

D'où :

$$Q = \int_0^H \frac{S}{A} V dz \quad (13)$$

Lorsque l'on peut opérer sur une portion rectiligne d'un cours d'eau tranquille, et à écoulement régulier, la courbe funiculaire reste sensiblement la même pour les diverses nappes horizontales. La coïncidence est parfaite, surtout si l'on a pu au préalable rectifier le lit et les rives dans la région d'essai. Dans ce cas, le rapport $\frac{S}{A}$ reste constant pour toutes les nappes, et l'on peut écrire :

$$Q = \frac{S}{A} \int_0^H V dz, \quad (14)$$

ou encore :

$$Q = H \frac{S}{A} \times \frac{1}{H} \int_0^H V dz.$$

Mais l'expression $\frac{1}{H} \int_0^H V dz$ n'est autre que la moyenne V_m des vitesses maxima dans les différentes nappes, de sorte que le débit Q est finalement donné par l'expression :

$$Q = H \frac{S}{A} V_m \quad (15)$$

Une expérience simple permet d'ailleurs de déterminer directement la vitesse maxima moyenne V_m .

Pour mesurer V_m , on abandonne dans la zone la plus rapide du courant, un flotteur cylindrique de diamètre extérieur aussi uniforme que possible. Ce sera, par exemple, un bâton à parois lisses ou un tube creux. L'une des extrémités sera lestée d'un poids convenable de manière qu'elle puisse atteindre le fond de la rivière, mais sans le toucher toutefois. L'extrémité supérieure doit à peine émerger au-dessus de la surface libre, de façon à ne pas donner prise à la résistance de l'air ou au vent.

Le flotteur est entraîné à la dérive et, dès qu'il est en vitesse uniforme, il présente dans le sens du courant une inclinaison constante. Il est alors sollicité sous la même incidence par les filets liquides qui l'entraînent.

Il est d'usage d'en conclure que ces filets actifs communiquent au flotteur une vitesse égale à la moyenne de leurs vitesses propres, et, conséquemment, un peu supérieure à la vitesse moyenne de la zone. Car le flotteur ne pouvant atteindre exactement le fond de la rivière, les nappes inférieures du courant, c'est-à-dire les moins rapides, ne contribuent pas à son entraînement.

Ce raisonnement est en réalité paradoxal.

Imaginons un flotteur idéal occupant toute la hauteur de l'eau. Sous l'action des filets d'inégales vitesses qui le sollicitent, il prend une vitesse intermédiaire V' . Il s'en suit que les filets F_s de vitesse V_s supérieure à V' , exercent sur le flotteur une poussée accélératrice

$$\int_{F_s} k (V_s - V')^2 dz,$$

k étant un coefficient linéaire dépendant du diamètre du flotteur, de l'état de sa surface et de la nature de l'eau (claire ou limoneuse).

Les filets F_i de vitesse V_i inférieure à V' opposent au contraire une résistance

$$\int_{F_i} k (V_i - V')^2 dz.$$

Le flotteur se déplaçant avec une vitesse uniforme, la résultante de ces actions opposées est nulle.

On a donc :

$$\int_{F_s} k (V_s - V')^2 dz = \int_{F_i} k (V_i - V')^2 dz$$

ou

$$\int_{F_s} (V_s - V')^2 dz = \int_{F_i} (V_i - V')^2 dz.$$

C'est d'ailleurs cette relation qui détermine la vitesse de translation V' du flotteur.

Si l'on effectue le calcul en admettant une variation parabolique de la vitesse des filets,

$$V = V_0 + az - bz^2,$$

et pour des valeurs normales des coefficients a et b , on trouve que cette vitesse de translation V' est inférieure à la vitesse moyenne des filets, elle-même évaluée au moyen de l'intégrale :

$$\frac{1}{H} \int_0^H V dz.$$

En pratique, l'insuffisante longueur du flotteur ayant pour effet de lui communiquer une vitesse de translation supérieure à V' , on conçoit qu'il existe une certaine profondeur d'immersion pour laquelle cette vitesse de translation coïncidera avec la vitesse moyenne de la zone.

On trouve (*) que cette égalité se trouve réalisée, dans des conditions normales d'expérience, pour une profondeur d'immersion égale à 0,94 H .

Or, c'est généralement la dimension adoptée. Il s'en suit que l'imperfection apparente de l'expérience du flotteur contribue au contraire à son exactitude.

Il suffira donc de mesurer la vitesse de déplacement du flotteur pour obtenir très approximativement la vitesse maxima moyenne V_m du courant. Bien entendu, il faut avoir soin de faire plusieurs mesures successives et de prendre la moyenne des valeurs relevées.

(A suivre.)

H. BUREAU,

Licencié ès-sciences Physiques et Mathématiques
Ingénieur au Laboratoire Central d'Electricité

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

LA COMMANDE ÉLECTRIQUE DES MACHINES À PAPIER

Les moteurs actionnant les machines à fabriquer le papier, dites machines continues, doivent répondre à des exigences très particulières. Afin d'en mieux faire ressortir la nature, nous allons d'abord énumérer très brièvement les principaux organes dont se composent ces appareils.

La pâte à papier à l'état très fluide commence par traverser un épurateur à battements, qui peut être composé de trommels en tôle perforée, animés d'un mouvement de rotation lent et d'un mouvement transversal saccadé, qui rejettent les impuretés trop grosses pour les traverser.

