Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 93 (1967)
Heft: 17

Artikel: Transmission de données par fréquence asservie
Autor: Psimicakis-Chalcocondylis, Antoine / Lepage, Noël
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-69085

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

93e année Lausanne, 26 août 1967 N° 17

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; M. Cosandey, ing.; J. Favre, arch.; A. Rivoire, arch.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

RÉDACTION
D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires	»	» 33.—		
Prix du numéro	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande » N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 423.—
1/2 »	» 220.—
1/4 »	» 112.—
1/8 »	» 57.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26, 1000 Lausanne et succursales

SOMMAIRE

Transmission de données par fréquence asservie (Travail de diplôme d'ingénieur EPUL) par Antoine Psimicakis-Chalcocondylis, ingénieur électricien dipl. EPUL, Noël Lepage, ingénieur électricien dipl. EPUL, professeur: Alfred Roch, ing. EPUL, prof. EPUL
Divers — Union internationale des architectes (UIA) — Bibliographie — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes — Carnet des concours — Informations diverses. — Documentation du bâtiment — Documentation générale.

COMMUNICATION DE L'INSTITUT DE RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE (EPUL)

TRANSMISSION DE DONNÉES PAR FRÉQUENCE ASSERVIE

(Travail de diplôme d'ingénieur EPUL)

par ANTOINE PSIMICAKIS-CHALCOCONDYLIS, ingénieur électricien dipl. EPUL
NOËL LEPAGE, ingénieur électricien dipl. EPUL

Professeur : ALFRED ROCH, ing. EPUL, prof. EPUL

Avant-propos

L'enseignement du réglage automatique a pour but de donner aux ingénieurs sortant de l'EPUL une formation générale sur les problèmes de la mesure, du calcul, de la commande et du réglage, tels qu'ils apparaissent dans les installations automatisées, ainsi que dans les problèmes plus courants de commande automatique.

*L'*Institut de réglage automatique *de l'EPUL a été créé en 1966, d'une part pour servir de centre de recherche dans le domaine très actif de l'automatique (en particulier au moyen des crédits du Fonds national de la recherche scientifique) et d'autre part pour s'intéresser aux problèmes industriels de la spécialité.*

Pour la première fois en automne 1966, des travaux de diplôme ont été dirigés par cet institut, avec onze candidats, et la variété des sujets traités montre bien le champ d'activité extrêmement vaste de cette branche.

Notons que dans le monde entier, depuis une dizaine d'années, le réglage automatique et ses branches annexes se développent avec une vitesse considérable, tant dans leurs applications techniques que dans leurs aspects scientifique et théorique, portés par l'enseignement universitaire.

Les sujets de diplômes pour l'automne 1966 étaient les suivants :

a) *Réglages de systèmes :*
réglage de centrale électrique
pilote automatique de véhicule terrestre
autopilote d'avion
— 4 candidats (2 physiciens et 2 électriciens)

b) *Transmission de donnée numérique (position) par voie téléphonique*
— 2 candidats électriciens

c) *Etude du réglage d'un organe biologique (rein) en collaboration avec la Faculté de médecine*
— 1 candidat électricien

d) *Etude du comportement dynamique d'un instrument de mesure de l'industrie atomique*
— *1 candidat physicien*

e) *Etude de la commande de moteurs électriques de réglage*
— *1 candidat électricien*

f) *Calcul et simulation :*
étude d'un calculateur de tir d'artillerie
calcul expérimental d'une fonction de transfert
— *2 candidats (1 physicien, 1 électricien)*

Nous nous proposons de donner dans la présente revue un aperçu de quelques-uns de ces travaux.

I. Donnée du problème

La transmission électrique d'une grandeur (position, angle, etc.) à grande distance est rendue difficile par les pertes en ligne et les perturbations. On évite la plupart de ces inconvénients en transmettant une fréquence variable, sur le réseau téléphonique par exemple.

