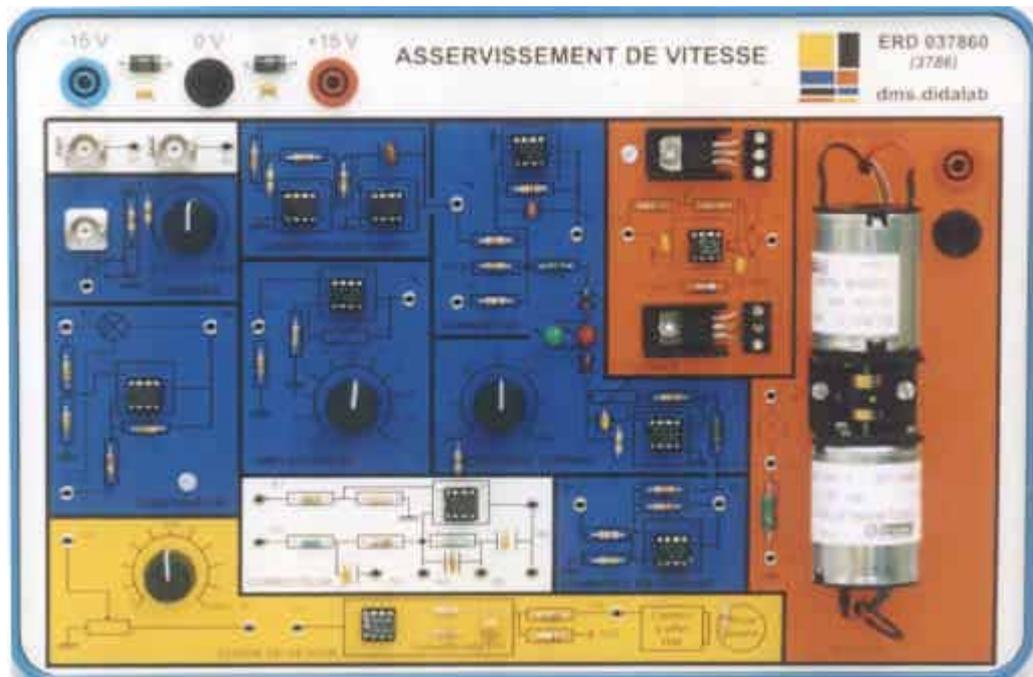


# ERD037860

## Asservissement de Vitesse



# TRAVAUX PRATIQUES



Date de révision: 20/05/08

Z.A. de la Clé St Pierre  
5, rue du Groupe Manoukian  
78990 ELANCOURT  
Tél. : (33) 01 30 66 08 88  
Fax : (33) 01 30 66 72 20

Réf. : ERD037860



## *Présentation de la maquette*

### I. BANC DE MACHINES TOURNANTES

#### I.1. PRESENTATION

Les machines sont deux moteurs à courant continu à aimant permanent.

Les caractéristiques nominales sont :

$U_n = 12 \text{ V}$ ,  $I_n = 0,43 \text{ A}$ ,  $n_n = 3700 \text{ tr/min}$ ,  $T_n = 7,7 \text{ mNm}$ ,  
 $P_u = 3 \text{ W}$ ,  $P_a = 6,2 \text{ W}$ .

Les caractéristiques à vide sont (sous tension nominale) :

$n_v = 5000 \text{ tr/min}$ ,  $I_v = 0,1 \text{ A}$ ,  $P_{av} = 1,2 \text{ W}$ .

*Autres caractéristiques des machines :*

*3 lames au collecteur, résistance  $8 \Omega$ , inductance  $10 \text{ mH}$ , constante de couple  $0,0214 \text{ Nm/A}$ , constante de temps électrique  $1,3 \text{ ms}$ , constante de temps mécanique  $36 \text{ ms}$ , inertie  $19 \text{ g.cm}^2$ , masse  $96 \text{ g}$ .*