La pâte est ensuite déversée sur une toile métallique sans fin, possédant une vitesse d'avancement régulière et animée en même temps d'un mouvement transversal alternatif brusque, qui a pour but de faire s'égoutter une certaine partie de l'eau ; une autre partie est aspirée à travers la toile métallique par des bouches en relation avec des pompes de dépression.

(*) Voir *Annales des Ponts-et-Chaussées*, 1882, 2^e semestre, page 69.
Voir aussi FLAMANT. *Hydraulique (Encyclopédie des Travaux publics)*, édition 1909, page 365.

La pâte, après avoir été légèrement comprimée sous un rouleau, possède assez de consistance pour quitter la toile métallique et passer successivement sur une suite de feutres sans fin qui conduisent le papier entre une série de couples de cylindres où il se lamine, puis autour de plusieurs gros tambours, d'un diamètre variant de 1 à 3^m50, chauffés intérieurement par la vapeur, où il se dessèche complètement. Le papier est ensuite lissé entre 2 rouleaux d'acier ou calandres.

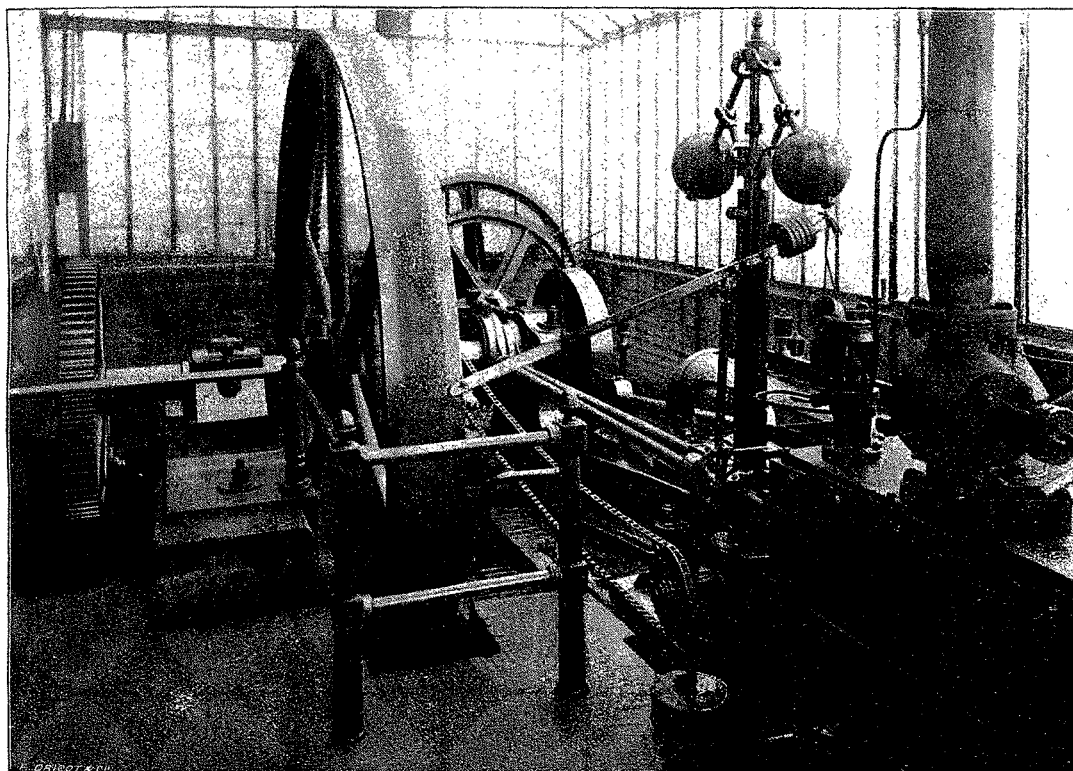
En quittant la machine, le papier peut être livré tel quel à l'expédition ou au découpage ; on peut aussi le faire passer dans des calandres spéciales pour le glacer. Dans ce cas, il doit quitter la continue encore légèrement humide.

La quantité d'eau que la machine peut soustraire par heure au papier dépend de la surface de la toile métallique sans fin, de celle des bouches aspirantes, du nombre et des

La machine à papier offre cette particularité curieuse de ne pas exiger sensiblement plus de puissance pour sa marche en charge que pour son fonctionnement à vide.

En effet, au démarrage, le poids du papier est absolument négligeable en regard de celui des rouleaux. Dans la marche en régime, les frottements des cylindres lamineurs restent constants, car des ressorts réglables procurent un serrage qui n'est pas sensiblement modifié du fait de l'écartement produit par l'épaisseur du papier.

La continue se trouve donc dans les conditions d'une machine marchant constamment à vide, c'est-à-dire qu'elle absorbe une puissance très faible, relativement à l'importance des pièces en mouvement. Elle nécessitera donc un couple de démarrage beaucoup plus élevé que son couple de régime. Pour réduire ce couple à une valeur acceptable, on la fait démarrer par parties.



Commande par moteur électrique.