On présentera le projet d'une telle transmission comprenant les éléments suivants :

1. Emetteur fournissant une fréquence de signal variant de 300 à 2000 Hz, fonction d'une position angulaire d'entrée (0° à 360°, extrémités non comprises) et adaptée au réseau téléphonique suisse.

2. Adaptateur de niveau à la réception, capable de ramener en bout de ligne le niveau du signal à un niveau utilisable pour le récepteur, lors de fluctuations du réseau téléphonique.

3. Récepteur avec asservissement, capable de restituer la position angulaire de départ en fonction de la fréquence reçue.

Le couple résistant extérieur à l'asservissement (frottements compris) ne dépasse pas 0,1 N.m.

L'erreur globale de transmission doit rester inférieure à 0,3°, en erreur statique, et inférieure à 1° pour une vitesse de variation de 5°/sec.

Le calcul complet et précis des éléments électroniques du système ne fait pas partie du projet demandé.

II. Schéma global de l'installation (fig. 1)

Principes de fonctionnement adoptés :

Oscillateur-émetteur : à pont de Wien.

Récepteur-asservissement : pont de Wien et asservissement par moteur électrique.

Adaptateur de niveau : translateur, puis stabilisateur de tension à lampe.

III. Pont de Wien (fig. 2)

U_x tension alternative sinusoïdale de fréquence f

$$U_B = U_x \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2} = U_x \cdot \frac{1}{1 + r_1/r_2}$$

$$U_A = \frac{U_x}{1 + p + k + j \cdot \left(\frac{f}{f_o} - \frac{f_o}{f}\right) \cdot \sqrt{k \cdot p}}$$

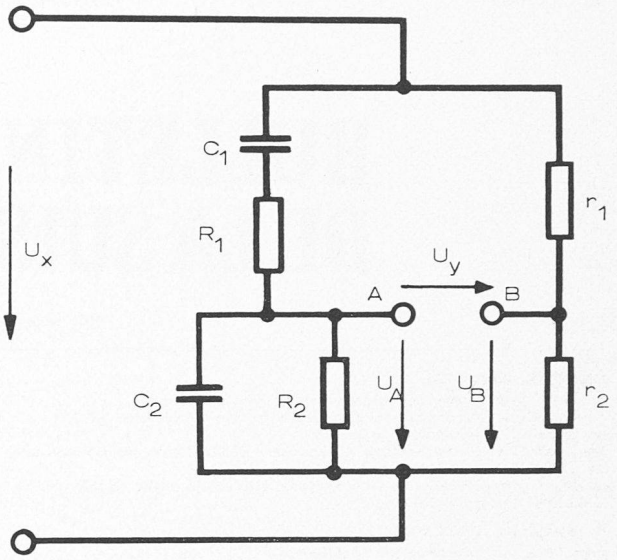

Fig. 2. Pont de Wien.

$$\text{avec : } p = R_1/R_2 \,;\; k = C_2/C_1$$

$$\text{et} \qquad f_o = \frac{1}{2\pi(C_1 C_2 R_1 R_2)^{1/2}}$$

Graphiquement, dans le plan complexe, U_A se présente sous forme d'un cercle passant par l'origine et coupant l'axe réel pour $f = f_o$ au point d'abscisse $U_x/(1 + p + k)$ (figure 3).

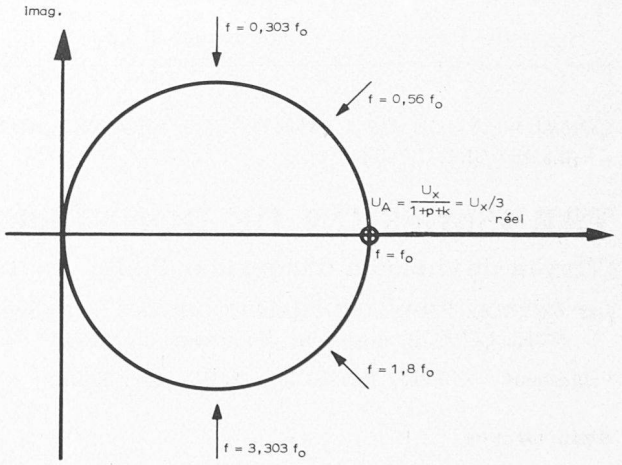

Fig. 3. Représentation graphique U_A (plan complexe).