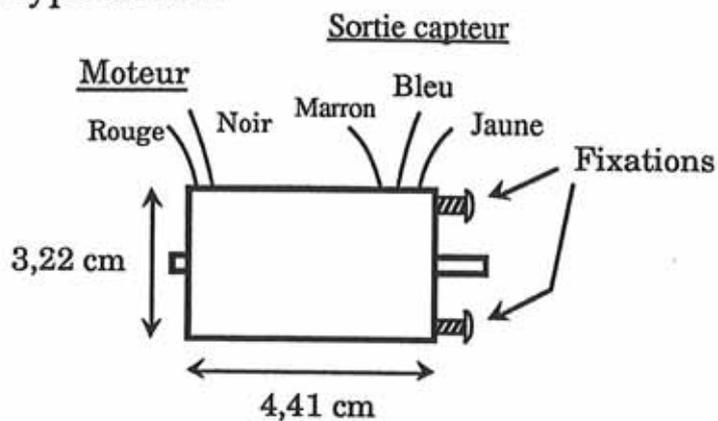
Des applications industrielles de ces moteurs sont :

Imprimantes, photocopieurs, pompes à membranes, systèmes de détection, motorisation de gyrophare.

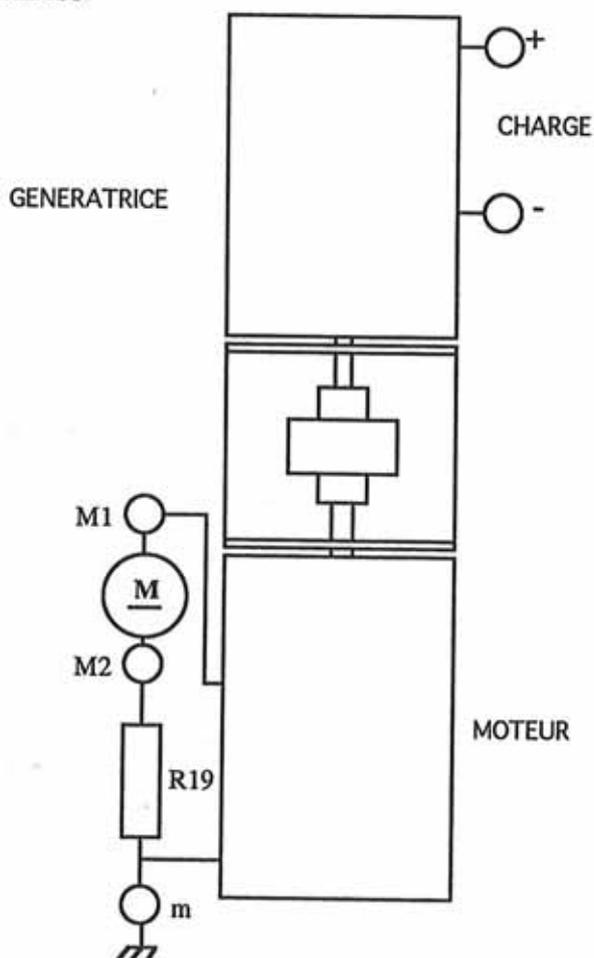
Une roue polaire (5 paires de pôles) associée à un capteur à effet Hall est intégrée à chacun des moteurs. Elle permet donc de détecter la vitesse(mais pas son signe).

L'autre machine est utilisée en génératrice pour pouvoir charger le moteur.

Deux machines suffisent ainsi pour l'étude des asservissements. Les machines sont associées par des accouplements de type cardan.



Banc de machines



Sur la maquette, l'une des deux machines fonctionne en moteur. L'alimentation de ce moteur se fait entre Sp et M1. La résistance placée entre Mp et m permet la visualisation de l'intensité du courant traversant le moteur.

L'autre machine fonctionne en génératrice et un rhéostat branché à ses bornes permet de charger le moteur.

Une sortie dite "vitesse" permet la mesure de la vitesse du groupe tournant : c'est la sortie Ca du capteur à effet Hall qui permet d'avoir accès à l'information vitesse.

En Ca on dispose d'une tension en créneaux : 5 créneaux par tour. La fréquence des créneaux est proportionnelle à la vitesse.

Une méthode simple de la mesure de la vitesse est de brancher un fréquencemètre entre Ca et la masse :

$$f = pn$$

Comme  $p = 5$  ( $p$  étant le nombre de paires de pôles), nous obtenons la relation simple :

$$n = \frac{f}{5} \quad (n \text{ étant exprimée en tr/s})$$

## I.2. EXPERIMENTATION

Alimenter le moteur entre les bornes M1 et M2 par une source de tension continue réglable.

Brancher aux bornes "vitesses", un oscilloscope et, si possible, un fréquencemètre.