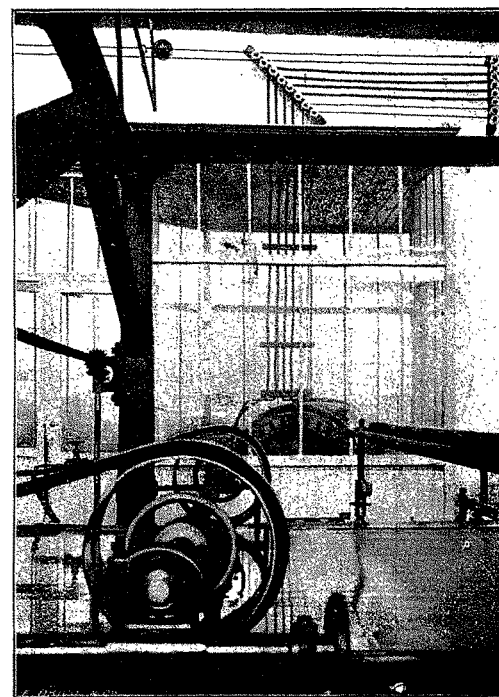


Fig. 1 et 2. — Commande d'une continue par machine à vapeur spéciale à vitesse variable, et commande par moteur électrique.

diamètres des tambours sécheurs ; cette quantité est donc constante pour une machine donnée.

Comme d'une part la pâte contient toujours approximativement la même proportion d'eau et que, d'autre part, le degré variable d'humidité que le papier possède en quittant la machine représente un volume d'eau négligeable, il en résulte que la même continue sera capable de traiter par heure, quelle que soit l'épaisseur du papier qu'elle fabrique, une quantité constante de pâte.

La vitesse d'avancement doit donc être en raison inverse de l'épaisseur ou du poids par mètre carré du papier à obtenir.

Ce poids doit pouvoir varier dans de très grandes proportions : de 40 à 320 grammes par mètre carré, pour répondre à toutes les demandes du commerce.

Afin d'arriver rapidement à obtenir un papier ayant exactement le poids voulu, il sera nécessaire que l'on puisse, au moyen d'une manœuvre simple et sûre, faire varier la vitesse de la continue par degrés insensibles.

La nécessité de ce démarrage partiel n'ajoute rien à la complication de la machine, car, comme, au cours de sa fabrication, le papier se rétrécit plus ou moins à mesure qu'il se dessèche, on doit se ménager la possibilité de régler la vitesse des différents rouleaux, de telle sorte qu'il n'éprouve nulle part une tension exagérée qui le déchirerait. Pour cela, on scinde les organes de commande de la machine en plusieurs groupes dont chacun reçoit son mouvement par l'intermédiaire d'une courroie guidée reliant deux poulies légèrement cônes, de façon à permettre une légère variation de vitesse. Il suffira donc d'ajouter une poulie folle à chaque groupe pour pouvoir réaliser son démarrage isolé.

Comme la pression à donner aux rouleaux lamineurs n'est pas très variable pour les différents papiers et que la machine ne possède aucun organe animé d'une grande vitesse, on peut admettre que sa résistance au mouvement est peu influencée par le régime. La puissance absorbée par la continue sera donc sensiblement proportionnelle à sa vitesse.

En dehors de ses repos hebdomadaires, qui sont mis à

profit pour son nettoyage, la continue marche jour et nuit et n'est arrêtée que quand on veut changer la fabrication.

En résumé, un moteur commandant une machine à papier doit répondre aux conditions suivantes : Variation de vitesse dans de très larges limites (1 à 8 ou 10) et par degrés insensibles ; — puissance proportionnelle à la vitesse ; — couple de démarrage énergique ; — marche régulière et sans arrêt.

Commande par machine à vapeur. — La machine à vapeur se prête très mal à la réalisation de la première de ces conditions. Elle exige, comme nous allons le voir, des intermédiaires mécaniques incommodes, coûteux et encombrants. Deux cas peuvent se présenter : quand toute l'usine, c'est-à-dire non seulement la continue, mais encore les malaxeurs, les piles raffineuses, les pompes, les calandres, etc., est actionnée par une seule machine à vapeur, il faut naturellement que sa vitesse soit constante. La variation de vitesse de la continue est produite par deux séries d'intermédiaires mécaniques. D'abord un harnais d'engrenages, placés en bout

cales démontables, le rendement défectueux des transmissions, l'encombrement.

Comme nous allons le voir, l'électricité a permis de résoudre le problème beaucoup plus pratiquement.

Premier système de commande électrique. — La commande électrique d'une continue peut être réalisée de plusieurs manières, dont chacune a des caractéristiques qui la feront préférer dans certains cas.

La *Compagnie Internationale d'Electricité* a eu l'occasion d'en étudier deux types différents, l'un à la Société anonyme des Papeteries de Droogenbosch, appliqué à l'actionnement de deux continues, l'autre pour les Papeteries de H. Duesberg, à Verviers (Belgique).

Le système adopté à Droogenbosch, que nous allons décrire d'abord, présente l'avantage, dans le cas où il y a plusieurs continues, de n'exiger qu'une génératrice commune, qui peut, en outre, servir à l'alimentation d'électromoteurs ordinaires et à l'éclairage.

