



CONCOURS COMMUNS POLYTECHNIQUES

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE-FILIÈRE PSI

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES (S.T.I.)

DURÉE : 4 heures

*Calculatrice interdite.**Tous documents interdits, y compris guide ou aide-mémoire du dessinateur.**Des feuilles de papier brouillon devront être distribuées avec les documents.***Attention** : ces feuilles de brouillon ne seront en aucun cas ramassées en fin d'épreuve et, si elles l'étaient, elles ne seraient pas prises en compte par le correcteur.**DOSSIER REMIS AUX CANDIDATS**

- Texte de présentation (8 pages)
- Album photos (2 pages)
- Annexe (11 pages)
- Document réponse (1 cahier de 14 pages)

REMARQUES PRELIMINAIRES

1. Il est conseillé d'utiliser les feuilles de papier brouillon afin de mettre au point les développements mathématiques, schémas, graphes, et courbes avant de les recopier au propre sur le document réponse.
2. Il est demandé au candidat de bien vouloir :
 - Inscrire les résultats et les développements nécessaires des différentes questions sur le document réponse en respectant la mise en page proposée.
 - Inscrire nom, prénom, numéro d'inscription et centre dans le cartouche prévu à cet effet sur le document réponse.

NOTATIONS

On notera le torseur modélisant les actions mécaniques de i sur j , exprimé au point A dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$:

$$\{T_{i \rightarrow j}\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}(i \rightarrow j) \\ \vec{M}(i \rightarrow j) \end{array} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{ll} X_{ij} & L_{ij} \\ Y_{ij} & M_{ij} \\ Z_{ij} & N_{ij} \end{array} \right\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \quad \text{Où } i \text{ et } j \text{ sont des numéros de pièces.}$$

On notera le torseur cinématique du mouvement du solide i par rapport à j , exprimé au point A dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$:

$$\{V_{i/j}\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}(i/j) \\ \vec{V}(A \in i/j) \end{array} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{ll} \alpha_{ij} & u_{ij} \\ \beta_{ij} & v_{ij} \\ \gamma_{ij} & w_{ij} \end{array} \right\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Tournez la page S.V.P.

Présentation de l'étude : Groupe d'exploitation hydraulique

En 1880, à Vizille, près de Grenoble, l'ingénieur français Aristide Bergès accouple une turbine mue par une chute d'eau à une génératrice : la première centrale hydraulique était née. En 1946, il y avait en France 300 centrales hydrauliques. EDF fut créée par la loi de nationalisation, et entreprit d'aménager systématiquement les sites susceptibles d'être équipés pour les besoins de la production d'électricité, mais aussi pour ceux de la navigation et de l'irrigation. En 1962 la production hydraulique représente 50% de la production totale française, contre 15% actuellement. Mais l'hydraulique possède un atout de taille : l'eau est une source renouvelable et stockable. C'est une énergie rapidement mobilisable : en quelques minutes, les plus grands barrages peuvent fournir 14000 MW sur les 23000 MW du parc hydraulique.

Le barrage hydroélectrique de Serre-Ponçon (voir Album photos) est équipé de quatre turbines Francis dites « à réaction » : l'eau passant entre les aubes directrices de la turbine qui forment des conduits convergents, se trouve rabattue vers le centre de la roue et provoque un effet de réaction. (Les caractéristiques du barrage de Serre-Ponçon sont placées en annexe fig. 1 et 2.) Les quatre groupes d'exploitation hydraulique qui le constituent, sont pilotés soit localement, soit à distance par le centre de Sainte-Tulle comme les 19 autres sites de production hydroélectrique de la Durance et du Verdon.

A. Analyse fonctionnelle

A.1. Rôle et fonction des éléments d'un groupe. (voir diagramme de contexte A0, annexe fig. 3)

Le rôle du groupe est de fournir la puissance répondant à la demande du client avec une fréquence en tension de 50 Hz (fréquence du réseau français).

Le groupe est constitué des éléments suivants : (fig. 4 et 5)

- Une turbine Francis (1) qui transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique.
- Un alternateur (fig. 2) qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.
- Un arbre (2) qui transmet cette énergie mécanique de la turbine vers l'alternateur.
- Une tuyère (0') qui canalise le flux d'eau amont.
- 27 pales (6) qui orientent ce flux sur les aubes de la turbine suivant différentes incidences.
- Une vanne de pied (fig. 1 et 2) qui régule le débit d'eau dans la tuyère.
- Un régulateur de fréquence qui, à partir des données comme la fréquence de rotation en sortie du groupe, la position des pales, et la consigne de fréquence génère la consigne d'orientation des pales.
- Un régulateur de tension qui permet d'asservir la sortie en tension du groupe par une commande d'ouverture de la vanne de pied en fonction de sa position et de celle des pales, de la demande de puissance du client et de la puissance effectivement générée en sortie du groupe.

A.2. Etude de la fonction produire de l'électricité.

Par la méthode SADT, à partir des explications ci-dessus et du diagramme de contexte A0, décrivez cette analyse fonctionnelle de niveau A2 en complétant le diagramme donné sur le document réponse.

B. Etude de l'ensemble de transmission de puissance

L'étude va porter sur une partie du groupe d'exploitation hydraulique. A partir d'une modélisation simplifiée de l'ensemble de transmission de la puissance, on souhaite déterminer le temps de montée en vitesse de l'arbre de transmission, afin de déterminer l'instant de couplage de la génératrice avec le réseau.

B.1. Modélisation.

La modélisation adoptée pour cette étude se trouve fig. 6

$R(O, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ repère lié au bâti.

$R_2(O, \bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z}_2)$ repère lié à l'arbre de transmission avec $(\bar{x}, \bar{x}_2) = \theta$.

On note m la masse de l'ensemble tournant constitué de l'arbre, de la turbine et du rotor de l'alternateur, appliquée en G.

B.2. Etude cinématique de l'arbre de transmission.

B.2.1. Analyse des liaisons entre le bâti (0) et l'arbre de transmission (2).

Le bâti (0) est en liaison complète démontable avec chacun des sous-ensembles (3), (4) et (5).

Donnez le nom et le torseur cinématique associés à chacune des liaisons suivantes : L_{2-3} , L_{2-4} et L_{2-5} .

La nature du contact des liaisons 2-3 et 2-5 est considérée comme « cylindrique courte ».

B.2.2. Schéma cinématique.

Donnez le schéma cinématique spatial représentant ces trois liaisons.

B.2.3. Graphe des liaisons entre le bâti (0) et l'arbre de transmission (2).

Tracez le graphe des liaisons et donnez la liaison équivalente.

B.2.4. Hyperstatisme et mobilité de la liaison.

Déterminez le degré d'hyperstatisme h du montage bâti – arbre de transmission et donnez le degré de mobilité cinématique de la liaison équivalente.

B.3. Etude statique de l'arbre de transmission.

On suppose les liaisons parfaites et sans frottement pour cette partie B.3.

B.3.1. Etude de l'arbre de transmission au repos.

Au repos le torseur d'action mécanique de la génératrice sur l'arbre (2) est nul, ainsi que le torseur d'action mécanique de l'eau sur la turbine (1) en liaison complète avec l'arbre de transmission.

Ecrivez les équations scalaires déduites du principe fondamental de la dynamique appliqué à l'arbre de transmission (2), au point O dans la base $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$.

B.3.2. Etude des actions de l'arbre (2) sur le plateau de pression (4).

Déduisez-en la pression de contact P_0 entre (2) et (4) (supposée constante), en fonction de R_1 , R_2 et m .

B.4. Etude de la mise en rotation de l'arbre de transmission.

Lors de la mise en rotation de l'arbre de transmission, des pompes permettent de créer un film hydrodynamique entre (2) et (4) afin de diminuer au maximum les frottements.

Soit f le facteur de frottement entre (2) et (4), et f_l le facteur de frottement entre (2) et (3) et entre (2) et (5).

Durant la phase de mise en rotation, la tension de sortie de la génératrice n'est pas couplée au réseau EDF. Les actions mécaniques de l'eau sur la turbine (1) et celles de la génératrice sur l'arbre (2) sont modélisables par les torseurs suivants :

$$\{T(\text{eau} \rightarrow 1)\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ F_E & C_E \end{Bmatrix}_{O(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})} \quad \text{et} \quad \{T(\text{Génératrice} \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & C_G \end{Bmatrix}_{D(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$$

B.4.1. Etude des frottements.

Donnez les torseurs statiques associés à chacune des liaisons L_{2-3} , L_{2-4} et L_{2-5} . (Frottements non négligés et utilisation des notations de la page 1)

Déterminez N_{42} en fonction de R_1 , R_2 , m , f et F_E .

B.5. Energie cinétique de l'ensemble en rotation.

B.5.1. Matrice d'inertie.

La matrice d'inertie M_1 de la turbine (1) en O , et la matrice d'inertie M_2 en D de la partie mobile de la génératrice en liaison complète avec l'arbre (2) sont :

$$[I_{O(1)}] = M_1 = \begin{Bmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & A_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{Bmatrix} \quad \text{et} \quad [I_{D(2)}] = M_2 = \begin{Bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{Bmatrix}$$

Déterminez le moment d'inertie de l'arbre de transmission par rapport à l'axe (O, z) en fonction des paramètres géométriques fig. 6 et de sa masse volumique ρ .

Déduisez-en le moment d'inertie I_{Oz} de l'ensemble en rotation par rapport à l'axe (O, z) .

B.5.2. Energie cinétique de l'ensemble en rotation.

Déterminez l'énergie cinétique de l'ensemble en rotation (vitesse de rotation $\dot{\theta}$) dans son mouvement par rapport à R .

B.6. Aspect énergétique.

Remarque : à $t = 0$, $\theta = 0$ et $\dot{\theta} = 0$.

C_E , C_G , et F_E sont supposées constantes.

Hypothèses : les frottements dans les liaisons L_{2-3} et L_{2-5} sont négligés. On supposera ces deux liaisons parfaites et sans frottement.

B.6.1. Théorème de l'énergie cinétique.

Quelle équation obtient-on en appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble en rotation dans son mouvement par rapport à R .

Déduisez-en l'expression du temps T (en secondes) nécessaire pour atteindre la fréquence de rotation N (tr/min) en fonction de N_{42} , C_E , C_G , et I_{Oz} .

B.6.2. Energie dissipée en chaleur.

Déterminez le travail, entre $t = 0$ et $t = T$, des actions mécaniques du plateau de pression (4) sur l'arbre de transmission (2) dans son mouvement par rapport à R .

C. Etude de la mise en route du groupe.

Cette étude porte sur une partie du système automatisé de production, la procédure de démarrage du groupe et la gestion des pompes d'injection d'huile.

C.1. Procédure de démarrage.

Une demande de mise en marche du groupe, en mode local (demande émanant du barrage) ou en mode à distance (demande émanant du bureau régional), comporte trois phases.

- La première phase correspond à la procédure de montée en puissance du groupe.
- La seconde phase correspond au fonctionnement normal asservi en puissance et en fréquence.
- La troisième phase correspond à la procédure d'arrêt du groupe.

(Voir fig. 7 et 8)

Une partie de cette procédure de montée en puissance est décrite par le graphe (fig. 9).

Elle comprend :

- La gestion de l'ouverture de la vanne d'adduction d'eau (ou vanne de pied) qui permet de réguler le débit d'eau entrant dans la tuyère de la turbine. (Elle fonctionne suivant deux modes « verrouillé » et « déverrouillé ». En mode « déverrouillé » la vanne est pilotée par l'asservissement de puissance.)
- La gestion du frein de l'arbre du groupe qui permet de ralentir et de bloquer l'arbre en rotation.
- La gestion du couplage du groupe avec la génératrice, et des régulateurs de puissance et de fréquence qui permettent la production du courant.

C.1.1. Montée en puissance.

Complétez le chronogramme correspondant à la procédure de montée en puissance.

C.2. Gestion des pompes d'injection d'huile.

Lors de la mise en rotation de l'arbre de transmission, les pompes d'injection d'huile permettent de créer un film hydrodynamique entre l'arbre et le plateau de pression afin de diminuer les frottements.

Quand la fréquence de rotation de l'arbre est suffisante, le seuil hydrodynamique de fonctionnement est atteint, et les pompes peuvent être arrêtées.

C.2.1. Fonctionnement normal d'une pompe.

Cahier des charges :

Le démarrage de la pompe coïncide avec le début de la procédure de montée en puissance . La pompe est arrêtée lorsque la fréquence de rotation de l'arbre a atteint 80% de sa fréquence nominale.

En procédure d'arrêt, la pompe est remise en marche lorsque la fréquence de rotation repasse en dessous de ce seuil. Elle est arrêtée lorsque le groupe est à l'arrêt.

En cas d'arrêt d'urgence, la pompe est immédiatement mise en marche jusqu'à l'arrêt complet du groupe.

Complétez le grafcet du point de vue système, à partir du graphe des entrées-sorties (fig. 10) du modèle Grafcet.

C.2.2. Fonctionnement normal des deux pompes.

Cahier des charges :

Le cahier des charges ci-dessus reste valable, et s'applique à chacune des deux pompes. On note c et d les réceptivités associées respectivement aux transitions (1) et (2) de la question précédente. La condition supplémentaire est que les pompes A et B fonctionnent alternativement.

Complétez le grafcet du point de vue système, afin d'assurer le fonctionnement normal des pompes.

C.2.3. Fonctionnement complet des deux pompes.

Cahier des charges :

Lors d'une panne ou pour effectuer la maintenance de l'une des deux pompes, il est nécessaire d'immobiliser une des deux pompes. Lorsque l'opérateur décide d'immobiliser l'une des deux pompes « Arrêt pompe A » (réceptivité a) ou « Arrêt pompe B » (réceptivité b), le cycle de fonctionnement ne fait intervenir qu'une seule pompe. L'absence de ces informations assure un fonctionnement normal des deux pompes.