Il suffit de prendre pour $1 + r_1/r_2$ la valeur $1 + p + k$ pour avoir à la résonance ($f = f_o$) $U_A = U_B$ ou $U_y = 0$.

On dimensionnera le pont de Wien de façon à ce qu'une variation de la fréquence f autour de f_o fasse apparaître une variation importante de U_y. En première approximation, on a :

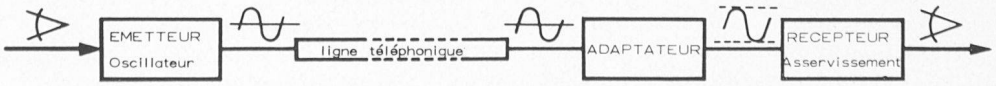

Fig. 1. Schéma global de l'installation.

$$\frac{U_A}{U_X} = \frac{1}{(1+p+k) + j\cdot\sqrt{pk}\cdot\frac{2\Delta f}{f}} \cong \frac{1}{1+p+k} - \frac{2\sqrt{pk}\ \Delta f/f}{(1+p+k)^2}\cdot j$$

Pour rendre la variation maximum, il faut donner à p et k des valeurs capables de donner une valeur maximum au coefficient de Δf, soit :

$$C = \frac{2\sqrt{pk}}{(1+p+k)^2} \text{ maximum}$$

En annulant $\frac{\partial C}{\partial p}$ et $\frac{\partial C}{\partial k}$, on trouve :

Max. de C ..... $p = \frac{1}{2}$; $k = \frac{1}{2}$ $\quad C = C_{max} = 0{,}25$

Par comparaison, pour les valeurs plus pratiques de $p = 1$ et $k = 1$:

$$\underline{\underline{p = 1\ ; \quad k = 1 \qquad C = 0{,}222}}$$

La diminution de 11 % de C se justifie par l'agrément de prendre des résistances égales entre elles, et des capacités identiques. C'est donc cette dernière valeur qui a été choisie. Nous avons alors finalement :

$$U_A = U_X\cdot\frac{1}{3 + j\cdot\left(\frac{f}{f_o} - \frac{f_o}{f}\right)} \cong U_x\cdot\left[\frac{1}{3} - j\cdot\frac{2\Delta f}{9f}\right]$$

et si $r_1/r_2 = 2$ $\qquad U_B = U_x\cdot\frac{1}{3}$

$$U_y = U_A - U_B = U_x\left[\frac{1}{3 + j\cdot\left(\frac{f}{f_o} - \frac{f_o}{f}\right)} - \frac{1}{3}\right]$$

et pour de petites variations Δf de la fréquence :

$$\underline{\underline{U_y(f) = -\frac{2}{9}\,j\cdot\frac{\Delta f}{f}\,U_x}}$$

Il y a lieu de remarquer que si cette tension U_y doit être utilisée comme tension d'« erreur » dans l'asservissement, elle est linéaire avec $(\Delta f/f)$, et non pas avec Δf.

L'expression donnant la fréquence propre du pont de Wien se simplifie avec le choix de $p = k = 1$:

$$C_1 = C_2 = C \qquad \underline{\underline{f_o = \frac{1}{2\pi\cdot C\cdot R.}}}$$
$$R_1 = R_2 = R$$

Des considérations basées sur le calcul des impédances d'entrée et de sortie des éléments du récepteur, ainsi que l'étude des offres à disposition de matériel de qualité nous ont amenés à choisir pour le pont de Wien les éléments R et C suivants :

Les éléments variables du pont de Wien sont les résistances, qui se composent alors d'une résistance fixe en série avec un potentiomètre à 1 tour (360° — extr.).