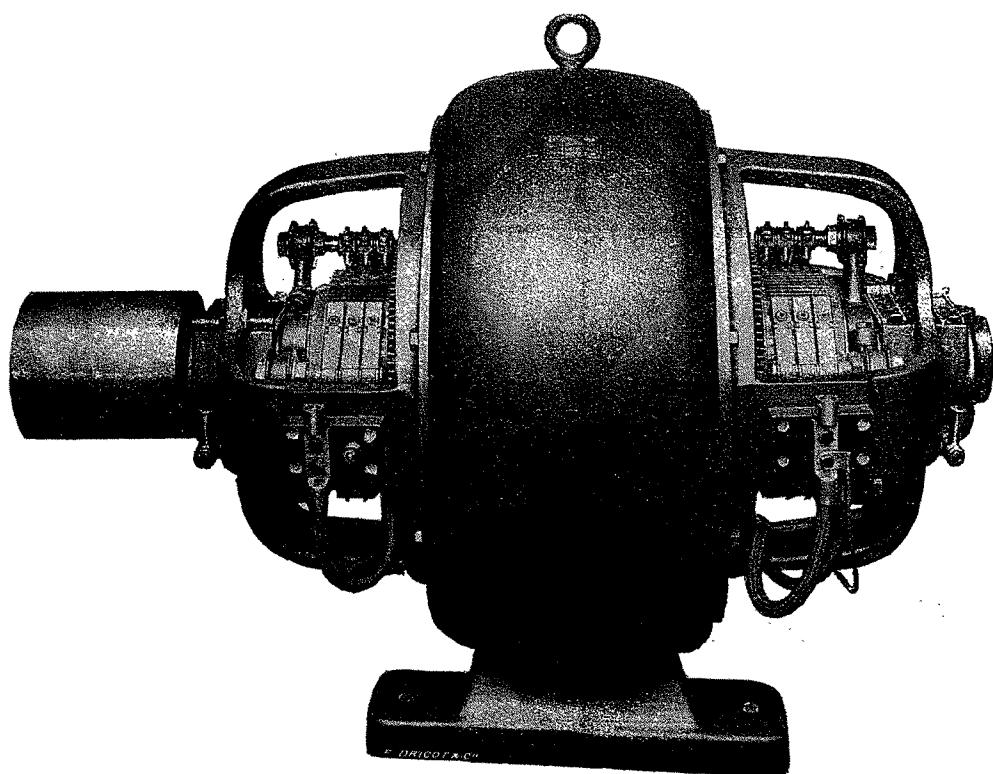


FIG. 3. — Moteur de 70 HP, à vitesse variable de 120 à 290 tours.

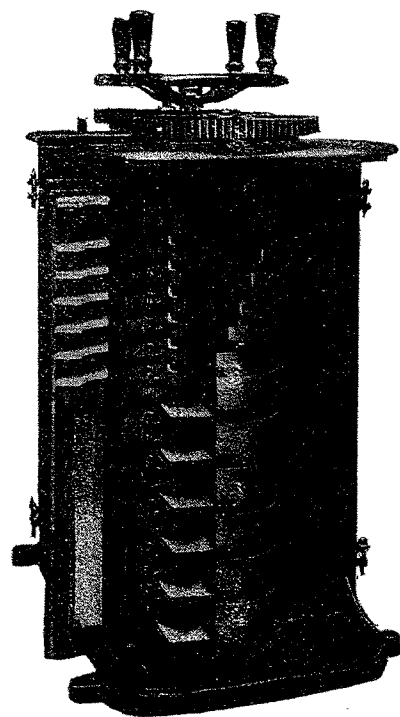


FIG. 4. — Double controller breveté.

d'arbre pour en permettre le démontage, et que l'on peut remplacer par d'autres de rapport différent ; les allures intermédiaires sont réalisées par deux poulies légèrement cônes à grande vitesse, dont la largeur atteint jusqu'à deux mètres, et sur lesquelles un mécanisme mis à portée du conducteur permet de faire voyager une courroie. Ce mécanisme est peu pratique, car la courroie étant dans une position instable à cause de la conicité des poulies, doit être constamment guidée par des galets.

On peut aussi employer une machine à vapeur spéciale à vitesse variable. Cependant, comme certains organes de la continue, tels que l'épurateur à battement, le mécanisme de va-et-vient de la toile métallique sans fin, les pompes, etc., exigent une vitesse constante, on est obligé de les commander par l'intermédiaire d'un mécanisme permettant de rétablir la constance de la vitesse primitive (cas de la fig. 1).

Parmi les multiples inconvénients de ce système de commande, citons les chocs que produisent les engrenages à

La ligne est à courant continu à 230 volts avec deux ponts à 115 volts, ce qui permet d'avoir à volonté 115 et 230 volts.

La génératrice de la centrale peut débiter 130 kw. à 525 tours ; elle est du type à deux collecteurs ; son induit se compose en réalité de deux induites à 115 volts, superposés et ayant chacun son collecteur. Les balais positifs de l'un sont reliés aux balais négatifs de l'autre et au fil neutre. Cette génératrice est actionnée par une machine à vapeur tandem, système Walschaert, à distribution par tiroirs cylindriques.

La distribution à trois fils alimente les moteurs de deux continues : celle autrefois commandée par machine à vapeur, actuellement attaquée par un moteur de 15 à 20 chevaux, 137 à 1 000 tours, et une nouvelle machine d'une production journalière de 10 000 kilogs, pouvant fabriquer un papier de 2^m25 de largeur, provenant des ateliers Chantrenne frères, de Nivelles, que la Société des Papeteries de Droogenbosch vient d'acquérir.

Son moteur (fig. 3) peut donner toutes les vitesses comprises entre 120 et 960 tours, sa puissance atteint 70 chevaux à 960 tours ; le couple de démarrage peut atteindre le quadruple du couple normal. Ce moteur est renfermé dans une cage vitrée qui le met à l'abri des poussières et surtout des projections d'eau.

Pour réaliser ces conditions, la Compagnie Internationale d'Electricité a adopté, comme pour la génératrice, un induit à deux collecteurs formée de deux induits superposés.