Pour différentes valeurs de la tension continue  $U$ , relever la fréquence  $f$  de la tension "vitesse"  $u$ .

Sachant que la vitesse  $n$ , exprimée en tours par seconde, est liée à la fréquence  $f$  par la relation  $n = \frac{f}{5}$ , tracer le graphe  $f(n)$ .  
Conclure.

Brancher un rhéostat de  $500 \Omega$ , 1 A aux bornes de la génératrice.

Placer un ampèremètre permettant la mesure de l'intensité  $I$  du courant traversant l'induit du moteur.

Pour une tension d'alimentation constante et égale à 10 V, faire varier la charge du moteur et tracer la caractéristique  $n(I)$ .

Faire varier la tension d'alimentation  $U$  tout en agissant sur le rhéostat de charge pour maintenir l'intensité traversant l'induit du moteur à une valeur constante ( $I = 0,4$  A par exemple) ; relever la caractéristique  $U(n)$  du moteur,

## II. CHAÎNE DIRECTE

### II.1. PRESENTATION

La chaîne directe est constituée du groupe tournant muni de son alimentation. Deux montages à amplificateurs

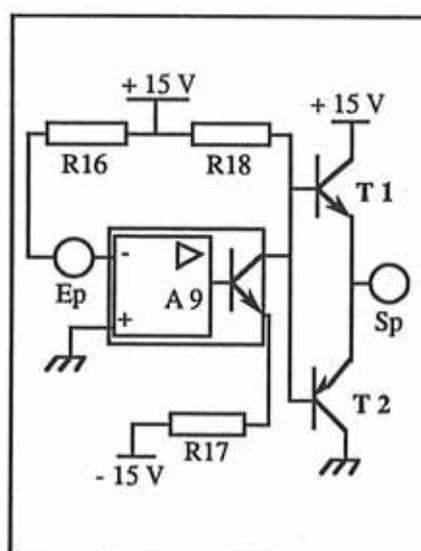
opérationnels sont associés à cette alimentation : un pour une limitation en courant, l'autre pour une commande en courant. Nous verrons l'utilité de ces deux montages ultérieurement.

Nous nous intéressons ici à l'alimentation.

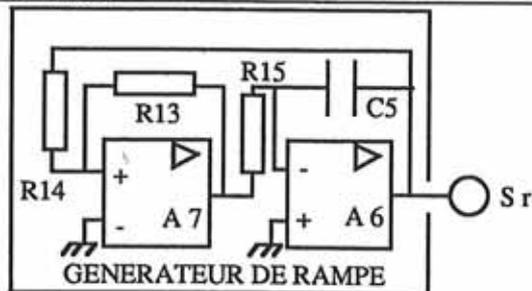
La partie puissance utilise un amplificateur de puissance à transistors NPN et PNP capable de délivrer un courant d'intensité supérieure à un ampère.

Associé à un LM311, il peut fonctionner en tout ou rien.

Pour cela, il faut appliquer à l'entrée  $E_p$  du montage une tension triangulaire munie d'une composante continue (tension d'offset).

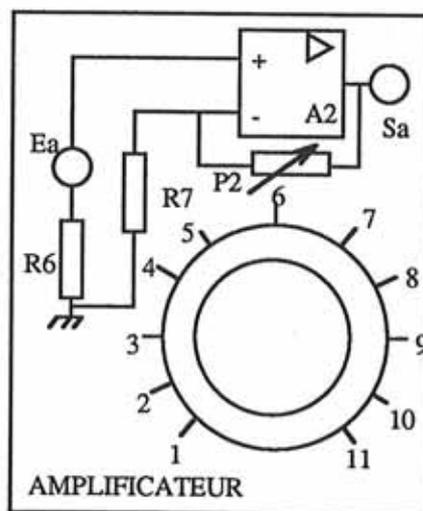


Cette tension triangulaire peut provenir d'un GBF ou du générateur de rampe intégré à la maquette :

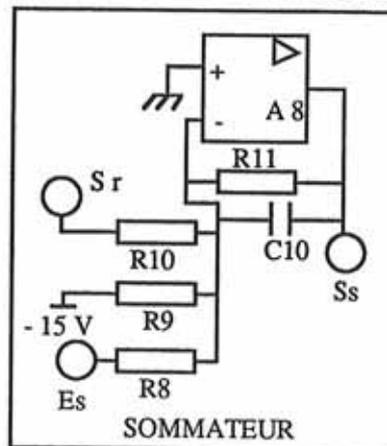


Ce générateur de rampe fonctionne à fréquence fixe et délivre une tension symétrique à la sortie  $S_g$ .