Complétez le grafcet du point de vue système, afin d'assurer le fonctionnement complet des pompes.

D. Etude de la régulation de fréquence.

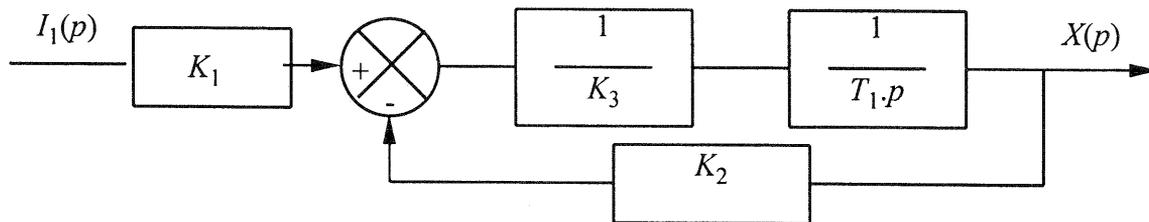
Cette étude de la régulation se décompose en trois parties.

D.1. Etude du premier et second étages de la servovalve.

(Voir fig. 11, 12 et 13 et le fonctionnement de la servovalve.)

D.1.1. Modélisation.

L'étude dynamique de la palette et du piston des deux premiers étages de la servovalve, permet d'obtenir la modélisation fonctionnelle suivante:



La transformée de Laplace de $x(t)$ est $X(p)$, celle de $i(t)$ est $I(p)$. On considère toutes les conditions initiales nulles.

D.1.2. Fonction de transfert.

Montrez que la fonction de transfert G_1 peut être définie par :

$$G_1(p) = \frac{X(p)}{I_1(p)} = \frac{K}{1 + T \cdot p}$$

Identifiez K et T en fonction de K_1 , K_2 , K_3 et T_1 .

D.1.3. Réponse indicielle.

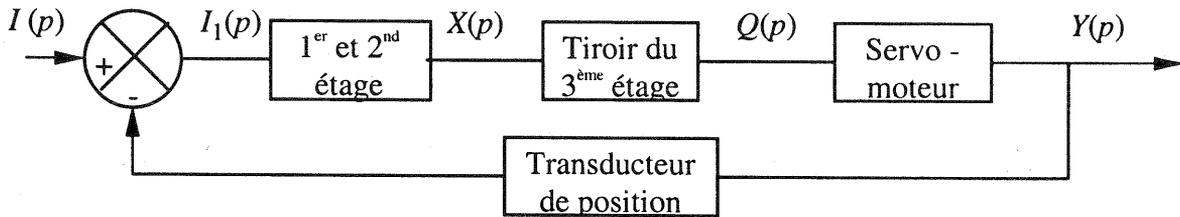
Donnez l'allure de la réponse indicielle (vous préciserez les pentes, asymptotes et valeurs caractéristiques).

Donnez le temps de réponse à 5%.

D.2. Etude de l'ensemble servovalve - servomoteur.

D.2.1. Modélisation.

La modélisation proposée pour cet ensemble est la suivante :



Hypothèses simplificatrices :

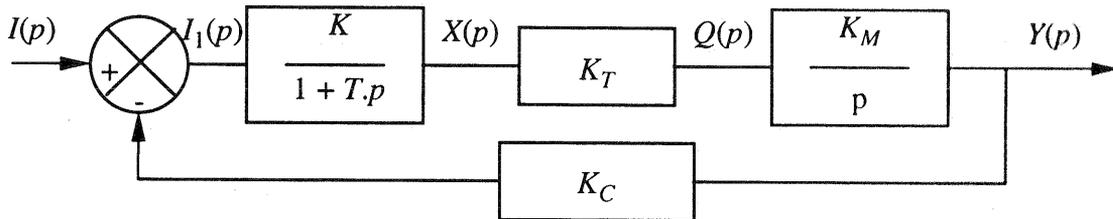
La fonction de transfert du tiroir du troisième étage est équivalente à un gain.

La fonction de transfert du transducteur est équivalente à un gain.

Et la fonction de transfert du servomoteur s'écrit : $G_2 = \frac{K_M}{p}$.

D.2.2. Fonction de transfert.

La modélisation de l'ensemble devient :



Déterminez la fonction de transfert en boucle ouverte, $H_3(p)$.

On note $K_4 = K.K_T.K_M.K_C$.

D.2.3. Courbe de réponse en fréquence.

Tracez la courbe de réponse en fréquence dans le plan de Nyquist.

Le système est-il stable ?

Placez graphiquement la marge de phase, les valeurs particulières pour $\omega \rightarrow 0$, $\omega = 1/T$ et $\omega \rightarrow +\infty$.

Indiquez la tangente au point O.

Donnez la valeur de la marge de gain.

D.2.4. Précision de cet asservissement de position.

Déterminez l'écart statique ϵ_0 et l'écart de traînage ϵ_v .

D.2.5. Rapidité de cet asservissement de position.

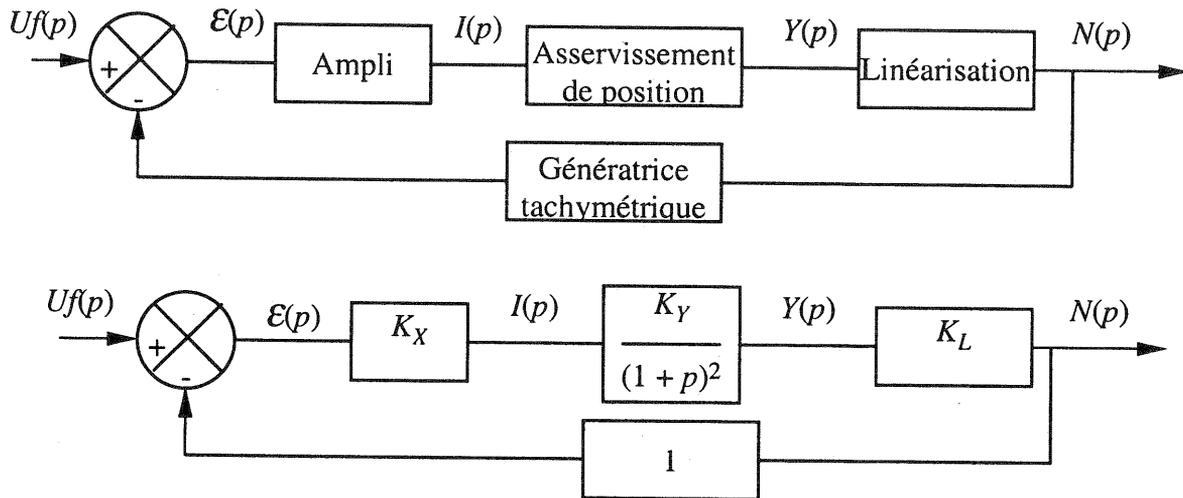
Déterminez la fonction de transfert en boucle fermée $G_3(p)$.

Identifiez l'amortissement ζ et la pulsation propre non amortie ω_p .

AN : $K_4 = 0,5$ et $T = 0,5s$.

Donnez l'allure de la réponse indicielle (vous préciserez les pentes, asymptotes et valeurs caractéristiques).

D.3. Régulation de fréquence.



Remarque : K_X et K_L sont des gains constants.

D.3.1. Fonction de transfert.

Donnez la fonction de transfert en boucle ouverte, $H_4(p)$.

D.3.2. Diagrammes.

Pour ce tracé et pour les questions suivantes, on considèrera que $H_4(p)$ possède un gain statique de 100.

Tracez dans le plan de Bode l'allure des diagrammes d'amplitude et de phase de $H_4(p)$.

Vous préciserez sur les diagrammes :

les asymptotes et leurs pentes, le gain statique, la pulsation propre non amortie du système, l'allure réelle de la fonction et la marge de phase.

D.3.3. Précision de la régulation.

Déterminez l'erreur statique (expression analytique).

D.3.4. Correction de la régulation.

On souhaite améliorer les performances de cette régulation en ajoutant un correcteur de type P.I. afin d'obtenir :

Une erreur statique nulle.

Une marge de phase $\Delta\varphi = 45^\circ$.

Vous conserverez la valeur ci-dessus du gain statique de $H_4(p)$.

Déterminez analytiquement les coefficients K_i du correcteur. $C(p) = K_i + \frac{K_i}{p}$

Tracez dans le plan de Bode l'allure des diagrammes d'amplitude et de phase de $C(p) \cdot H_4(p)$.

Vous préciserez sur les diagrammes : les asymptotes et leurs pentes, l'allure réelle de la fonction et les valeurs particulières.

Fin du texte de présentation.

ALBUM PHOTOS



Photo n°1 : Barrage de Serre-Ponçon.

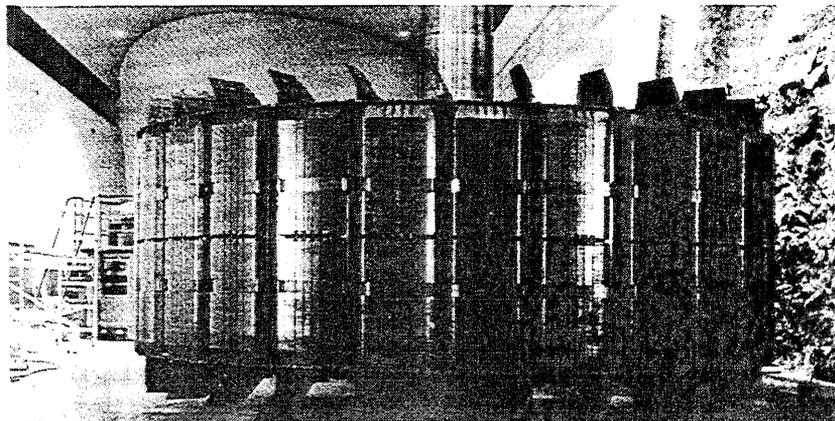


Photo n°5 : Rotor d'alternateur de Serre-Ponçon.

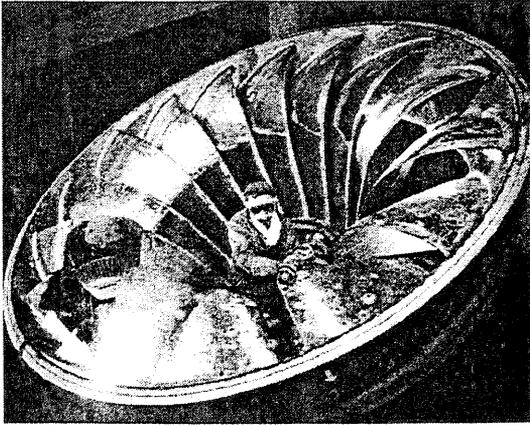


Photo n°2 : Type de turbine Francis.

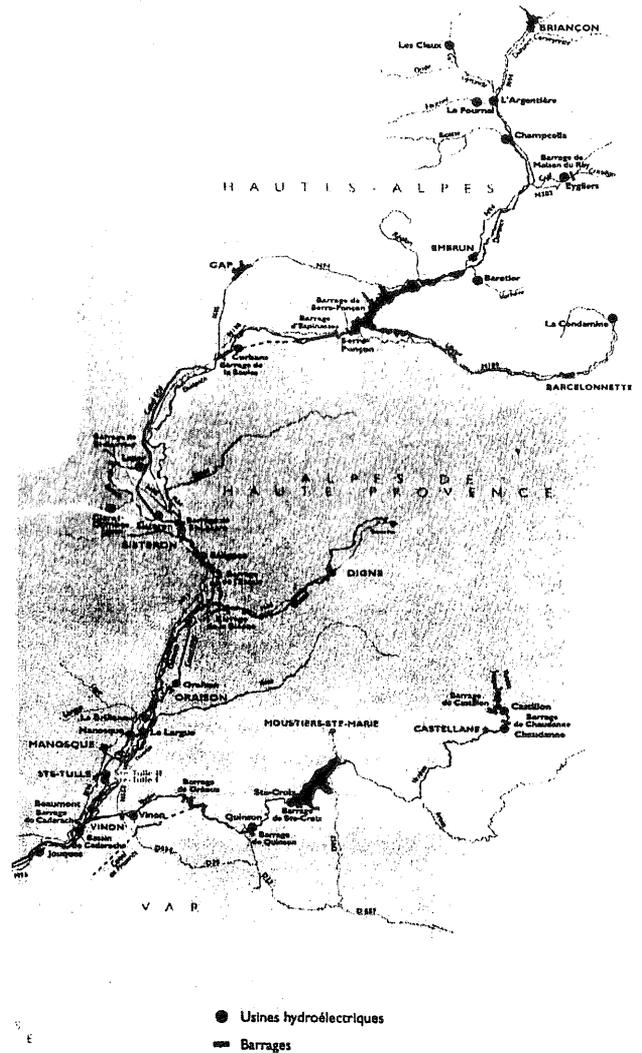


Photo n°3 : Aménagement hydroélectrique
Verdon - Durance.

Puissance Gisement Durance - Verdon
75 - 01 - 90

Puissance Gisement Du-Ve

Le 25/01/90, tempête sur le Nord-Ouest,
pertes de 4 tranches nucléaires,
passage de 25 MW à 1330 MW et retour rapide.

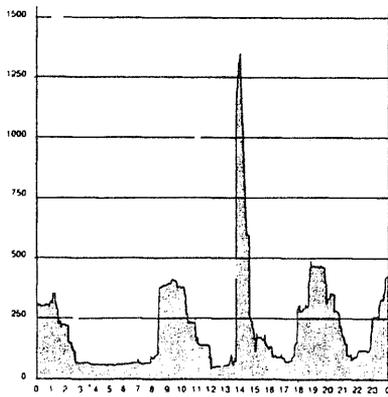


Photo n°4 : Puissance - gisement.