La figure 4 représente l'appareillage breveté de commande du moteur qui permet, par la simple manœuvre d'un volant à poignées, d'abord de démarrer, puis ensuite, d'obtenir successivement toutes les vitesses comprises entre 120 et 960 tours au moteur, soit toutes les vitesses d'avancement du papier comprises entre 12,5 et 100 m. par minute, lesquelles peuvent être lues directement sur une graduation que porte l'appareil.

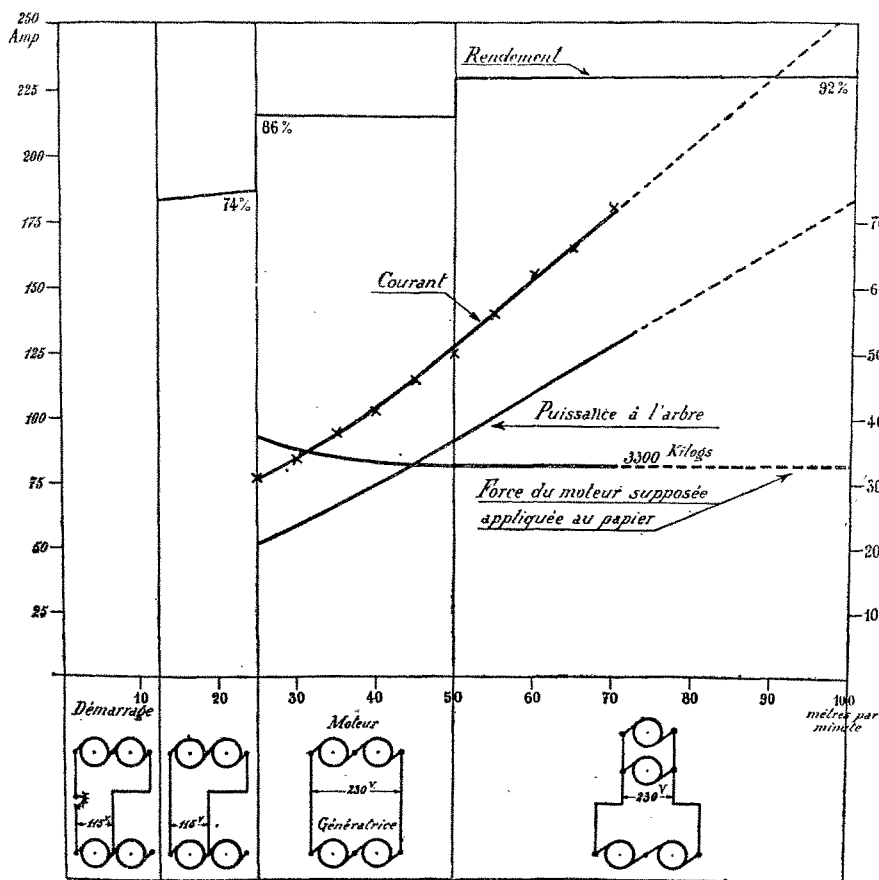


FIG. 5. — Courant, puissance et rendement du moteur.

Celui-ci se compose de deux controllers commandés simultanément au moyen de roues dentées par le volant à poignées : l'un d'eux, traversé par le courant principal, sert de démarreur et de coupleur ; l'autre est un régulateur d'excitation. Pour obtenir les vitesses comprises entre 120 et 240 tours, les deux induits sont groupés en tension sur 115 volts et le champ, d'abord à son maximum, est diminué progressivement jusqu'à la moitié de sa valeur ; à 240 tours la pleine excitation est rétablie en même temps que les deux induits sont mis en série sur 230 volts ; on affaiblit peu à peu l'excitation pour obtenir les vitesses comprises entre 240 et 480 tours. A 480 tours, la pleine excitation est de nouveau rétablie et les deux induits sont groupés en parallèle sur 230 volts.

Les vitesses de 480 à 960 tours sont encore réalisées par la variation du champ. Le régulateur d'excitation possède

24 plots et permet de faire varier la vitesse d'une quantité égale à 1/36 de sa valeur.

La figure 6 donne, pour toutes les positions du volant de manœuvre, les vitesses correspondantes du papier en mètres par minute.

La figure 5 donne le courant relevé expérimentalement à l'ampèremètre pour une marche de la continue à différents régimes de vitesse du papier.

De là, en multipliant les ampères par le voltage, par le rendement au régime considéré (l'excitation non comprise) et par le facteur numérique 0,001 36, on obtient les ordonnées de la courbe représentant la puissance en chevaux à l'arbre du moteur. On voit que, conformément à nos premières considérations, la puissance absorbée par la continue est approximativement proportionnelle à sa vitesse.

En multipliant par 4 500 le quotient de la puissance par la vitesse du papier, on obtient la force donnée par le moteur, supposée appliquée au papier ; cette force est de 3 300 kilogs, sauf pour les petites vitesses où elle augmente.

La figure 5 donne aussi les rendements du moteur aux différents régimes. On y voit enfin des schémas de connexions que réalise le controller suivant les vitesses à obtenir.

La distribution alimente également un certain nombre de lampes à arc et à incandescence et aussi différents électromoteurs, dont l'un, de 20 chevaux, attaque tous les organes de la continue qui doivent marcher à vitesse constante, c'est-à-dire les mécanismes provoquant le mouvement saccadé des trommels épurateurs, les pompes à dépression des aspirateurs, les agitateurs remuant la pâte dans les cuiviers avant son entrée dans la continue.