Une tension continue provenant d'un montage à amplificateur opérationnel permet de disposer à la sortie  $S_a$  d'une composante continue :



Cette composante continue peut être ajoutée à la tension triangulaire par l'intermédiaire d'un sommateur :



Pour cela il faut relier les bornes Sa et Es entre elles. En Ss on dispose alors d'une tension triangulaire munie d'une composante continue.

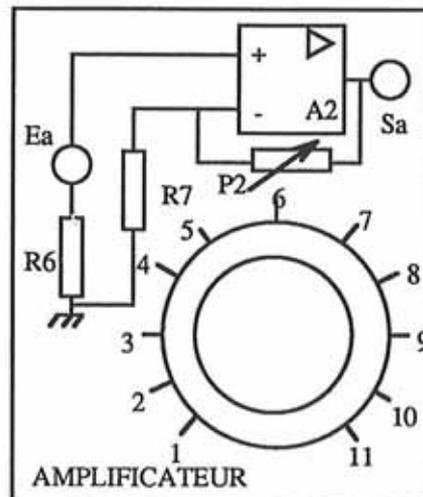
En reliant les bornes Ss et Ep par un court-circuit, l'amplificateur de puissance peut fonctionner en hacheur. L'action sur le potentiomètre du montage amplificateur modifie la valeur de la tension continue réglable appliquée à l'entrée du sommateur permettant ainsi la modification du rapport cyclique de la tension de sortie.

Cet ensemble constitue une source de tension réglable : il y a alors possibilité de modifier la valeur moyenne de la tension appliquée aux bornes du moteur (en reliant les bornes Sp et M1 entre elles).

## II.2. EXPERIMENTATION

### a) Première partie du montage

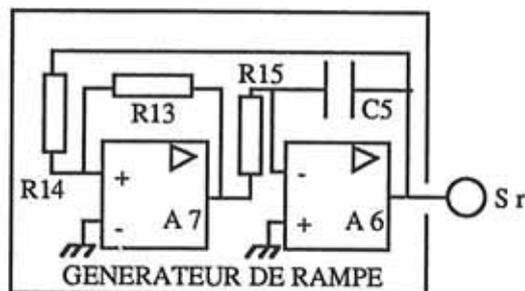
#### Amplificateur



Appliquer en  $E_a$  une tension continue  $U$  d'amplitude 2 V.  
 Mesurer la tension  $u_{sa}$  disponible à la borne  $S_a$  pour différentes positions  $p$  du potentiomètre. Tracer  $u_{sa}(p)$ .  
 Tracer une autre caractéristique  $u_{sa}(p)$  pour une autre valeur de  $U$ .

### b) Deuxième partie du montage

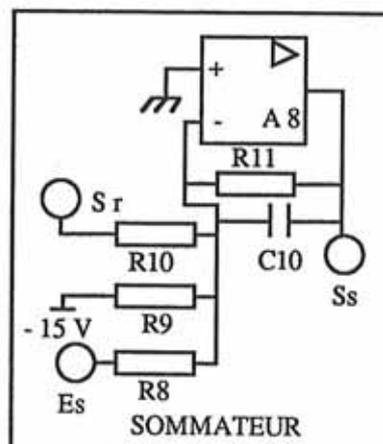
#### Générateur de rampe



Brancher l'une des voies d'un oscilloscope en  $S_r$ .  
 Quelle est la forme de la tension obtenue ? Mesurer son amplitude et sa fréquence.

### c) Troisième partie du montage

#### Sommateur



La maquette est alimentée en  $\pm 15$  V.

Appliquer en  $E_a$  une tension continue réglable : la tension provenant de  $S_c$  par exemple.

