$$

et l'on vérifie qu'on a bien :

$$Z\, x = \frac{\delta^2}{A}\, r$$

## Application.

Reprenons l'exemple vu précédemment, dans l'hypothèse du rendement conservé.

On trouvera pour un fil de 2 mm nu et $d_1 = 75$ mm.

$$z = \frac{612}{2{,}3} = 267 \text{ spires}$$

$$y = \frac{5220}{267} = 19{,}6 \text{ spires}$$

$$\begin{aligned} d_2\, \mathrm{m} &= 165 \text{ mm.} \\ x &= 377 \text{ »} \\ Z\, x &= 1{,}97 \text{ kilomètres.} \end{aligned}$$

Un conducteur de cuivre de 2 mm a par kilomètre une résistance de

$$\frac{21}{\delta^2} = 5{,}25 \text{ ohms.}$$

$$r_d = 1{,}97 \times 5{,}25 = 10{,}3 \text{ ohms.}$$

On devrait trouver 13,3. Le fil est donc choisi trop gros. Prenant :

$$\delta = 1{,}8 \text{ on trouve} \qquad r_d = 12 \text{ ohms}$$
$$\delta = 1{,}6 \quad \text{»} \qquad r_d = 18 \quad \text{»}$$

Le calcul direct par l'équation du second degré donne :

$$\delta = 1{,}74$$

mais le commerce ne fournit que du 1,8. On sera donc forcé de s'en contenter, et de rectifier si l'on veut par quelques tours en plus du Z admis ou par une qualité de cuivre telle que **1,97 km.** ait une résistance de 13,3 ohms.

La densité du courant sera :

$$\frac{4{,}6 \times 4}{\pi \times 1{,}8} = 1{,}82 \text{ ampère par mm}^2.$$

**Second exemple.** — Reprenons le cas de rendement modifié. En prenant pour $z$, $l$, $r_d$, les valeurs trouvées et $d_1 = 75$ mm, on trouve :

$$\delta = 2{,}55$$

par l'équation du second degré.

Le diamètre le plus voisin que fournit le commerce est le fil de 2,4. Calculons donc avec ce diamètre :

$$z = \frac{612}{2{,}7} = 226$$

$$y = \frac{16\,700}{226} = 73$$

$$d_2 = 75 + 2{,}7 \times 73 \times 2 = 470$$

$$x = \frac{75 + 470}{2}\, \pi = 854$$

$$Z\, x = 1\ 430\ 000 \text{ mm}$$

ce qui donne

$$r_d = 52 \text{ ohms.}$$

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que ces résultats sont pratiquement *absurdes*. On ne fera jamais un électro ayant un noyau de 75 mm de diamètre et un diamètre extérieur de 470 mm. Ce serait une monstruosité électrique.

Resterait la ressource de faire l'électro très long, comme dans les premiers types d'Edison. Mais dans le cas particulier toutes les hypothèses faites seraient modifiées, puisque $\alpha$ et $\beta$ ne seraient pas à priori les mêmes.

La conclusion de cet exemple est qu'on ne pourra pas modifier pratiquement le rendement de la machine donnée en l'augmentant de 10 % par une résistance appropriée du circuit inducteur dérivé, et dans les conditions données.

**Problème.** — *Etant donnée une machine enroulée en série, déterminer les équations de fonctionnement dans le cas d'un circuit en dérivation quelconque.*

Prenons toujours la même machine et conservons la même forme aux électros ($d_1 = 75$ mm ; $d_2 = 120{,}5$ mm).

Soit le fil des électros choisi d'un diamètre de 1,5 mm, avec une résistance kilométrique de 9,3 ohms.

On aura :

$$y = \frac{120{,}5 - 75}{2 \times 1{,}8} = 12{,}5$$

Supposons que les couches étant serrées on en puisse compter 13, d'autant plus que $y$ ne peut guère être fractionnaire dans un électro soigné :

$$z = \frac{612}{1{,}8} = 340$$

$$Z = z\, y = 4400 \text{ spires}$$

$$x = \frac{75 + 120{,}5}{2}\, \pi = 307 \text{ mm.}$$

ce qui donne

$$r_d = 12{,}5 \text{ ohms}$$

et nous permet de poser :

$$\mu = \frac{1}{\beta}\left[\alpha - \frac{r_d}{Z}\, \frac{2}{6\, f\, L}\, \frac{1}{v}\left(1 + \frac{R}{r_d} + \frac{R}{\rho}\right)\right]$$

comme précédemment.

Nous pourrons donc calculer les éléments du fonctionnement pour toute valeur de $\rho$.

Supposons par exemple $\rho = 2{,}7$ qui donne à $\Sigma$ R la même valeur choisie précédemment comme correspondant dans la série dynamo donnée à I = 25, etc.

Soit $v$ = 800 cm, on trouvera

$$\begin{aligned} \mu &= 1640 \times 10^{-8} \\ E &= 69{,}5 \text{ volts} \\ e &= 53{,}2 \quad \text{»} \\ \Sigma R &= 3{,}2 \text{ ohms} \\ I + i &= 21{,}7 \text{ ampères} \\ i &= 4{,}28 \quad \text{»} \end{aligned}$$

Il serait facile de multiplier les exemples. Nous proposerons au lecteur le suivant :

Faisant $\delta = 1{,}3$ (fil nu) ou 1,6 (recouvert) chercher $i$ pour $\rho = \infty$. Il trouvera $r_d = 20{,}6$ ohms, Z = 5300 et $i = 2{,}99$ toujours pour $v$ = 800 cm.