La génératrice de 130 kw. de la centrale est suffisamment puissante pour fournir le courant nécessaire à toute l'installation ; cependant, pour qu'un arrêt accidentel de la machine à vapeur ne fasse pas chômer l'usine, il a été installé, comme réserve, une seconde machine à vapeur attaquant une nouvelle génératrice de 130 kilowatts.

Deuxième système de commande électrique.

— La Compagnie Internationale d'Electricité a adopté, pour la commande de la continue de la Papeterie Duesberg, une solution différente de celle que nous venons de décrire. Le moteur et la génératrice sont ici du type ordinaire à un collecteur. La variation de vitesse du moteur est obtenue par la variation du voltage de la ligne : cette solution exige, par conséquent, une ligne et une génératrice spéciale pour chaque continue.

La tension de la génératrice est commandée au moyen d'un rhéostat agissant sur son excitation, et fixé sur un tableau situé dans le hall de la machine à papier à portée du conducteur. Un second rhéostat, intercalé dans le circuit d'excitation du moteur, permet d'obtenir toutes les vitesses intermédiaires entre celles données par deux plots successifs du premier.

Les excitations du moteur et de la génératrice sont fournies par une seconde génératrice à voltage constant, qui alimente, en outre, différents électromoteurs et sert à l'éclairage.

La génératrice à voltage variable peut débiter une puissance de 75 kw.; sa tension peut varier de 37 à 375 volts sous 200 ampères en permanence ; son rendement atteint 91,5 % à 375 volts et 90,5 % à 187 volts. Lors du démarrage de la continue, elle peut supporter sans crachement 300 ampères.

La génératrice à voltage constant a une puissance de 70 kw., 120 volts. Toutes les deux sont actionnées, au moyen de transmissions par courroie, par une même machine à vapeur.

Le moteur de la continue peut donner 80 chevaux en permanence à 650 tours avec un rendement de 91 % ; sa vitesse peut prendre toutes les valeurs comprises entre 65 et 650 tours.

Pour obtenir une vitesse de fabrication bien constante, quelle que soit la charge, la Compagnie Internationale d'Electricité a été amenée à perfectionner ce système par un dispositif nouveau, breveté, que nous allons décrire.

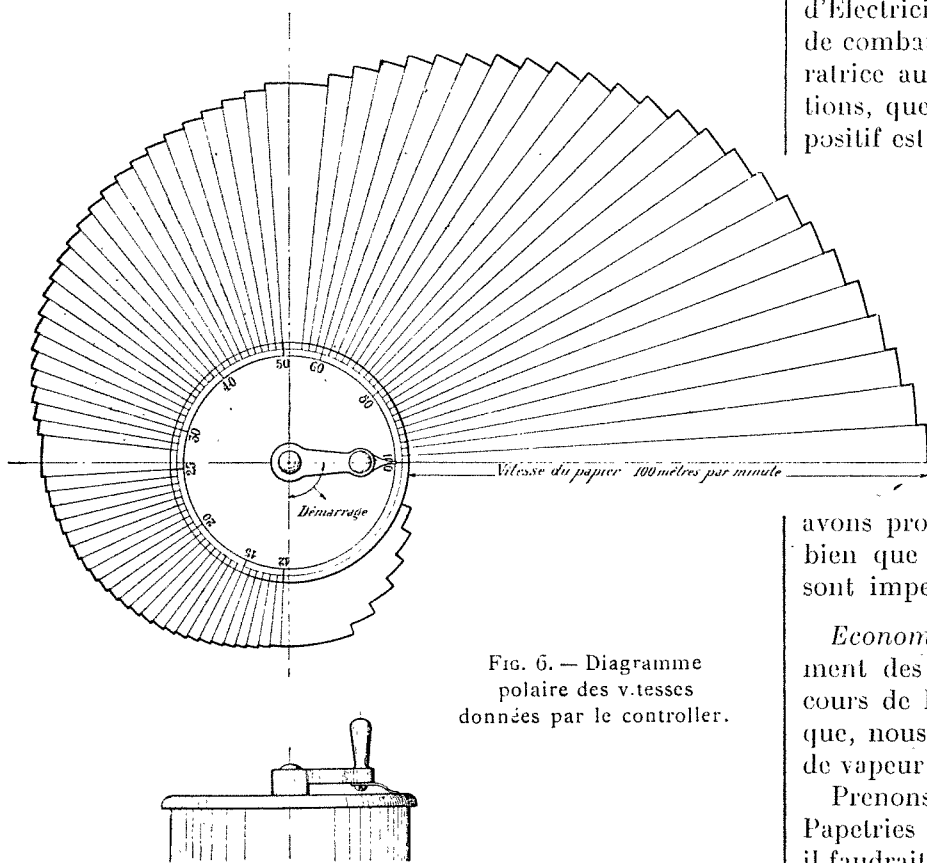


FIG. 5. — Diagramme polaire des vitesses données par le contrôleur.

Il est à remarquer, en effet, que si l'installation électrique ne comportait d'autres particularités que celles mentionnées, la vitesse du moteur serait dans certains cas fortement influencée par les variations de charge de la continue. Ce phénomène serait surtout sensible aux faibles vitesses, alors que la génératrice, produisant un voltage peu élevé, possède un circuit magnétique encore loin de la saturation et, par conséquent, une réaction d'induit relativement grande. Il en résulte que la moindre augmentation de l'ampérage du moteur aurait pour effet de faire baisser le voltage de cette génératrice et, par conséquent, la vitesse du moteur. Cette diminution de vitesse serait encore accentuée par la chute ohmique dans les canalisations et par la réaction d'induit du moteur.