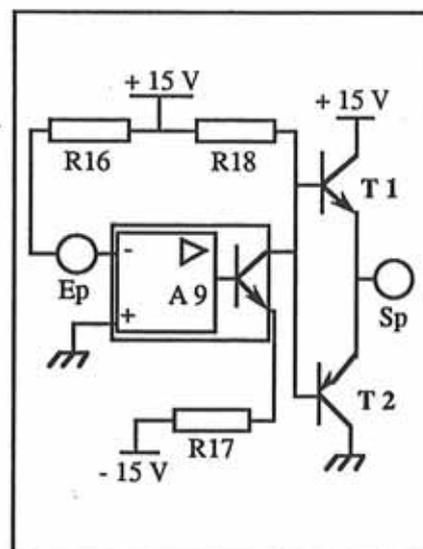
Appliquer  $E_s$  la tension provenant de  $S_a$ .

Visualiser successivement les tensions disponibles aux bornes  $S_a$ ,  $S_b$  et  $S_s$ .

Décrire l'influence du potentiomètre du montage amplificateur sur la tension de sortie.

#### d) Quatrième partie du montage

##### Puissance



La maquette étant alimentée en  $\pm 15$  V, appliquer en  $E_p$  une tension triangulaire d'amplitude 5 V et de fréquence 1 kHz provenant d'un GBF.

Relier la borne **Sp** à une voie d'un oscilloscope. Vérifier que l'on obtient une tension en créneaux 0/15 V de même fréquence que la tension d'entrée et de rapport cyclique 0,5.

Rajouter une composante continue à la tension d'entrée (positive puis négative). Quelle est l'influence de cette composante continue sur la tension de sortie ?

Charger le montage par un rhéostat de 120  $\Omega$ , 2 A (Rhéostat à brancher entre **Sp** et la masse. Intercaler dans le circuit de charge un ampèremètre mesurant les valeurs moyennes du courant.

Mesurer l'intensité moyenne du courant que fournit le montage amplificateur pour différentes positions du curseur du rhéostat.

Un GBF est-il capable de fournir directement un tel courant ? D'où provient l'essentiel du courant appelé par le rhéostat ?

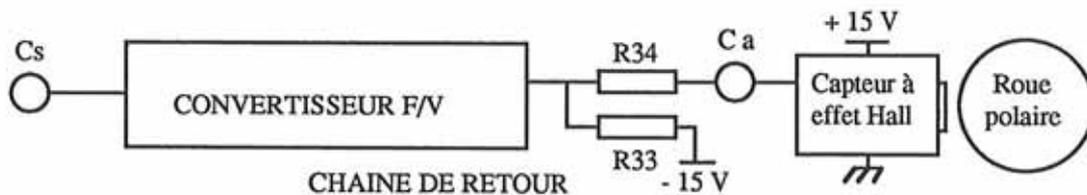
Remplacer le GBF par le montage constitué du générateur de rampe, de l'amplificateur et du sommateur.

Recommencer la série des manipulations précédentes et montrer que le montage alimentant l'amplificateur de puissance est assimilable au GBF précédent fonctionnant à fréquence fixe.

## III. CHAÎNE DE RETOUR

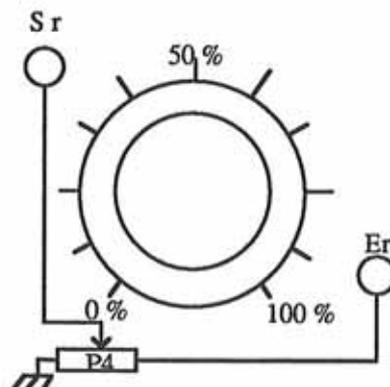
### III.1. PRESENTATION

La chaîne de retour est constituée par un ensemble d'éléments permettant de convertir la vitesse du groupe en une tension continue à partir d'un convertisseur intégré vitesse-tension. L'information vitesse à convertir est disponible à la borne Ca. La tension image de la vitesse est disponible en Cs.



(L'ensemble capteur à effet Hall/roue polaire est situé au niveau du moteur).

La chaîne de retour est complétée par un diviseur de tension permettant de réinjecter une fraction de la tension image de la vitesse :



## III.2. EXPERIMENTATION

Placer en Cs un voltmètre continu ainsi que l'une des voies d'un oscilloscope.

Appliquer en Ca une tension en créneaux 0/10 V de fréquence 200 Hz. Relier l'autre voie de l'oscilloscope à cette borne.

Relever la forme des signaux. Vérifier que la tension de sortie du montage est assimilable à une tension continue.

Quelle est la valeur qu'indique le voltmètre ?