ANNEXES

Présentation

Croquis du barrage :

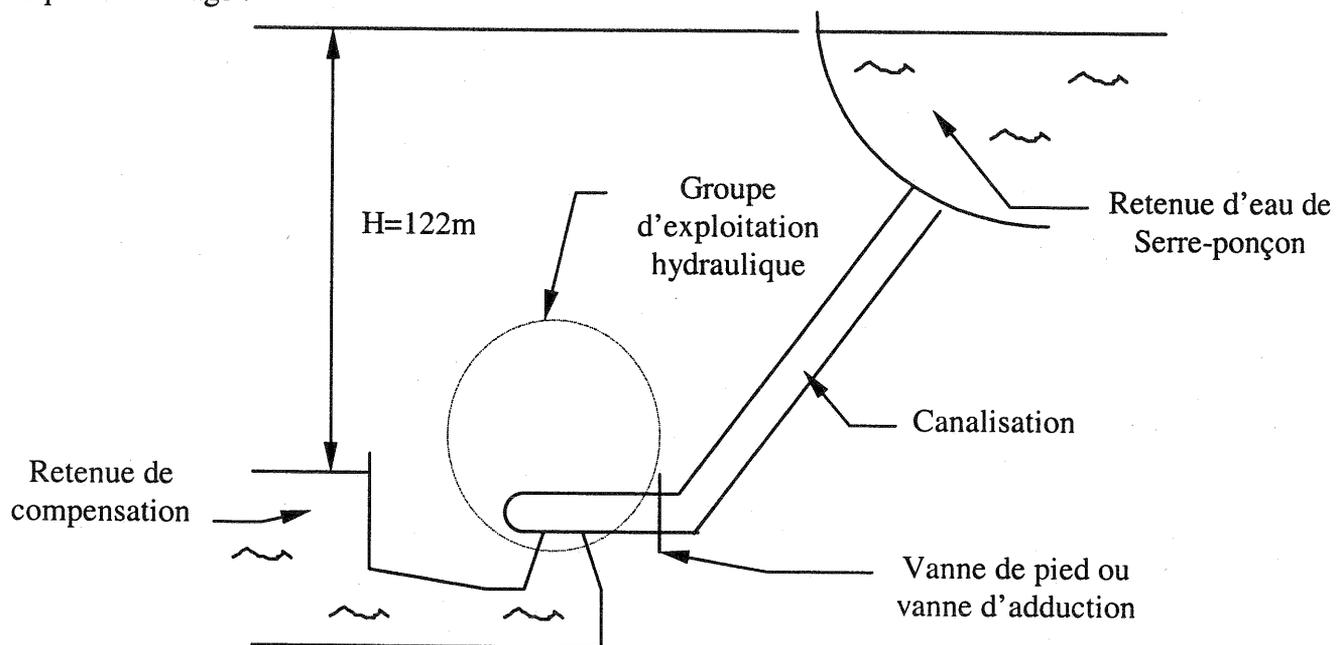


Fig. 1

Croquis du groupe :

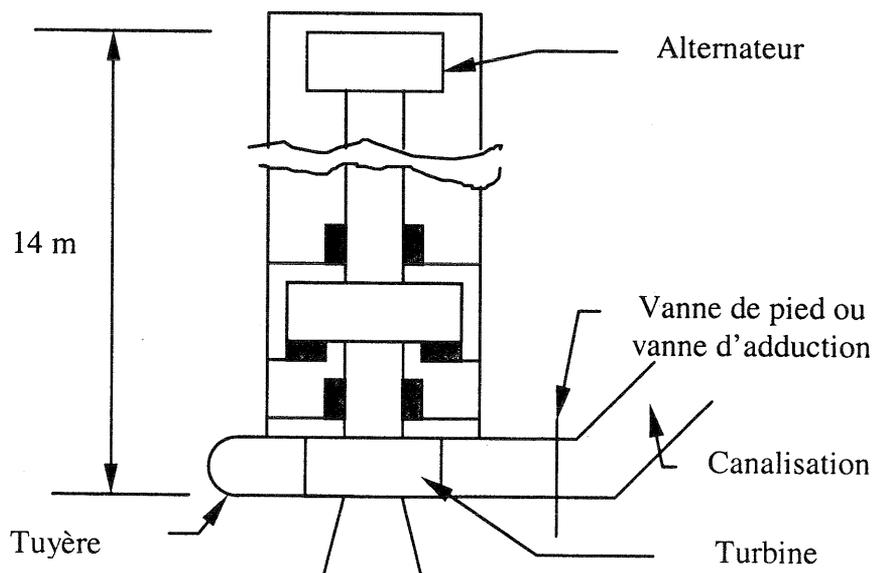


Fig. 2

Caractéristiques :

L'ensemble arbre, turbine et alternateur :	mesure 14 mètres pour 300 tonnes.
Hauteur de chute :	122 mètres.
Puissance :	360 MW (Mégawatts)
Production moyenne :	720 millions de kilowattheures
Débits :	300 m ³ / seconde
Nombre de groupe :	4
Débit d'évacuation des crues	3 440 m ³ / seconde

A. Analyse fonctionnelle

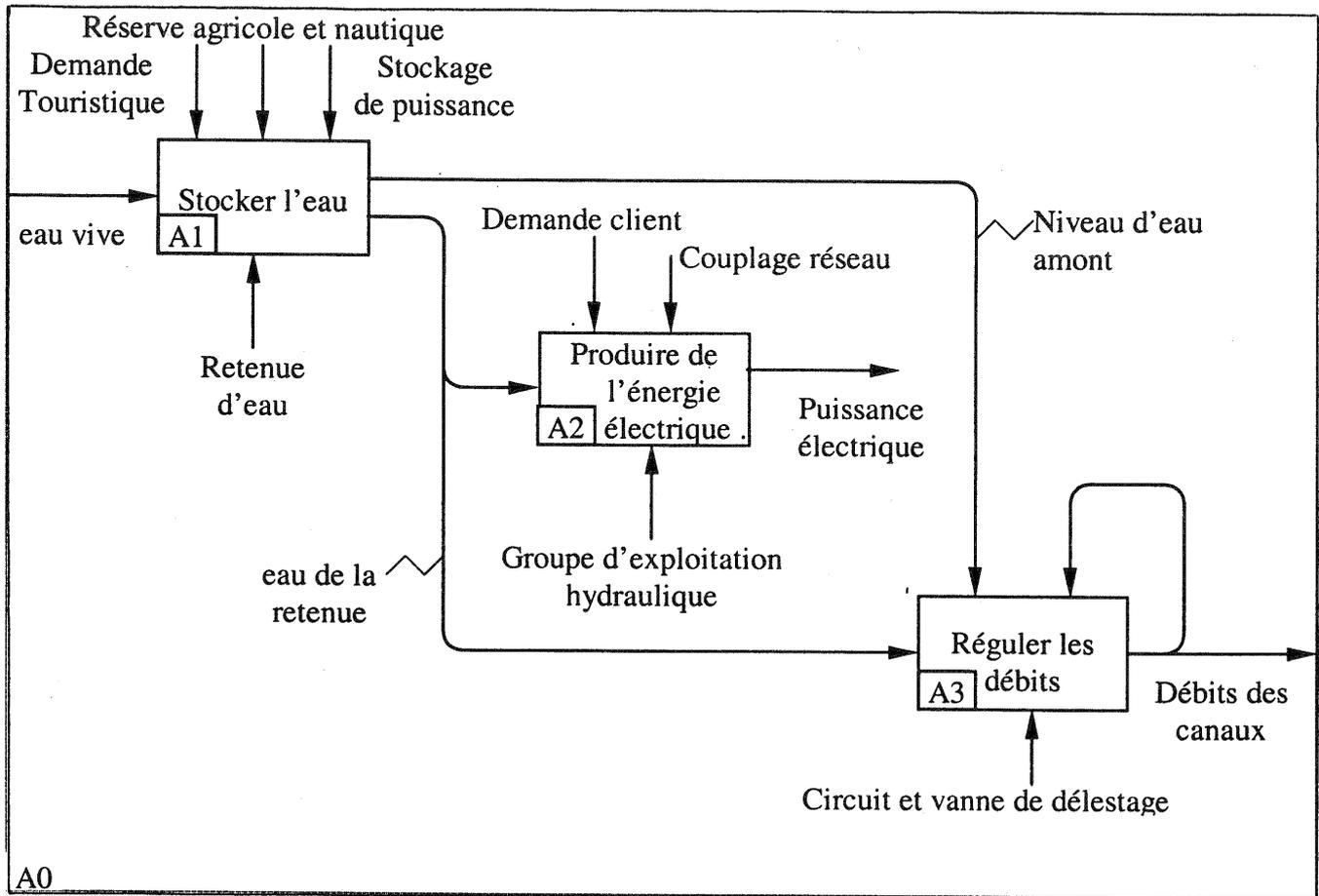


Fig. 3

Diagramme A0 : Barrages et centrales hydrauliques.

B. Etude du groupe

Schéma technologique en coupe de la partie inférieure d'un groupe hydraulique :

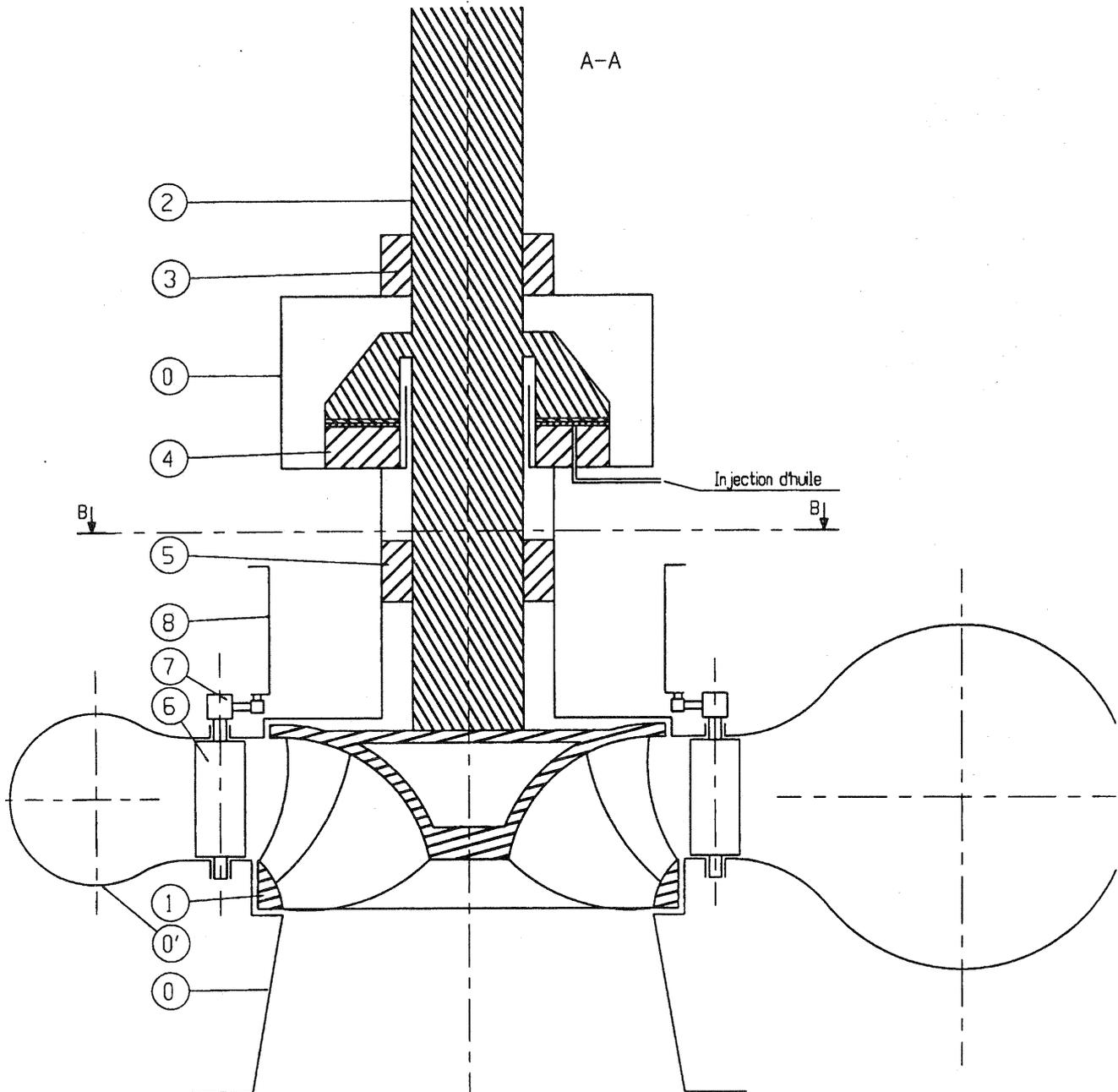
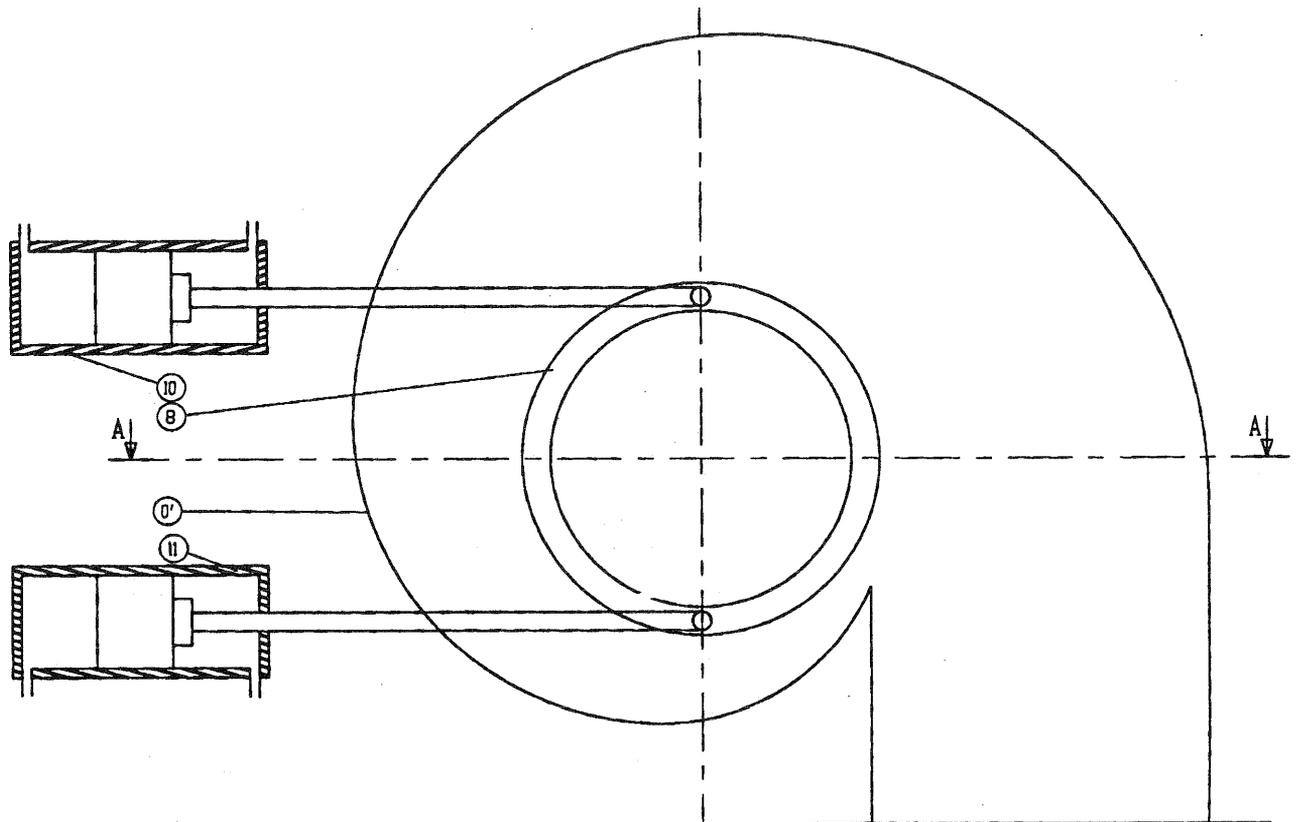