L'ampérage pris par une continue oscille d'environ 10 % au cours de la fabrication et il peut, en outre, subir des variations plus importantes si, par exemple, on fait varier la pression des rouleaux.

Pour un voltage de 300 volts au moteur correspondant à une vitesse de papier de 70 mètres, une augmentation d'ampérage de 10 % produira, par exemple, une chute de voltage aux bornes du moteur de 10 volts.

La diminution de vitesse due à la variation de l'ampérage sera de $10 : 300 = 3,30 \%$.

Pour un voltage aux bornes du moteur de 70 volts, correspondant à une vitesse de papier de 16 mètres par minute, comme la réaction d'induit de la génératrice sera plus forte, l'augmentation d'ampérage de 10 % produira une chute de voltage plus considérable que précédemment, soit 14 volts, et la variation de vitesse atteindra ici $14 : 70 = 20 \%$.

Cette irrégularité se traduira par une différence de 20 % dans l'épaisseur et le poids par mètre carré du papier. C'est ce très grave inconvénient qui avait fait échouer toutes les tentatives de commande des machines pour papiers légers et lourds au moyen d'une génératrice à voltage variable.

Pour vaincre cette difficulté, la Compagnie Internationale d'Electricité a eu recours à un dispositif spécial permettant de combattre les réactions d'induit du moteur et de la génératrice aussi bien que la chute ohmique dans les canalisations, quelle que soit, du reste, la vitesse du papier. Ce dispositif est commandé par l'arbre du régulateur de champ de la génératrice. Il en résulte que par la simple manœuvre du volant de ce régulateur, on peut obtenir n'importe quelle vitesse du papier, et que cette vitesse une fois obtenue se maintient automatiquement constante malgré les variations de charge de la continue.

Ce système est d'une élasticité si grande qu'il permet de varier la vitesse de fabrication entre 7 et 80 mètres par minute. Toutes les vitesses intermédiaires peuvent naturellement s'obtenir. Les expériences nombreuses auxquelles nous avons procédé prouvent que, pour les papiers lourds aussi bien que pour les papiers légers, les variations de vitesse sont imperceptibles.

Economie de la commande électrique. — Indépendamment des avantages pratiques que l'on a pu constater au cours de la description des systèmes de commande électrique, nous devons insister sur l'économie de consommation de vapeur qu'ils permettent de réaliser.

Prenons comme exemple le cas de la grande continue des Papeteries de Droogenbosch. Pour l'actionner par la vapeur, il faudrait une machine de 95 chevaux indiqués, dont le rendement mécanique à pleine charge, y compris celui du train d'engrenages en bout d'arbre, peut être évalué à 70 ou 75 %. On a donc une perte de 25 à 30 chevaux.

Pour une vitesse de papier de 25 mètres par minute, la fig. 5 indique que la puissance prise par la continue est de 20 chevaux. La puissance perdue dans la machine à vapeur et son engrenage sera peu inférieure à ce qu'elle est à pleine charge ; admettons ici une perte de 20 chevaux. Il en résulte que le rendement mécanique de la machine à vapeur n'est plus ici que de :

$$\frac{20}{20 + 20} = 50 \%$$

Dans le cas de la commande électrique, la machine à vapeur de la centrale est plus puissante et subit des variations de charge beaucoup moindres, puisque la génératrice qu'elle actionne alimente d'autres moteurs que celui de la continue. On peut donc admettre que son rendement organique atteint 85 % quand la continue marche à 25 mètres. Le rendement

correspondant de la génératrice ne sera pas inférieur à 90 %, celui du moteur est (fig. 5) de 86 %, et celui de la transmission par courroie entre le moteur et la continue peut être considéré comme égal au moins à 90 %. Le rendement combiné de l'ensemble : machine à vapeur, génératrice, moteur, courroie, sera donc dans le cas présent de :

$$0,85 \times 0,90 \times 0,86 \times 0,90 = 59 \%$$

soit 9 % de plus que le rendement correspondant de l'hypothèse précédente.

Nous ne comptons pas ici les pertes en lignes qui sont certainement moins élevées que les pertes correspondantes dans les conduites de vapeur.