Pour que les fréquences extrêmes soient 300 et 2000 Hz, un calcul élémentaire montre que l'on doit avoir entre la résistance fixe et la valeur du potentiomètre un rapport égal à 3 : 17.

Valeurs choisies :

Résistance :	Potentiomètre 1 tour :	10 000 Ω
	Résistance fixe :	1 765 Ω
Capacité :	Condensateur de : (voir figure 2)	45,1 nF

IV. Normes téléphoniques

Références :

Avis H.13 : Conditions essentielles à imposer à une voie téléphonique à courant porteur destinée à procurer 24 voies de télégraphie harmonique à modulation d'amplitude fonctionnant chacune à 50 bauds (C.C.I.T..T).

Avis H.14 : Conditions essentielles à imposer à un circuit téléphonique à fréquences vocales utilisé comme support d'un système de télégraphie harmonique à modulation d'amplitude.

Avis H.41 : (modifié à Genève 1964) Niveau de puissance pour la transmission de données sur des circuits téléphoniques.

Données graphiques concernant :
Affaiblissement kilométrique de câbles pupinisés.
Affaiblissement kilométrique de câbles d'abonnés.
Impédances caractéristiques.

(Ces données et avis nous ont été aimablement communiqués par la Direction des Téléphones de Lausanne.)

Tous les appareils devant être branchés sur un réseau téléphonique doivent présenter une impédance symétrique de 600 à 800 Ω.

Nous considérons d'une part la puissance transmise sur ligne d'abonné, d'autre part la puissance transmise sur câbles coaxiaux par un système à courant porteur.

Pour le premier cas, la puissance maximum dans la ligne est de 1 mW. Pour l'entrée sur coaxial, il est de 0,1 mW. L'atténuation correspondante est donc de — 1,15 neper.

Schéma de la transmission téléphonique (figure 4) :

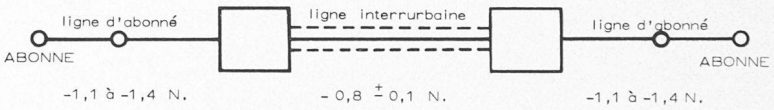

Fig. 4. Transmission téléphonique.

Dans la ligne interurbaine (coaxial), l'affaiblissement maximum est de 0,8 à 0,9 neper.

Dans la ligne d'abonné, non pupinisée, l'affaiblissement dépend de la fréquence. Nous choisissons la fréquence de 1100 Hz pour le calcul, et utilisons les valeurs :

0,15 neper/km avec un diamètre de 0,6 mm
0,10 neper/km avec un diamètre de 0,8 mm

Ces valeurs dépendant de la fréquence avec une variation de l'ordre de 40 %, il serait nécessaire, dans une réalisation pratique, de connaître en détail la configuration de la transmission, pour adapter éventuellement les niveaux d'entrée sur ligne, ou l'amplificateur adaptateur de niveau.

V. Emetteur (oscillateur)

L'émetteur se compose essentiellement d'un pont de Wien dont les potentiomètres sont commandés par la position angulaire d'entrée, et d'un amplificateur du type « amplificateur opérationnel ». Le système oscille à la fréquence propre du pont de Wien, établissant ainsi la relation : Angle d'entrée ⟶ Fréquence d'oscillation.

Schéma de l'oscillateur (figure 5) :

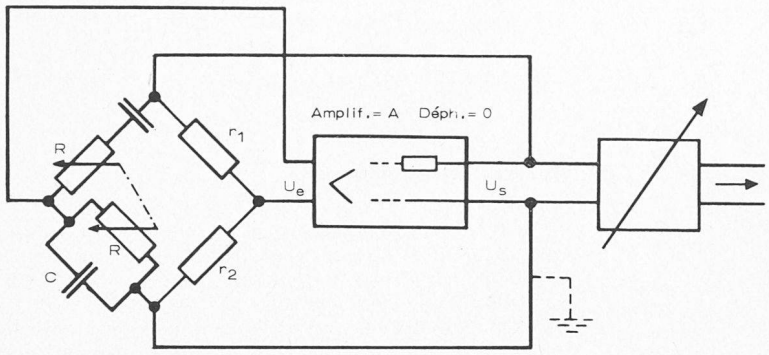

Fig. 5. Schéma de l'oscillateur (Emetteur).