Fig. 4

Schéma technologique de la tuyère et des servomoteurs pilotant les pales :



Nomenclature : -

Fig. 5

Rep.	Désignation.
0	Bâti.
0'	Tuyère.
1	Turbine Francis.
2	Arbre de transmission de puissance.
3	Élément de guidage en rotation.
4	Plateau de pression hydrostatique.
5	Élément de guidage en rotation.
6	Pales (27).
7	Ensemble de bielles articulées (27).
8	Couronne d'entraînement.
10 et 11	Servomoteurs.

Arbre de transmission de puissance : Modélisation schématique adoptée pour cette étude

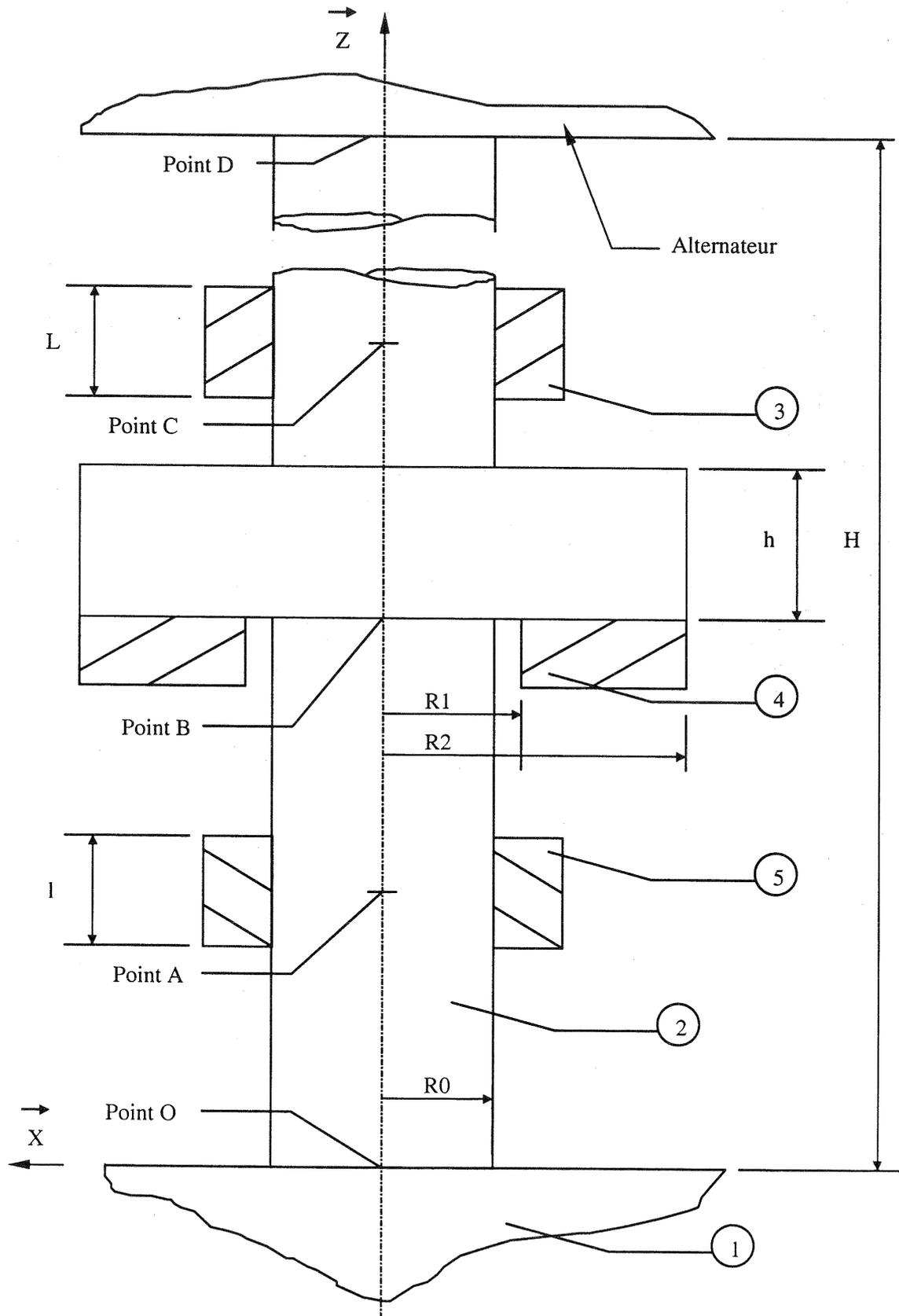


Fig. 6

Caractéristiques dimensionnelles :

$$\begin{aligned} \vec{OA} &= a.\vec{Z} \text{ et } \vec{OB} = b.\vec{Z} \\ \vec{OC} &= c.\vec{Z} \text{ et } \vec{OD} = d.\vec{Z} \text{ et } \vec{OG} = k.\vec{Z} \end{aligned}$$

C. Etude de la mise en route du groupe

C. Graphe de Sécurité. (GS)

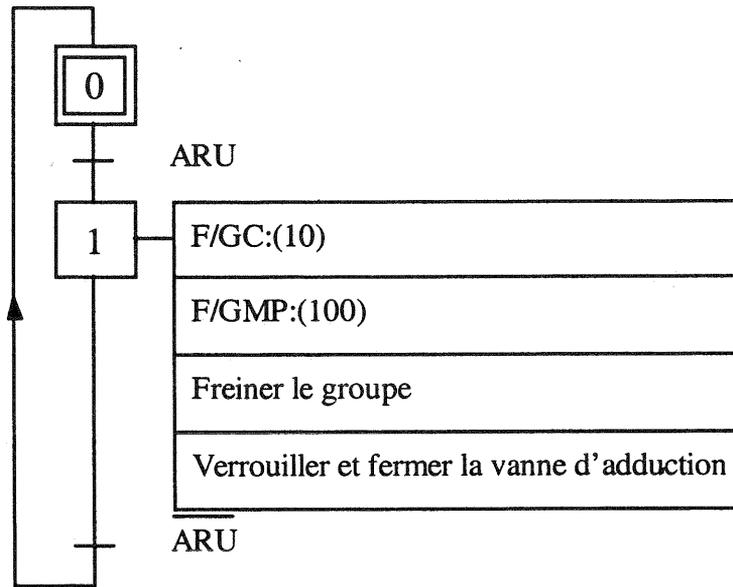


Fig. 7

C. Graphe de conduite. (GC)

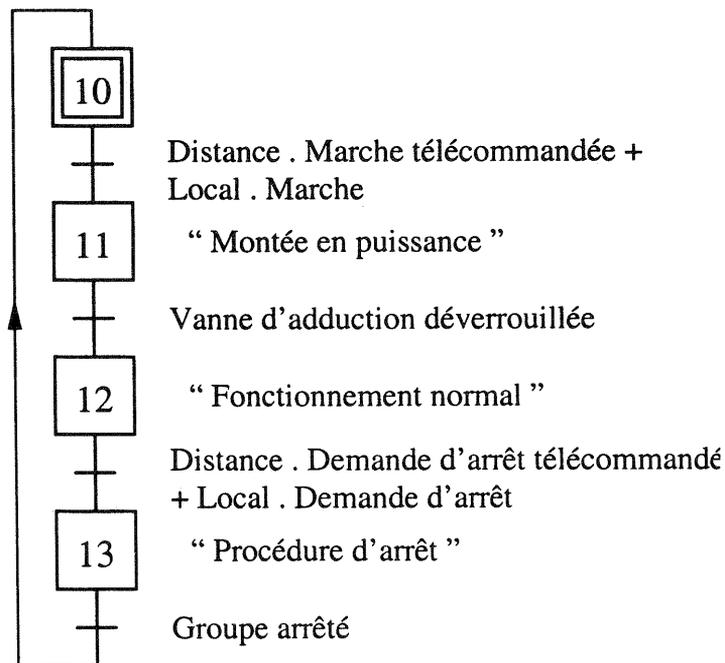


Fig. 8

C. Graphe de montée en puissance. (GMP)

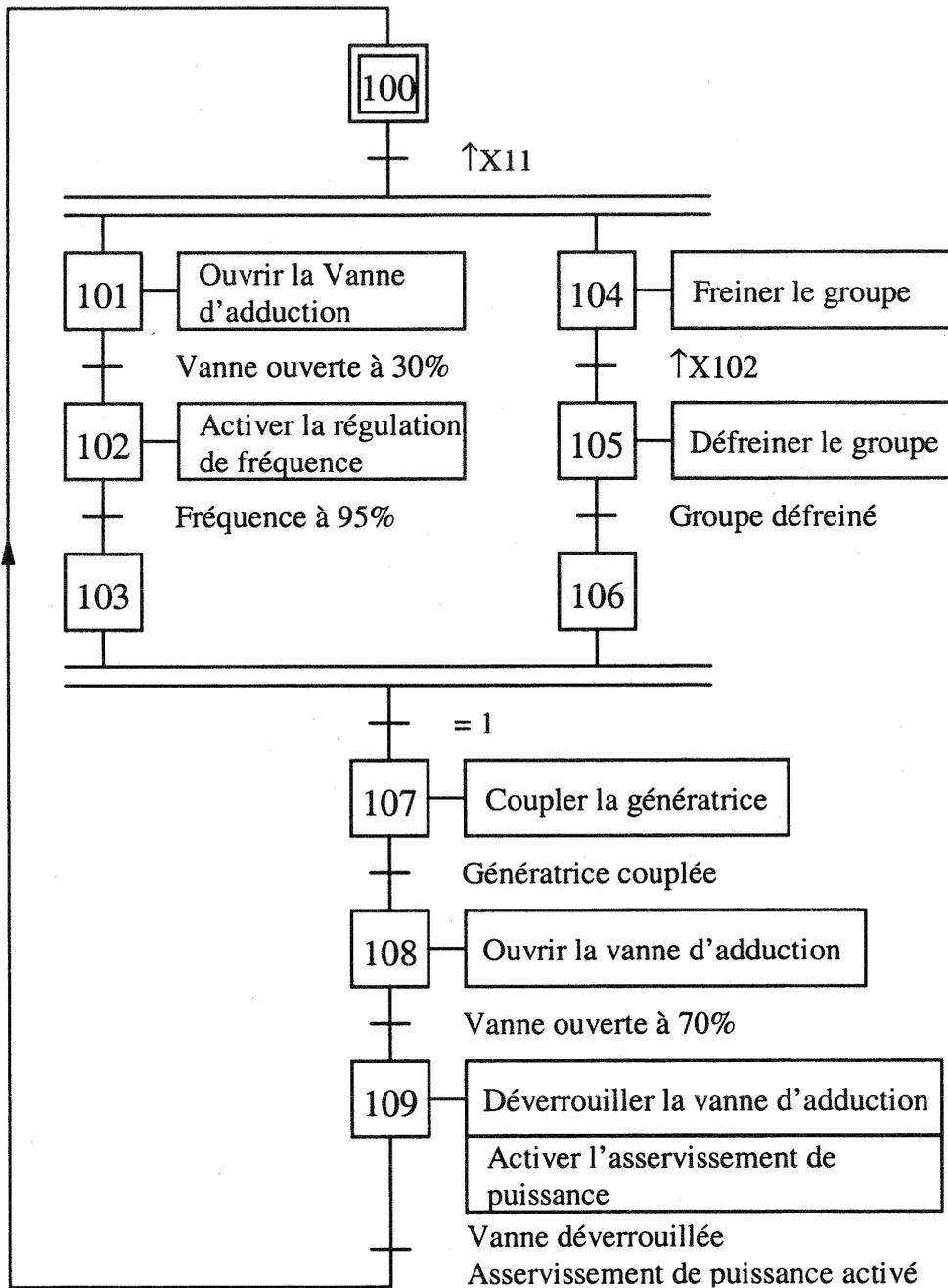


Fig. 9

C.2.1 Graphe des entrées-sorties.