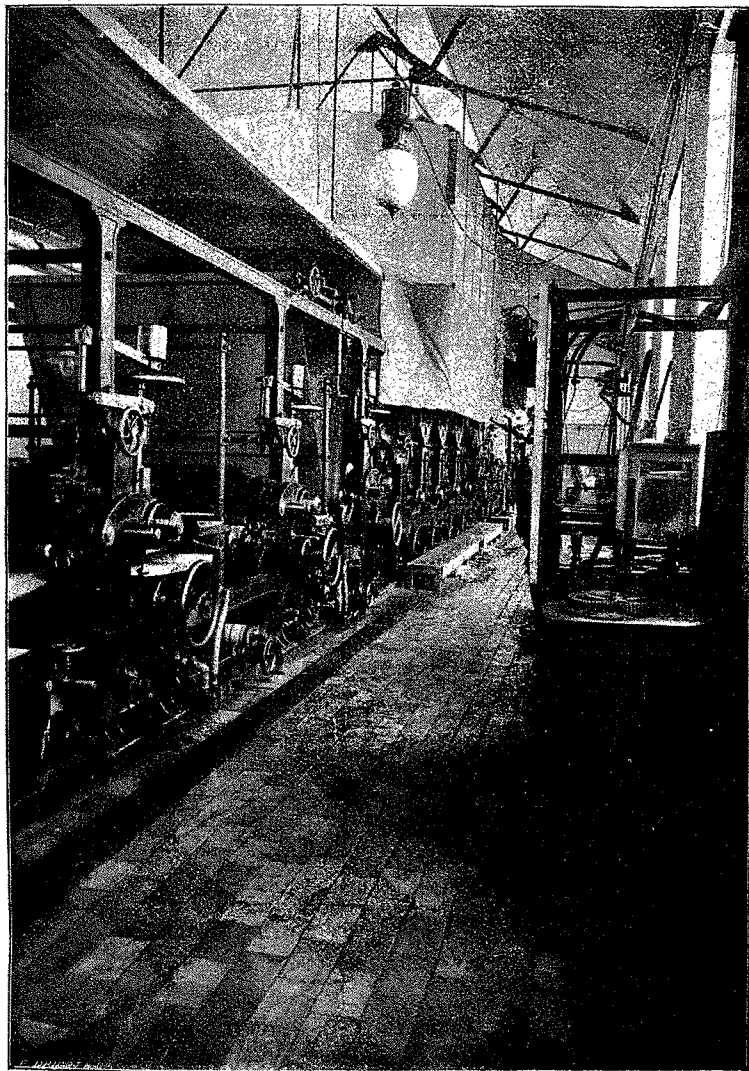


Fig. 7. — Commande d'une continue aux Papeteries de Droogbesch;

Cette économie de 9 % ne tient pas compte des différences de consommation de vapeur des deux machines par cheval indiqué. Or, celle-ci sera au moins deux fois moins considérable pour une machine de centrale bien surveillée, pouvant être munie de tous les perfectionnements modernes, que pour une petite machine isolée qui doit être avant tout très simple. En définitive, l'économie réelle de charbon due à la commande électrique atteindra $50 + 9 = 59 \%$.

En résumé, les machines à papier, dites continues, devant pouvoir, suivant l'épaisseur du papier à fabriquer, marcher à des vitesses atteignant parfois le rapport de 1 à 10, se prêtent mal à la commande par machines à vapeur ou par transmissions mécaniques.

La commande électrique, tel que la Compagnie Internationale d'Electricité l'a réalisé aux Papeteries de Droogbesch notamment, et qui aujourd'hui a reçu la pleine sanction de la pratique, répond au contraire parfaitement aux exigences des continues. De plus, ce mode de commande simplifie les manœuvres, augmente la sécurité de marche, et diminue les frais d'entretien et la consommation de vapeur.

P. GRIS,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

ÉLECTRICITÉ

DÉVELOPPEMENTS DE L'ÉLECTRICITÉ AUX INDES

(Suite)

Installation d'Aruvankodun

La politique économique du Gouvernement des Indes — et, il faut ajouter, sa politique de prudence et de précaution — est de se rendre autant que possible indépendant de l'Angleterre pour ses fournitures militaires et pour ses munitions de guerre destinés aux besoins de son armée active et de réserve, qui accuse un total de près d'un demi-million d'hommes.

Dans ce but, on acheva, en 1904, la construction d'une installation pour fabriquer la *cordite* qui est, comme on le sait, l'explosif employé maintenant par l'armée britannique. Cet explosif fut autrefois importé d'Angleterre, mais on est parvenu à fabriquer aux Indes une *cordite* parfaitement semblable à celle provenant des arsenaux anglais. Cette fabrication se fait dans un endroit appelé du long nom sanscrit d'ARUVANKODUN, qui se trouve près du sanatorium de CANOOR, à une altitude de 2 200 m. au-dessus du niveau de la mer, et à 11°30' de latitude nord.

La puissance nécessaire à cette fabrique de *cordite* provient de la chute de KARTERI, qui a 187 m. de hauteur. Comme le débit de cette rivière tombe à peu de chose pendant la saison sèche qui dure parfois pendant 135 jours, on a construit un réservoir qui peut emmagasiner 215 000 mètres cubes.

La prise d'eau est ménagée en aval du barrage-réservoir, et l'eau ainsi dérivée est amenée par une conduite métallique qui a 1 140 m. de longueur, 60 cm. de diamètre, et dont les tôles ont une épaisseur qui varie de 5 à 11 m. Le collecteur a 75 cm. de diamètre et ses tôles ont une épaisseur de 14,5 millimètres.

Les constructeurs ont jugé inutile de munir la conduite de joints de dilatation, à cause des nombreux coudes en tout sens qu'elle présente dans sa course. Le mouvement qu'elle subit par suite de l'expansion et de la contraction de ses divers éléments, est absorbé par ces coudes sans nuire ni à la stabilité ni à l'étanchéité.

La salle des machines a 30 m. de long sur 9 m. de large. Elle contient 7 turbines, à axe horizontal, dont 4 de 230 HP ; 2 de 37 HP, et une de réserve de 710 HP. Les 4 premières turbines sont accouplées à 4 génératrices de 125 kw. chacune, sous 5 000 volts, 40 périodes par seconde. Les deux petites turbines actionnent deux excitatrices. La grande turbine actionne un alternateur de 500 kw qui est généralement tenu en réserve. Les roues des 4 turbines de 230 HP ont 1^m35 de diamètre et tournent à 400 tours par minute, tandis que les petites turbines ont un diamètre de 67,5 cm. et tournent à 800 tours.