## Calcul des anneaux Gramme et similaires.

### A. La forme de l'anneau est indéterminée.

Supposant que nous connaissions le magnétisme moyen (constante caractéristique) de la machine à créer, nous voulons déterminer les éléments principaux de l'anneau.

La longueur totale du fil actif d'un demi-anneau est, d'après nos conventions :

$$L \frac{b f}{2}$$

la machine ayant deux pôles ; et nous avons eu :

$$\mu = E \frac{2}{v\, b\, f\, L}$$

$$b\, f\, L = \frac{2\, E}{\mu\, v}$$

Il suffira donc de choisir $b$, $f$ et L de telle façon qu'ils satisfassent à cette équation et que la forme de l'anneau soit convenable.

On se donnera d'abord la distance B, qui ne doit pas dépasser 10 à 12 mm. (Dans les dynamos de M. Deprez, à Creil, cette distance était de 45 mm.)

Soit $h$ le nombre de couches comptées suivant le rayon. On posera :

(46) $$h\,(\delta + 0{,}3) = B$$

l'épaisseur de l'isolant étant 0,3 mm.

Soit encore $k$ le nombre de rangées comptées selon la circonférence

$$b\, f = h\, k$$

On choisira $k$ d'après le nombre de tours qu'on veut donner à la machine

(47) $$n = \frac{60\, v}{\pi \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right)}$$

Voir fig. (4). Mais :

$$k\,(\delta + 0{,}3) = \pi \frac{d_1 + d_2}{2}$$

d'où

(48) $$n = \frac{60\, v}{k\,(\delta + 0{,}3)}$$

(49) $$k = \frac{60\, v}{n\,(\delta + 0{,}3)}$$

On peut déterminer $\delta$ soit par la considération de l'échauffement de l'anneau, soit par celle du rendement électrique imposé.

Par l'échauffement $\delta$ se détermine par des règles pratiques. Chacun a les siennes. Nous employons les suivantes qui nous ont donné jusqu'ici de bons résultats :

Pour $I < 10$ ampères

(50) $$\delta = 0{,}5 \sqrt{\frac{I}{2}}$$

Pour $I > 10$ ampères

(51) $$\delta = 0{,}6 + \frac{I}{20}$$

I est ici le courant total ; par conséquent celui qui circule dans le fil d'un anneau à deux pôles est $\frac{I}{2}$.

On prendra $v$ entre 1000 et 1500 cm.

Finalement on déduira L des quantités précédentes. Si cette longueur L donne un anneau disproportionné, c'est que $n$ est mal choisi. Il faut que L soit voisin de $\frac{d_2}{2}$. On pourrait, du reste, introduire la condition $L = \frac{d_2}{2}$ si l'on tient à cette condition.

Si l'on veut déterminer $\delta$ par le rendement électrique, le calcul se complique un peu.

On déterminera $\delta$ par les règles précédentes, on calculera R, en se souvenant que l'erreur atteint facilement 15 % en moins, et on vérifiera que, en appelant D le tant pour cent d'énergie perdue dans l'anneau,

$$R \underline{\underline{<}} D\, \Sigma R$$

Ici D est égal à $\frac{R}{\Sigma R}$

Si la résistance trouvée est supérieure, on choisira un nouveau diamètre de fil plus fort, et on calculera à nouveau.

Si la résistance trouvée est inférieure le rendement sera amélioré, ce qui n'est pas un mal ; mais le fait se traduit par un prix de revient plus élevé de la machine. *(A suivre.)*

## SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

*Assemblée générale du 27 novembre 1886 à 4 heures du soir à l'hôtel Beau-Site.*

Soixante-cinq membres présents.

L'assemblée décide de faire paraître le bulletin en 1887 comme en 1886.

M. le président Gonin communique deux exemplaires d'un rapport publié par M. Legler, ingénieur de la Linth, sur l'entreprise de la correction de cette rivière dès 1862 à 1885. Le comité exprime à M. Legler sa reconnaissance pour son envoi et donnera une analyse de cette brochure dans l'un des prochains bulletins.

La société décide aussi de signer une pétition adressée au conseil des Etats, pour recommander à ce corps d'adopter la proposition de M. Bühler, proposition tendant à accorder la protection légale aux dessins et modèles susceptibles d'être exploités industriellement. Cette pétition nous avait été communiquée par M. Stephani, président de la chambre de commerce de Genève.

M. l'ingénieur Chappuis fait ensuite un très intéressant et savant exposé des travaux exécutés et en cours d'exécution à Genève pour l'utilisation de la force motrice du Rhône et la régularisation du niveau du lac Léman.

Ce beau travail sera publié dans notre bulletin.

M. le président Gonin se fait l'organe de l'assemblée en présentant à M. Chappuis les remerciements de tous et en relevant le fait que c'est grâce à l'activité, à l'énergie et à la science de M. Chappuis qu'on a pu mener à bon port, en un laps de temps relativement très court, les travaux importants dont il a été question.

*Le secrétaire,* H. Verrey.

LAUSANNE — IMP. GEORGES BRIDEL