L'état d'oscillation est obtenu lorsque l'on a :

— gain de l'amplificateur × atténuation du filtre = 1

— déphasage de l'amplificateur + déphasage filtre = 0° ou 360°

Nous utilisons un amplificateur opérationel à gain adapté par une contre-réaction adéquate, et à déphasage négligeable.

Afin d'assurer le démarrage des oscillations, ainsi que la limitation de leur amplitude, on introduira une résistance non linéaire, telle que pour de faibles amplitudes le gain de la boucle soit supérieur à 1, et pour les amplitudes choisies, il atteigne 1. Une résistance variable avec la température (ou le courant qui la traverse), par exemple une lampe à incandescence, fera l'affaire.

A la fréquence de résonance, on a :

$$\frac{U_e}{U_s} = \frac{1}{3} - \frac{1}{1 + \frac{r_1}{r_2}} \quad \text{pour le pont de Wien}$$

et $U_s = A \cdot U_e$ pour l'amplificateur de gain A

Les valeurs choisies du niveau d'oscillation ont été :

$$A = 453 \qquad r_1/r_2 = 2{,}02$$

L'adaptation à la valeur $A = 453$ de l'amplificateur opérationnel est assurée par une contre-réaction qui se combine avec l'ensemble r_1, r_2. La résistance non linéaire peut soit faire partie de la nouvelle contre-réaction, soit être composée dans la résistance r_2.

(Notons en passant qu'il n'était pas indispensable d'ajuster le gain de l'amplificateur, le système pouvant fonctionner avec une valeur très grande de A, et r_1 = environ $2 \cdot r_2$, pourvu qu'une non-linéarité dans r_2 assure la stabilité du niveau des oscillations).

Afin de réaliser les conditions d'erreur statique inférieure à 0,3°, pour l'ensemble de la transmission, nous avons choisi des potentiomètres de 4000 tours, tels que l'erreur à l'émission, augmentée de l'erreur correspondante à la réception, ne dépasse pas 0,2°.

VI. Adaptateurs (transmission)

Le problème de la transmission proprement dite du signal électrique, problème touchant davantage aux télécommunications qu'au réglage automatique, ne sera pas exposé ici, bien qu'il fasse également partie du travail de diplôme de MM. Psimicakis et Lepage.

Les éléments suivants ont été déterminés :

A la sortie de l'émetteur :

amplificateur de sortie dont le niveau est adapté aux caractéristiques de la ligne téléphonique ;

translateur d'adaptation aux normes PTT.

A l'entrée du récepteur :

translateur de sortie du réseau des téléphones ;

transformateur à gradins permettant d'obtenir un niveau indépendant de la ligne utilisée ;

amplificateur stabilisateur de tension d'entrée du récepteur.

VII. Récepteur (asservissement)

Le principe de l'asservissement récepteur découle immédiatement des propriétés du pont de Wien exprimées au paragraphe III. En effet, on constate que si l'on applique une tension U_x à l'entrée d'un pont de Wien non ajusté en fréquence, il apparaît entre A et B (voir figure 2) une tension U_y d'autant plus grande que l'erreur entre la fréquence appliquée f et la fréquence de résonance du pont de Wien, f_o, est plus grande. Cette tension U_y, déphasée de 90° pour les faibles différences de fréquences (voir figure 3), est utilisée pour commander un moteur agissant sur les résistances du pont, jusqu'à obtenir l'identité de f et de f_o.