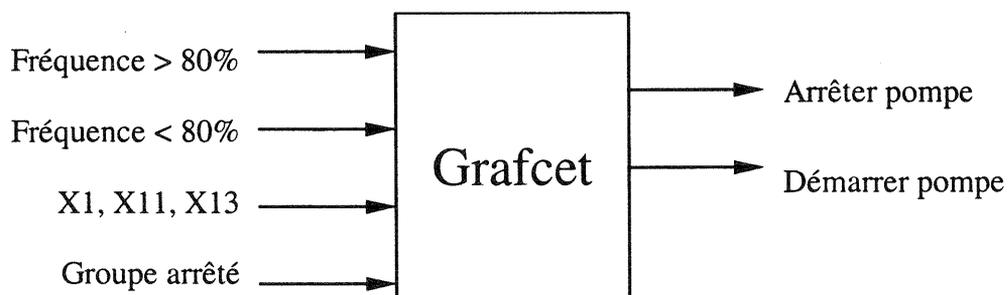


Fig. 10

D. Etude de la régulation de fréquence

Les servovalves à trois étages :

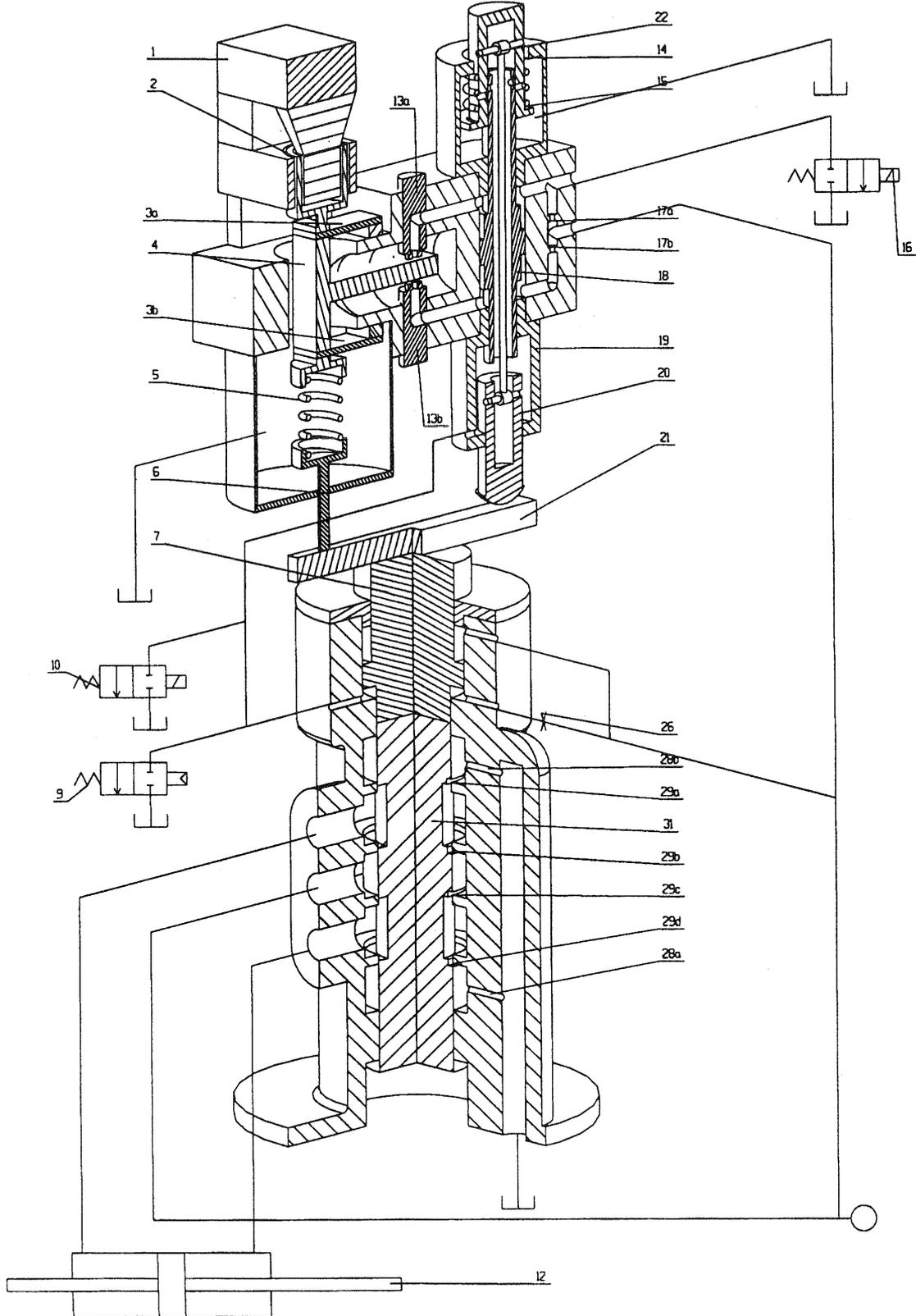


Fig. 11

La servovalve.

Présentation.

La servovalve transforme le courant électrique d'entrée en un déplacement proportionnel et précis d'un distributeur hydraulique (31). Ce dernier alimente un servomoteur (12) agissant sur un organe d'adduction d'eau de la turbine.

Vu l'importance du débit à moduler, on utilise ici une servovalve à trois étages d'amplification. Le premier, électro-hydraulique, commande le tiroir de distribution (18) du second étage, hydromécanique. Le second étage pilote le tiroir de distribution (31) constituant le troisième étage.

Description d'une servovalve.

Le rôle du premier étage est de transformer un courant électrique en un déplacement du tiroir de distribution (18). Le déplacement du tiroir (18) est commandé par deux distributeurs symétriques, comprenant les diaphragmes (17a et 17b), les buses (13a et 13b) et la palette (4). La palette peut se déplacer verticalement de quelques dixièmes de millimètre (jeux entre la palette et les buses). Cette palette est soumise à trois forces verticales :

- une force obtenue par la compression du ressort (5), fonction de la position de l'ensemble (servomoteur (7), tiroir (31), tige (21) et palpeur (6) en liaison glissière avec le corps de la servovalve (1)).
- une force obtenue grâce à la précontrainte appliquée dans les lames élastiques (3a et 3b) lors du montage.
- une force engendrée par le passage du courant électrique dans la bobine (2) solidaire de la palette (4).

Remarque : en régime permanent, la palette est en position moyenne (équidistante des deux buses), en équilibre sous l'action du ressort et des lames. Le courant dans la bobine est nul.

Le second étage constitué du tiroir (18) pilote le servomoteur différentiel (7) solidaire du tiroir de distribution (31). Le piston différentiel (7) est soumis sur sa petite face supérieure à une pression constante et sur sa grande face inférieure à une pression variable dont la modulation provoque son mouvement. Cette modulation est réalisée par le déplacement du tiroir (18) par rapport à l'ensemble (douille (14), tige (22) et piston (20)) qui met en vis à vis la lumière du tiroir (18) et celle de la douille (14).

Fonctionnement .

A partir du régime permanent, l'apparition d'un ordre de déplacement vers le bas du piston produit chronologiquement les effets suivants :

En traversant la bobine, le courant de sortie de l'amplificateur soumet la palette (4) à une force verticale dirigée vers le haut. Le déplacement de la palette vers le haut provoque la diminution du débit d'huile sortant de la buse (13a) et l'augmentation du débit d'huile sortant de la buse (13b). Le volume d'huile croît dans la chambre supérieure du servomoteur et décroît dans sa chambre inférieure, il y a donc mouvement vers le bas du tiroir (18). Ce mouvement provoque une augmentation de l'ouverture de la lumière entre le piston (18) et la douille (14). La pression de la chambre intérieure de (19), égale à celle régnant sur la face inférieure du piston (7), baisse. Ce dernier descend, entraînant avec lui le tiroir (31), la douille (14) et le palpeur (6). Il en résulte une diminution de la force appliquée vers le haut sur la palette (4) par le ressort (5). Le mouvement s'arrête lorsque cette variation de force compense celle de la bobine. La palette retrouve alors sa position initiale à mi-distance entre les buses.

Le mouvement vers le bas du tiroir (31) du troisième étage de la servovalve produit un mouvement vers la droite du servomoteur (12) pilotant les pales.

Détails des deux premiers étages de la servovalve :

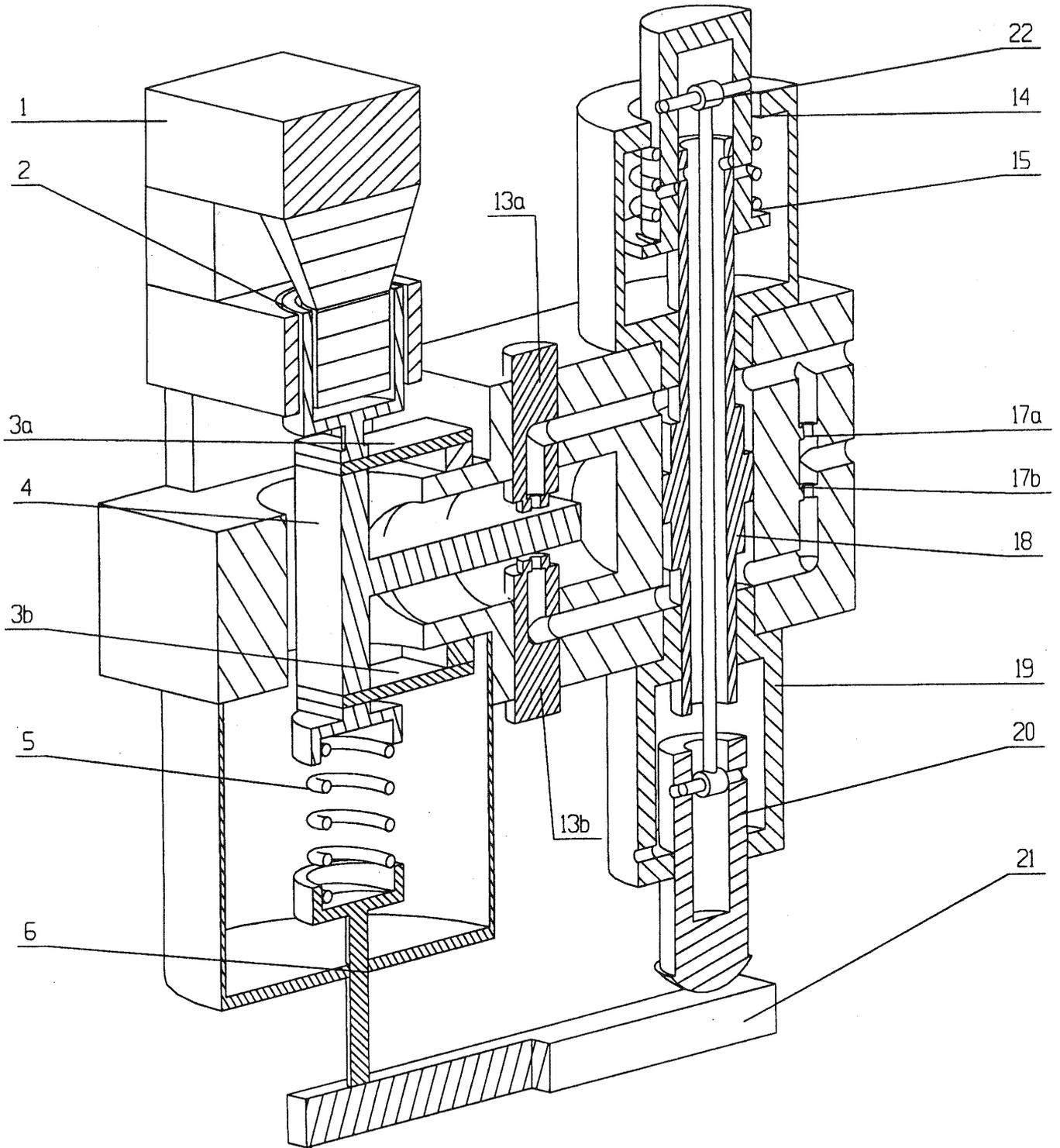


Fig. 12

Détails du troisième étage de la servovalve :