L'amplitude de la tension étant maintenue constante, modifier sa fréquence. Mesurer la tension  $u_{Cs}$  pour  $f = 50$  Hz, 100 Hz, 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, 700 Hz, 800 Hz, 900 Hz et 1000 Hz.

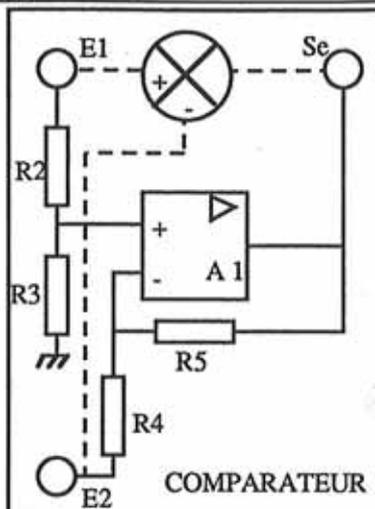
Tracer la caractéristique  $u_{Cs}(f)$ .

Sur quelle plage de fréquences le circuit intégré fait-il une conversion fréquence-tension ?

## IV. COMPAREUR

### IV.1. PRESENTATION

Le comparateur est un amplificateur de différence qui donne en sortie (borne Se) la différence des tensions appliquées aux bornes E1 et E2.



## IV.2. EXPERIMENTATION

- Appliquer en E1 et E2 deux tensions continues de même valeur.

Mesurer la tension disponible sur la voie Se.

- Appliquer en E1 une tension continue de 2 V et E2 une tension sinusoïdale d'amplitude 1 V et de fréquence 1000 Hz.

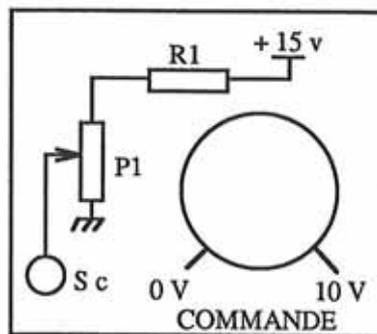
Visualiser, à l'oscilloscope, la tension disponible sur la voie Se.

Le montage réalise-t-il l'amplification de la différence des signaux d'entrée ?

## V. COMMANDE

### V.1. PRESENTATION

La tension de commande est générée en Sc par un pont diviseur de tension. Cette tension sert de tension de consigne pour la régulation de la vitesse du moteur.



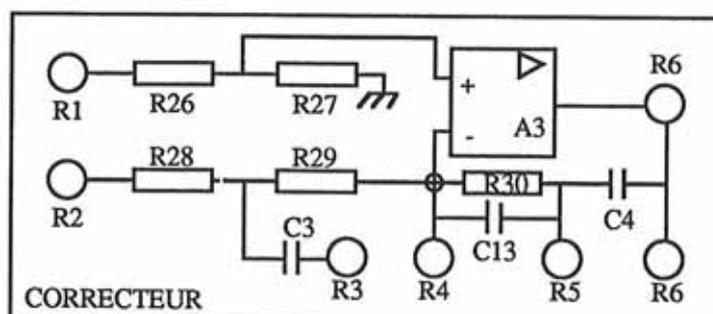
## V.2. EXPERIMENTATION

Placer un voltmètre en  $S_c$ . Vérifier, en agissant sur le potentiomètre, que la tension  $u_{S_c}$  évolue entre 0 V et 10 V.

## VI. CIRCUIT CORRECTEUR

### VI.1. PRESENTATION

Le montage choisi représente un correcteur de type industriel.



Suivant les connexions réalisées entre les bornes  $R_3$  et  $R_4$  d'une part,  $R_5$  et  $R_6$  d'autre part, le correcteur peut être du type :

- proportionnel (P) (R5 et R6 en court-circuit),
  
- proportionnel dérivée (P.D.) (R3 et R4 en court-circuit, R5 et R6 en court-circuit),
  
- proportionnel intégral (P.I.) (aucune liaison entre R3 et R4 ainsi qu'entre R5 et R6),
  
- proportionnel intégral dérivée (P.I.D) (aucune liaison entre R5 et R6 alors que R3 et R4 sont en court-circuit).

## VI.2. EXPERIMENTATION

L'étude qui suit peut se faire avec un oscilloscope classique, cependant les fréquences de coupure utilisées étant basses, pour une étude plus confortable un oscilloscope à mémoire est conseillé.