Calcul de la tension d'erreur

Lorsque la fréquence du signal d'entrée (f) est égale à la fréquence de résonance du pont de Wien ($f_o = 1/2\,\pi\,RC$), la tension U_y est nulle. Une erreur dR sur la valeur des résistances du pont de Wien a pour conséquence une différence entre f_o et f, qui se traduit par une tension d'erreur dU_y. Calculons ces valeurs pour une petite erreur dR :

$$dR \ldots \quad 1/f_o = 2\pi RC \quad \ldots . \quad d(1/f_o) = 2\pi C \cdot dR$$

$$d(1/f). \quad U_y = -\frac{2j\Delta f}{9f} \cdot U_x. \quad dU_y = \frac{4\pi}{9} \cdot j \cdot C \cdot f \cdot dR \cdot U_x$$

On constate que la tension d'erreur dU_y est proportionnelle à dR, mais également à f. Il s'ensuit que la même erreur d'angle ne donnera pas toujours la même tension électrique de sortie, ce qui est regrettable au point de vue du fonctionnement optimum de l'installation. Pour rétablir la proportionnalité directe entre l'erreur d'angle et la tension de sortie du pont de Wien, on placera à l'entrée du pont un filtre RC passe-bas, de façon à obtenir une tension U_x d'excitation du pont de Wien inversement proportionnelle à la fréquence.

La figure 6 montre cet élément passe-bas entre les amplificateurs A d'entrée et B.

VIII. Commande du moteur

La tension d'erreur dU_y est en quadrature avec la tension U_x, pour de faibles erreurs de fréquence, en avance ou en retard selon le signe de cette différence de fréquences. Il aurait été possible d'utiliser directement cette propriété pour alimenter un moteur de réglage biphasé ; cependant, les caractéristiques d'un tel moteur dépendent fortement de la fréquence (qui varierait ici de 300 à 2000 Hz). La solution choisie a été donc de

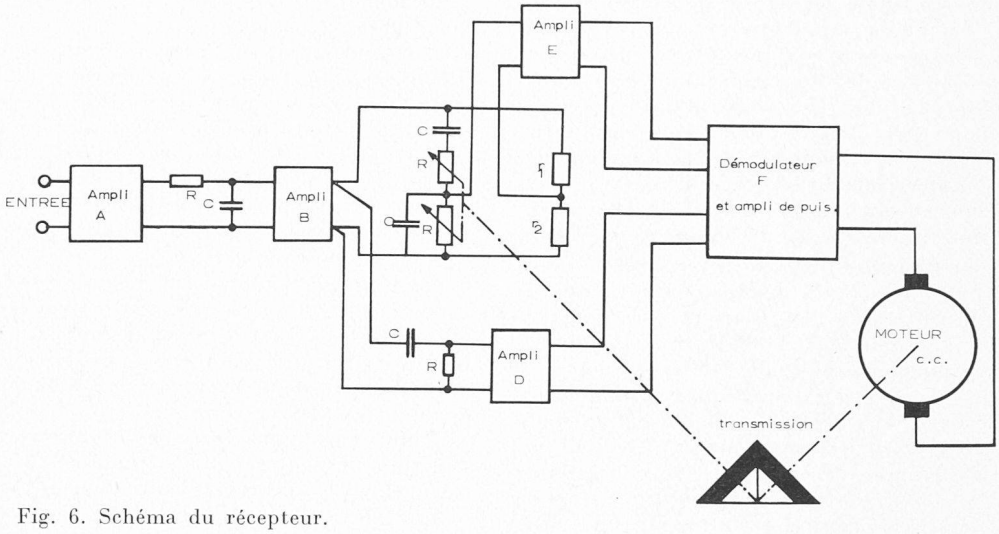

Fig. 6. Schéma du récepteur.

redresser le signal d'erreur et d'utiliser la tension continue produite pour alimenter le moteur à courant continu.

Le démodulateur utilisera comme tension de référence la tension d'entrée du pont de Wien, déphasée de 90°. Si l'on réalise le déphasage par un circuit *RC* passe-haut, on obtient en partant d'une tension U_x inversement proportionnelle à la fréquence, une tension déphasée pratiquement constante. — Notons qu'il est également possible, si le déphasage du filtre placé entre « A » et « B » vaut 90°, d'utiliser directement la sortie de l'amplificateur « A » pour passer sur le démodulateur.