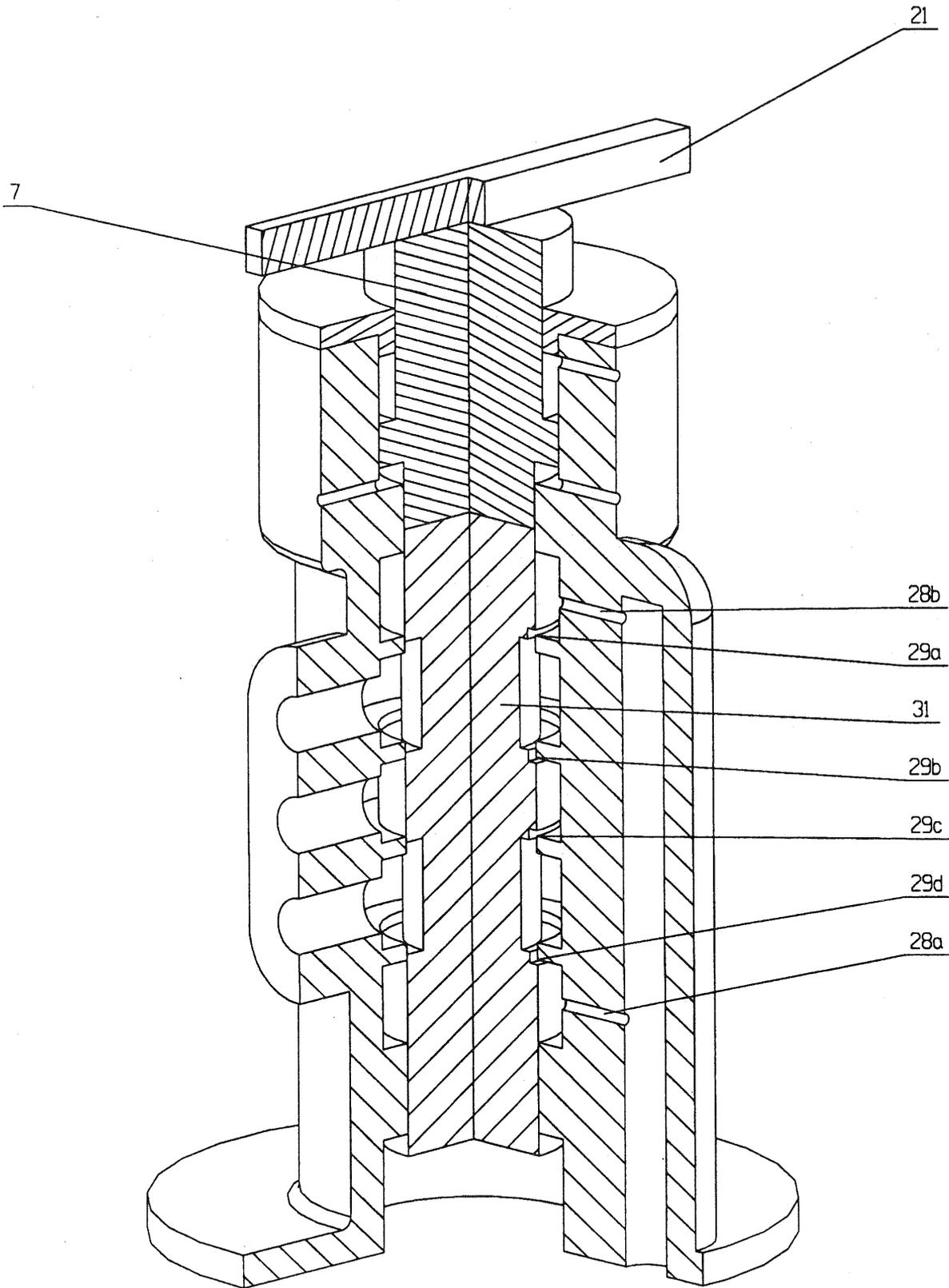


Fig.13

Fin de l'annexe

Examen ou concours : Concours Communs Polytechniques Série* :

Spécialité/option* : FILIÈRE PSI

Repère de l'épreuve : SCIENCES et TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Épreuve/sous-épreuve :

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Si votre composition comporte plusieurs feuilles, numérotez-les et placez les intercalaires dans le bon sens.

Note :

20

Appréciation du correcteur* :

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

DOCUMENT RÉPONSE

Rappel : Les réponses seront inscrites uniquement dans les cases prévues. Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas ramassées en fin d'épreuve et, si elles l'étaient, elles ne seraient pas prises en compte par le correcteur.

A . Analyse fonctionnelle.

A.2. Etude de la fonction produire de l'énergie électrique.

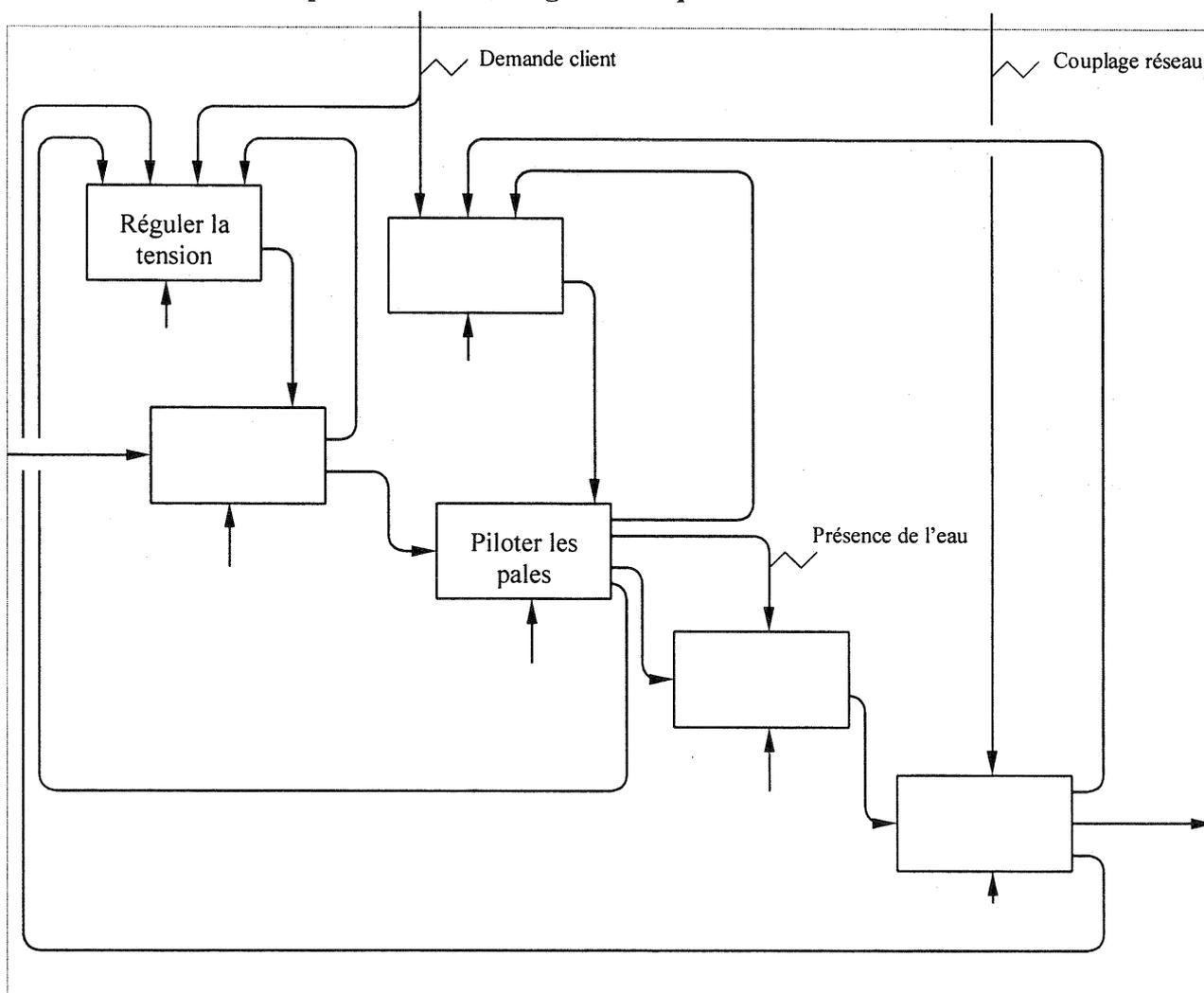


Diagramme A2 : Produire de l'énergie électrique.

Tournez la page S.V.P.

J. 1003-D

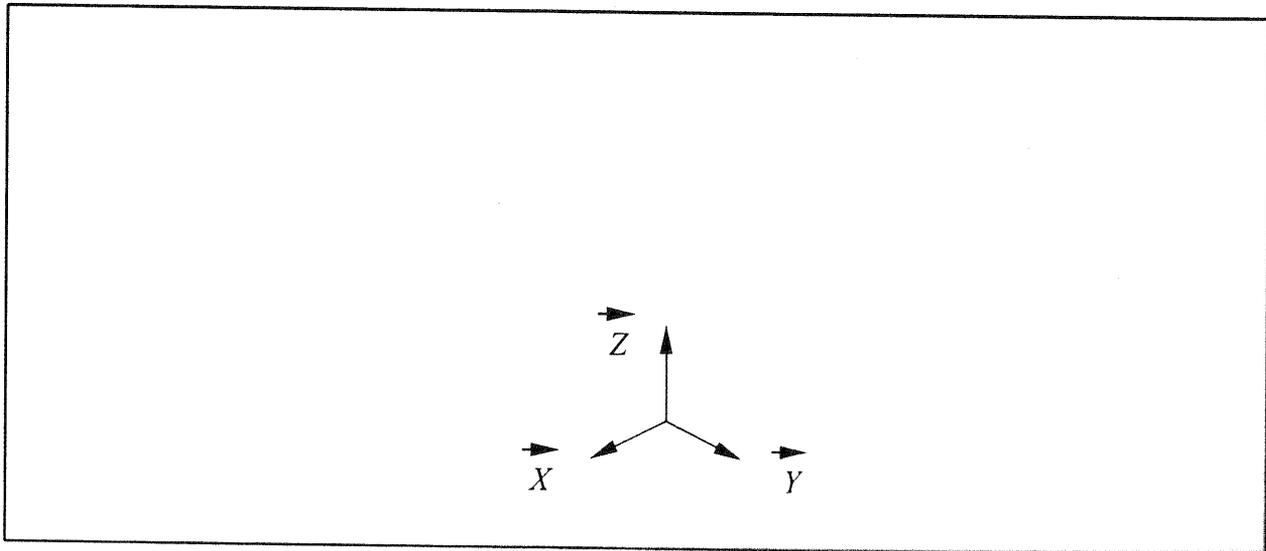
B. Etude de l'ensemble de transmission de puissance.

B.2. Etude cinématique de l'arbre de transmission.

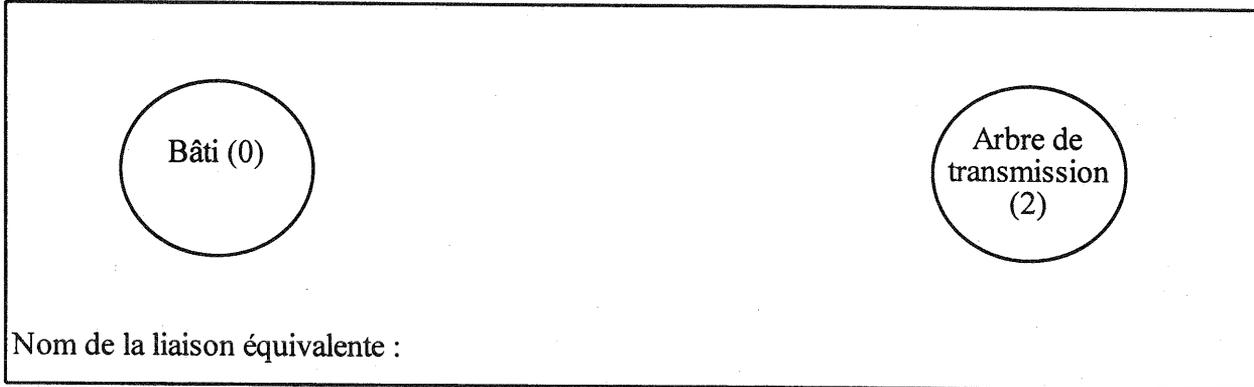
B.2.1. Analyse des liaisons entre le bâti (0) et l'arbre de transmission (2).

	Nom de la liaison	Torseur cinématique (point et base)
L ₂₋₃ : Liaison arbre / élément de guidage en rotation		$\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \end{array} \right\}$
L ₂₋₄ : Liaison arbre / plateau de pression		$\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \end{array} \right\}$
L ₂₋₅ : Liaison arbre / élément de guidage en rotation		$\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \end{array} \right\}$

B.2.2. Schéma cinématique.



B.2.3. Graphe des liaisons entre le bâti (0) et l'arbre de transmission (2).



B.2.4. Hyperstatisme et mobilité de la liaison.

$h =$ $m_c =$

B.3. Etude statique de l'arbre de transmission.

B.3.1. Arbre de transmission au repos.

A large, empty rectangular box with a black border, intended for drawing or calculation.

B.3.2. Pression de contact P_0 entre l'arbre (2) et le plateau (4).

$P_0 =$

B.4. Etude de la mise en rotation de l'arbre.

B.4.1. Etude des frottements.

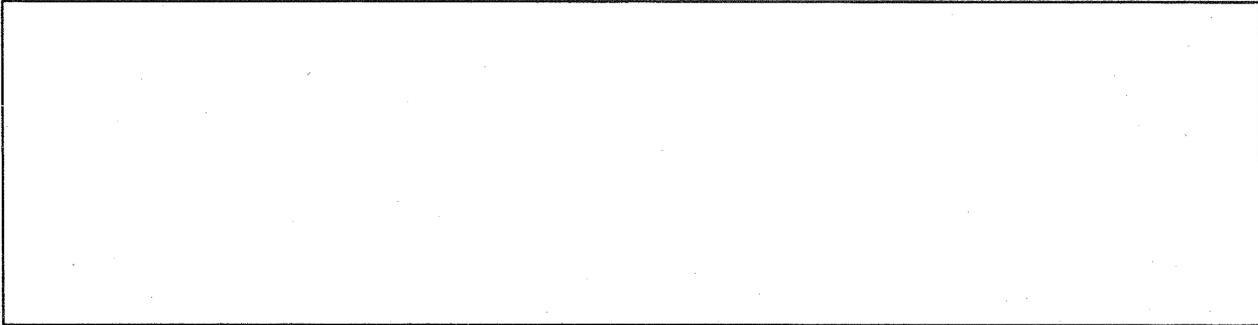
$\{T_{(3 \rightarrow 2)}\} = \left\{ \begin{array}{cc} _ & _ \\ _ & _ \\ _ & _ \end{array} \right\}$ $\{T_{(4 \rightarrow 2)}\} = \left\{ \begin{array}{cc} _ & _ \\ _ & _ \\ _ & _ \end{array} \right\}$ $\{T_{(5 \rightarrow 2)}\} = \left\{ \begin{array}{cc} _ & _ \\ _ & _ \\ _ & _ \end{array} \right\}$

$N_{42} =$

B.5. Energie cinétique de l'ensemble en rotation.

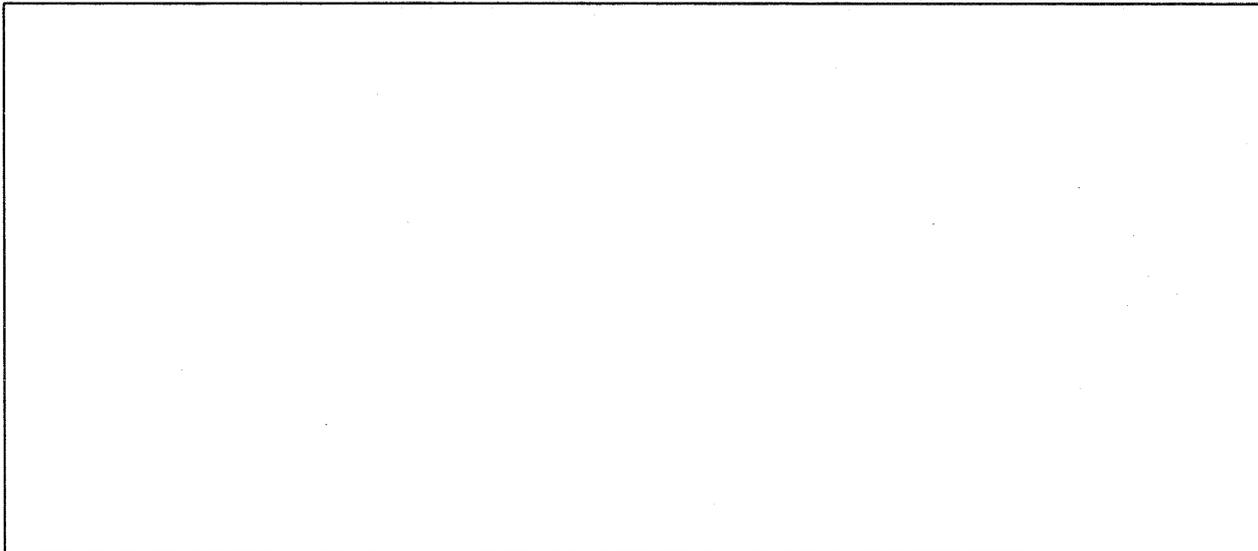
B.5.1. Moment d'inertie de l'ensemble en rotation.

B.5.2. Energie cinétique de l'ensemble en rotation.

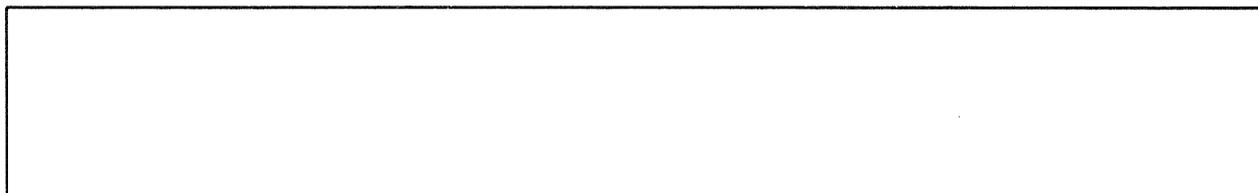


B.6. Aspect énergétique.

B.6.1. Théorème de l'énergie cinétique.



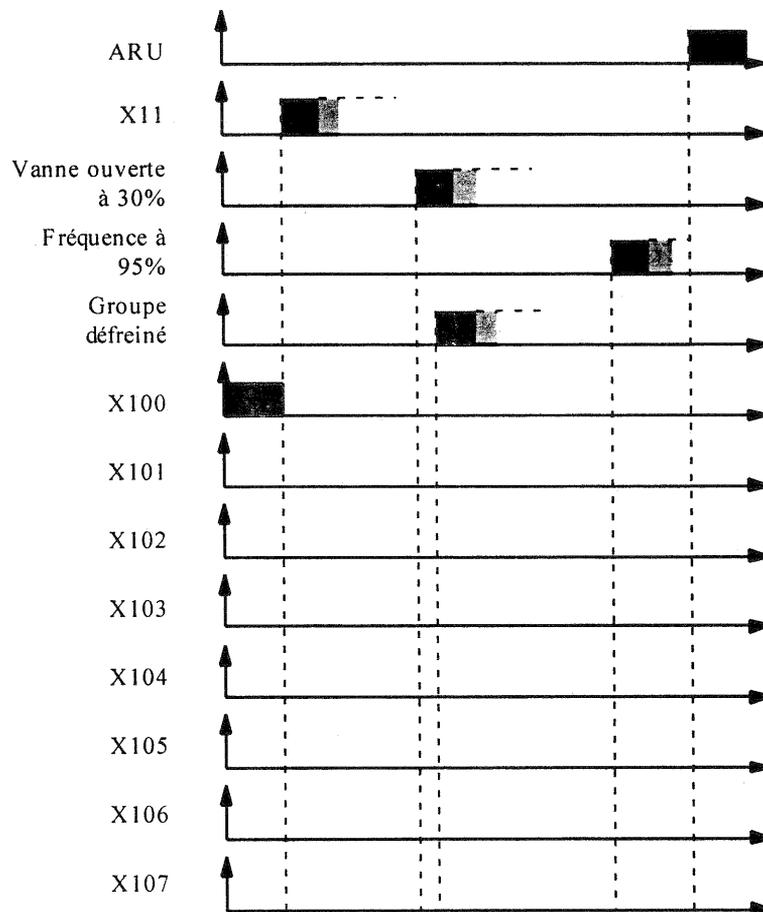
B.6.2. Energie dissipée en chaleur.



C. Etude de la mise en route d'un groupe.

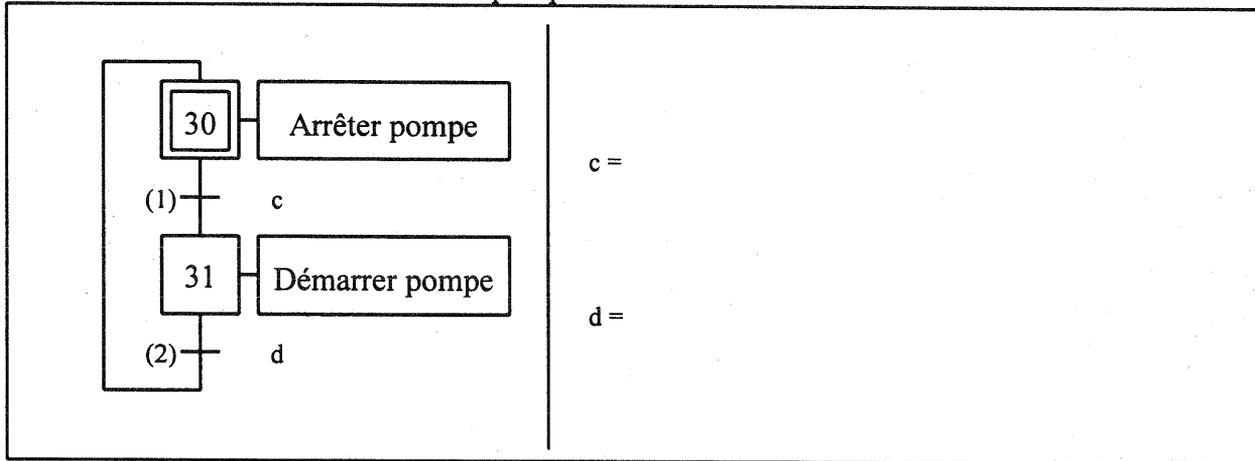
C.1. Procédure de démarrage.

C.1.1. Montée en puissance.

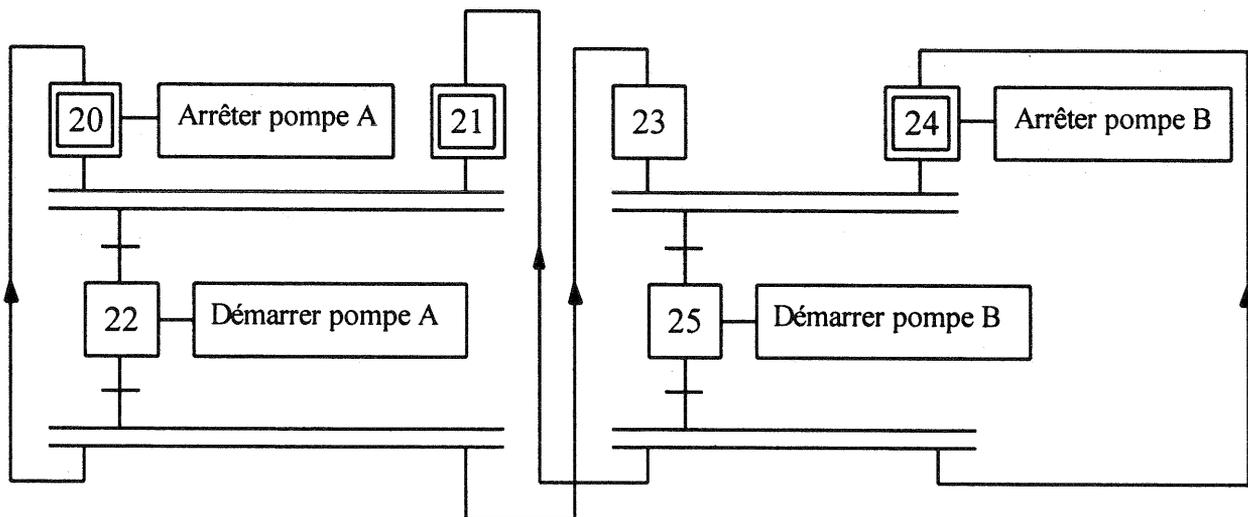


C.2. Etude des pompes d'injection.

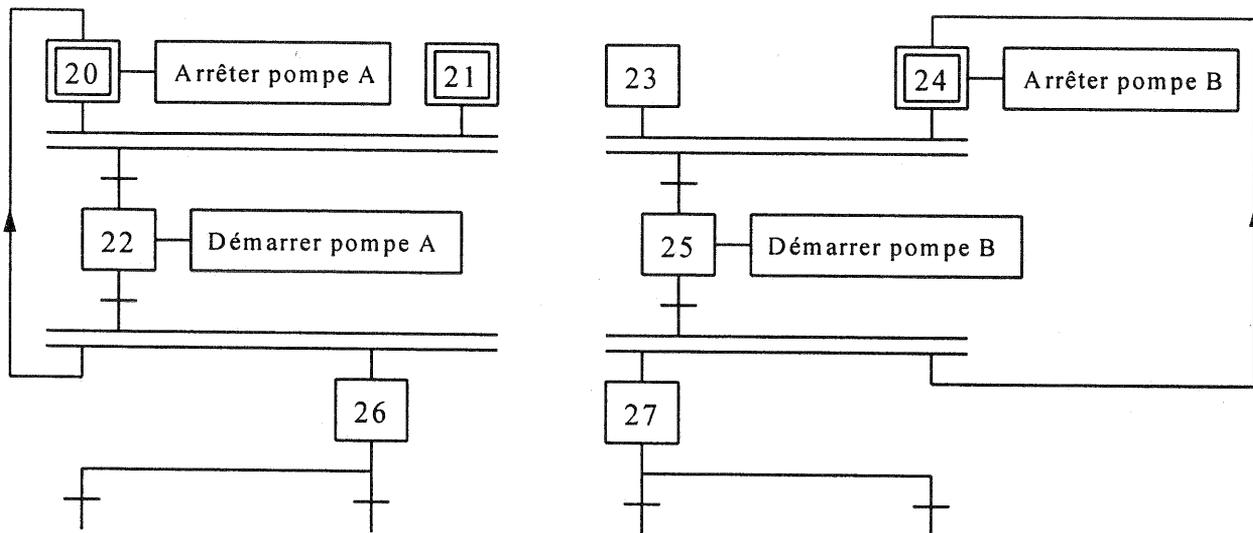
C.2.1. Fonctionnement normal d'une pompe.



C.2.2. Fonctionnement normal des deux pompes.



C.2.3. Fonctionnement complet des deux pompes.