Les calculs des divers éléments du récepteur ont donné les résultats suivants :

Elément « B » : $R = 100$ kΩ ; $C = 0{,}8$ µF
Tension d'entrée : min. 3 mV (2000 Hz) ; max. 20 mV (300 Hz)
Résistance d'entrée : min. 15 kΩ
Amplification de tension : 500

Pont de Wien : $C = 45{,}1$ nF ; $R = 1765$ Ω + pot. 10 kΩ
$r_1 = 2$ kΩ ; $r_2 = 1$ kΩ
Tension d'erreur : 5,26 mV/° ∢

Elément « D » : $C = 2$ nF ; $R = 500$ Ω (comprenant en parallèle la résistance d'entrée de l'amplificateur)
Tension d'entrée : 18,7 mV Amplification : 450
Tension de sortie : 8,44 V

Elément « E » : Amplificateur opérationnel en montage limiteur d'amplitude
Résistance d'entrée : 1 MΩ
Tension max. d'entrée : 3 V ... de sortie : 105 mV
Amplificateur de tension : 10 (faibles tensions)

Elément « F » : Démodulateur commandé par la tension de sortie « D »
Valeur moyenne du signal de sortie : 412 mV/° ∢
(Le schéma, de conception classique, n'est pas reproduit ici.)
L'élément F possède à sa sortie un amplificateur de puissance à courant continu, de rapport d'amplification en tension de 34

Moteur : à courant continu à excitation fixe, commandé en tension
Tension maximum : 28 V
Engrenage de sortie, de rapport de transmission 150 : 1
(voir fig. 6)

IX. Conclusions

Le système proposé présente parmi ses avantages une correction rapide d'une erreur importante qui apparaîtrait brusquement (vitesse de correction atteignant 1 tour/sec), le dépassement du point d'équilibre restant très faible (inférieur à 2°), ceci grâce au rapport de réduction élevé et à l'inertie pratiquement négligeable de la charge — par rapport au frottement — et à l'inertie très faible du servo-moteur capable de monter en vitesse en 20 ms.

Le fonctionnement dynamique du système est satisfaisant, et ses possibilités vont jusqu'à une vitesse d'environ 0,9 t/sec pour une erreur permanente de 2°. L'erreur statique est également limitée avec les amplifications choisies.

Remarque générale

Ce travail a été exécuté en tant qu'application désintéressée, et à l'usage interne exclusif de l'Ecole polytechnique de Lausanne. Nous ne nous sommes pas préoccupés de l'existence éventuelle de brevets protégeant une partie quelconque de sa conception. Nous attirons donc l'attention d'utilisateurs intéressés sur l'absence de garantie que nous donnons à ce sujet.

DIVERS

Association des usines à gaz suisses

24e assemblée ordinaire des délégués
mercredi 5 juillet 1967 à Bienne

Allocution présidentielle
par M. *Walter Thomann*, ancien municipal, Zurich.

L'industrie gazière suisse procède depuis quelques années à une transformation technique et structurale, en adoptant une nouvelle orientation dont la première phase s'achèvera dans un avenir prévisible. Cette évolution est caractérisée par l'introduction de nouvelles techniques de production basées sur les dérivés de pétrole, qui remplacent ou complètent la distillation traditionnelle de la houille, et par le passage de l'approvisionnement local à l'approvisionnement supracommunal en construisant des réseaux de distribution très étendus. Il résultera de ces travaux un accroissement de la capacité de production et de la productivité de l'approvisionnement en gaz, ainsi qu'une amélioration des prestations de service des entreprises gazières. Le nouveau gaz est de meilleure qualité et détoxifié.

Au cours de l'année 1966 les travaux de modernisation se sont poursuivis activement : à la fin de l'année 1966,