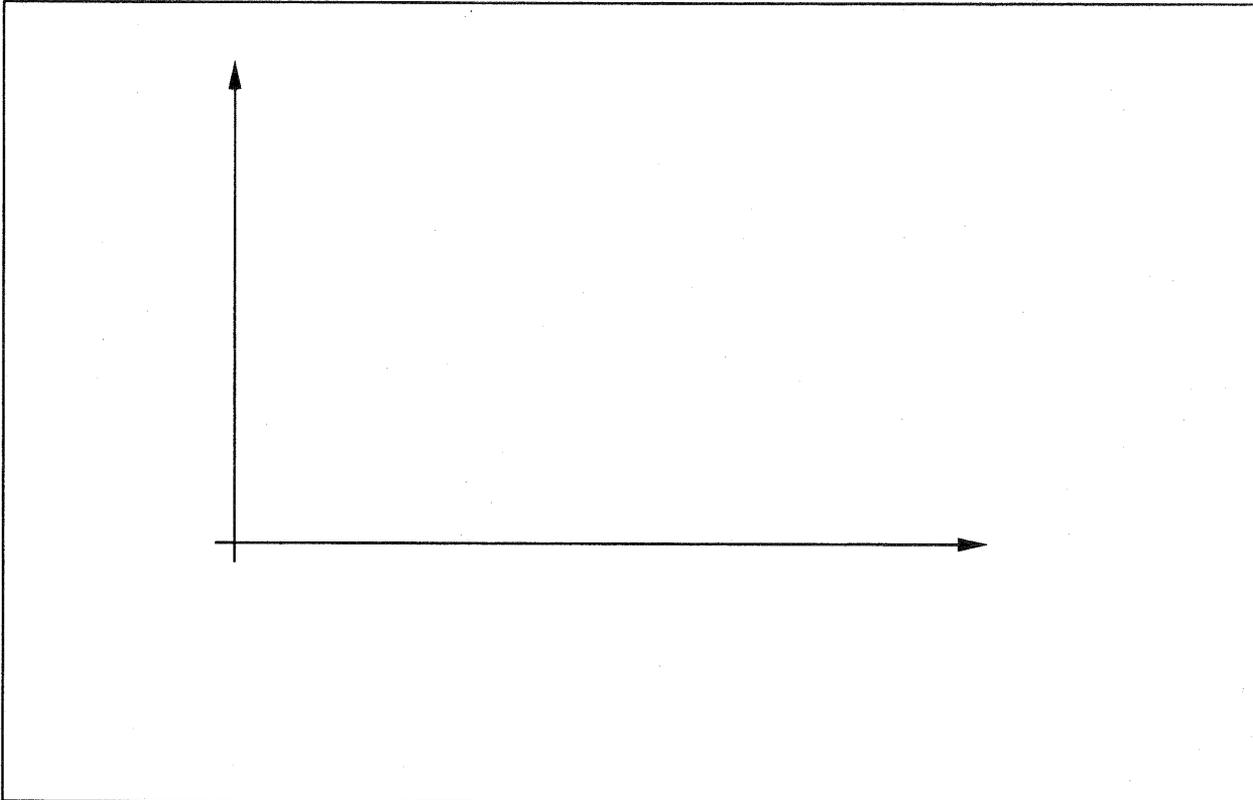
D. Etude de la régulation de fréquence.

D.1. Etude du premier et du second étages de la servovalve.

D.1.2. Fonction de transfert.

	résultat :
	$K =$
	$T =$

D.1.3. Réponse indicielle.

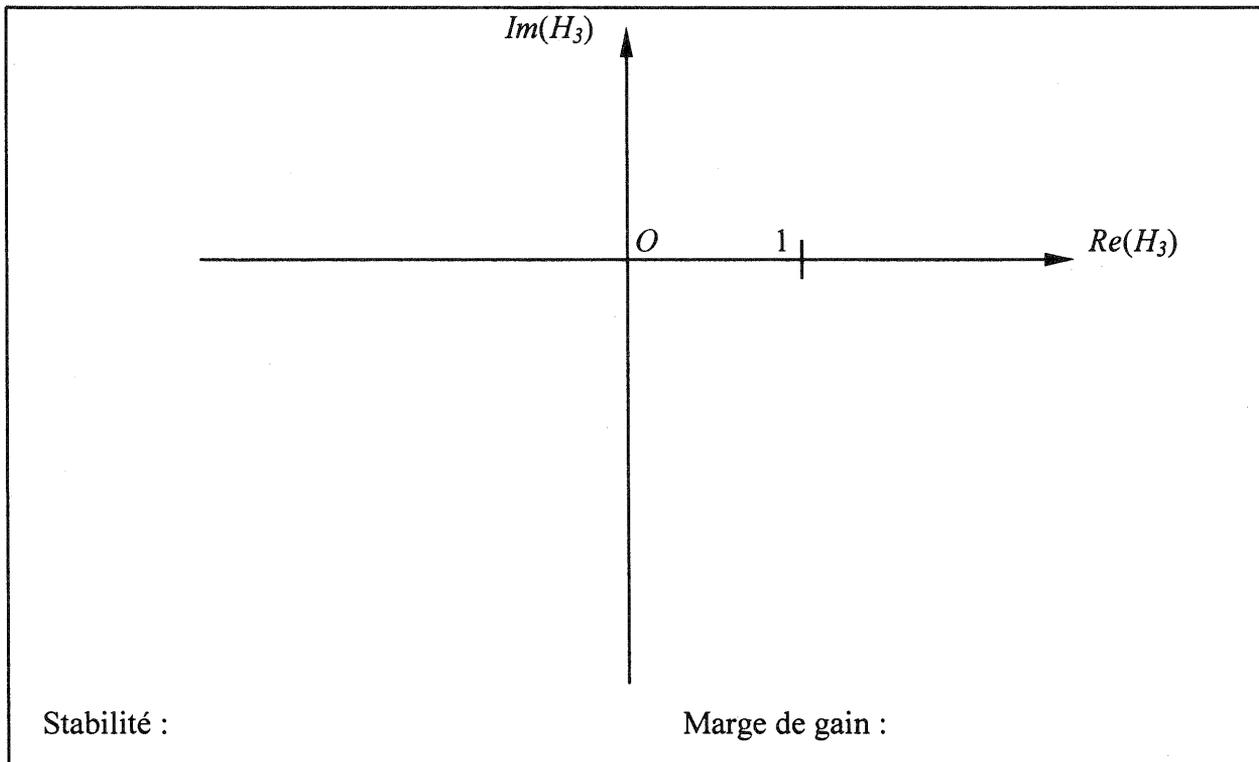


D.2. Etude de l'ensemble servovalve - servomoteur.

D.2.2. Fonction de transfert.

	résultat : $H_3(p) =$
--	--------------------------

D.2.3. Réponses en fréquence.



D.2.4. Précision de cet asservissement de position.

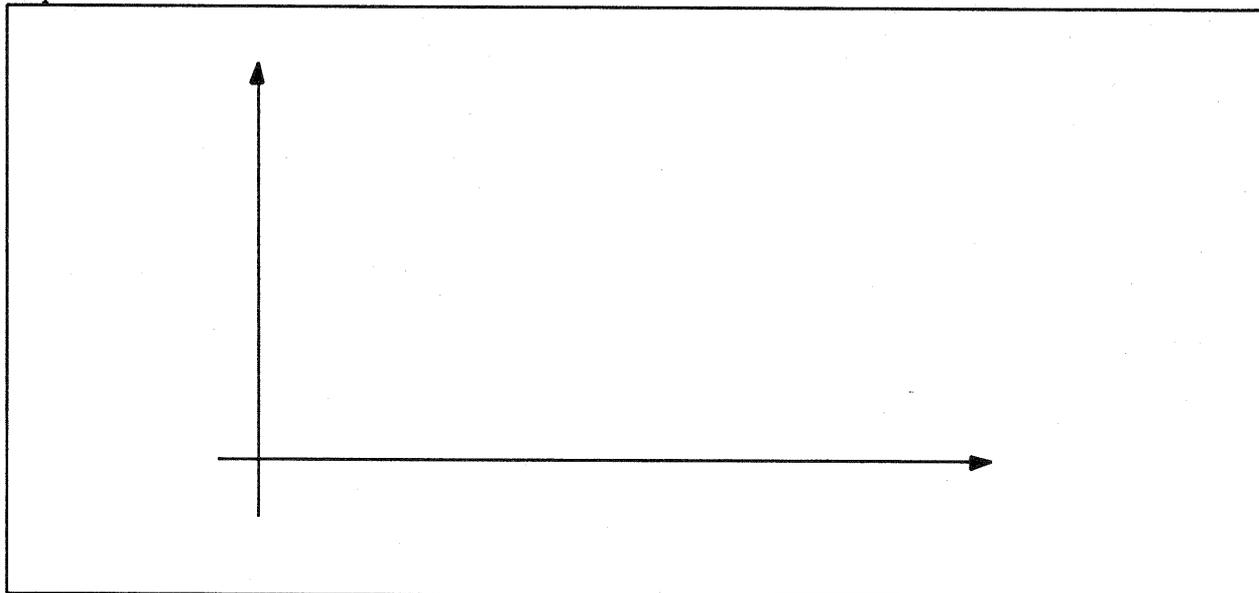
	<p>résultat :</p> <p>$\epsilon_0 =$</p> <p>$\epsilon_v =$</p>
--	---

D.2.5. Rapidité de cet asservissement.

	résultat : $G_3(p) =$
--	--------------------------

	résultat : A.N. $\omega_p =$ = $\zeta =$ =
--	---

Réponse indicielle :

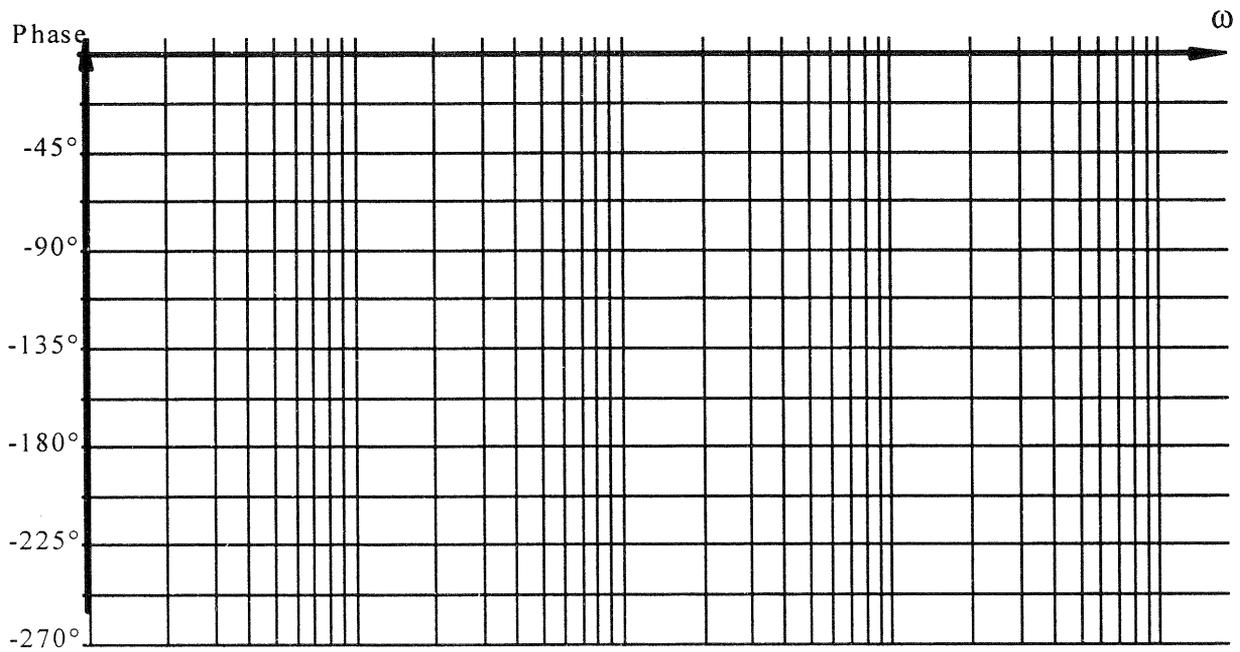
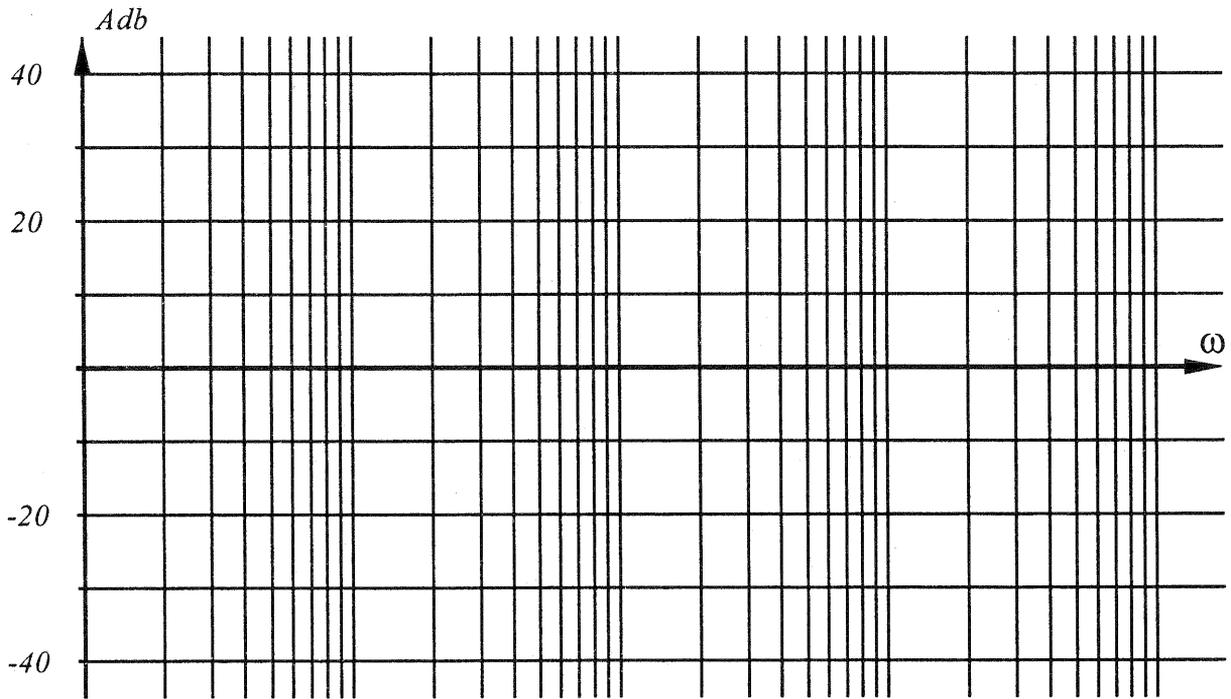


D.3. Régulation de fréquence.

D.3.1. Fonction de transfert.

	résultat : $H_4(p) =$
--	--------------------------

D.3.2. Diagrammes.



D.3.3. Précision de la régulation.

	<p>résultat :</p> <p>$\epsilon_0 =$</p>
--	--

D.3.4. Correction de la régulation.

	<p>résultat :</p> <p>$K_i =$</p>
--	---