### VI.2.1 CORRECTEUR PROPORTIONNEL

Mettre les bornes R5 et R6 en court-circuit alors qu'il n'y a aucune connexion entre les bornes R3 et R4.

Appliquer à la borne R une tension triangulaire symétrique d'amplitude 0,5 V et de fréquence 5 Hz.

Visualiser cette tension à l'oscilloscope. Agir sur le décalage d'offset du générateur pour que la valeur moyenne de cette tension d'entrée soit nulle.

Observer la tension de sortie disponible à la borne R6.

Justifier l'appellation "proportionnel".

Si la tension d'entrée est sinusoïdale quelle est la forme de la tension de sortie ?

Effectuer une vérification expérimentale en appliquant en R2 une tension sinusoïdale d'amplitude 0,5 V et de fréquence 5 Hz. Comparer les phases des tensions d'entrée et de sortie.

Modifier la fréquence de la tension d'entrée (prendre 50 Hz). Vérifier que le déphasage entre les tensions disponibles aux bornes R2 et R6 n'est pas modifiée.

Calculer l'amplification du montage.

### VI.2.2 CORRECTEUR PROPORTIONNEL DERIVEE

Mettre les bornes R3 et R4 en court-circuit ainsi que les bornes R5 et R6.

Appliquer à la borne R2 une tension triangulaire symétrique d'amplitude 0,5 V et de fréquence 5 Hz.

Visualiser cette tension à l'oscilloscope. Agir sur le décalage d'offset du générateur pour que la valeur moyenne de cette tension d'entrée soit nulle.

Observer la tension de sortie disponible à la borne **R6**.

Justifier l'appellation "proportionnel-dérivée".

Si la tension d'entrée est sinusoïdale quelle est la forme de la tension de sortie ?

Effectuer une vérification expérimentale en appliquant en **R2** une tension sinusoïdale d'amplitude  $0,5 \text{ V}$  et de fréquence  $5 \text{ Hz}$ .

En disposant d'un oscilloscope à mémoire, tracer le diagramme de Bode du correcteur et déterminer la fréquence de coupure à  $-3 \text{ dB}$ .

### VI.2.3 CORRECTEUR PROPORTIONNEL INTEGRAL

Aucune connexion n'est réalisée entre les bornes **R3** et **R4** d'une part, **R5** et **R6** d'autre part.

Appliquer à la borne **R2** une tension en créneaux  $-0,5 \text{ V}/+0,5 \text{ V}$  et de fréquence  $0,5 \text{ Hz}$ .

Visualiser cette tension à l'oscilloscope. Agir sur le décalage d'offset du générateur pour que la valeur moyenne de cette tension d'entrée soit nulle.

Observer la tension de sortie disponible à la borne **R6**.

Justifier l'appellation "proportionnel-intégral".

Si la tension d'entrée est sinusoïdale quelle est la forme de la tension de sortie ?

Effectuer une vérification expérimentale en appliquant en R2 une tension sinusoïdale d'amplitude 0,5 V et de fréquence 0,5 Hz.

En disposant d'un oscilloscope à mémoire, tracer le diagramme de Bode du correcteur et déterminer la fréquence de coupure à - 3 dB.

#### VI.2.4 CORRECTEUR PROPORTIONNEL INTEGRAL DERIVEE

Les bornes R3 et R4 sont mises en court-circuit, les bornes R5 et R6 ne sont pas reliées.

Appliquer à la borne R2 une tension en créneaux -0,2 V/+0,2 V et de fréquence 0,5 Hz.

Visualiser cette tension à l'oscilloscope. Agir sur le décalage d'offset du générateur pour que la valeur moyenne de cette tension d'entrée soit nulle.

Observer la tension de sortie disponible à la borne R6.

Appliquer à la borne R2 une tension en créneaux -0,2 V/+0,2 V et de fréquence 5 Hz.

Observer la tension de sortie disponible à la borne **R6** et la comparer à la précédente.

Justifier l'appellation "proportionnel-intégral-dérivée".

Si la tension d'entrée est sinusoïdale quelle est la forme de la tension de sortie ?

Effectuer une vérification expérimentale en appliquant en **R2** une tension sinusoïdale d'amplitude 0,2 V et de fréquence 0,5 Hz.

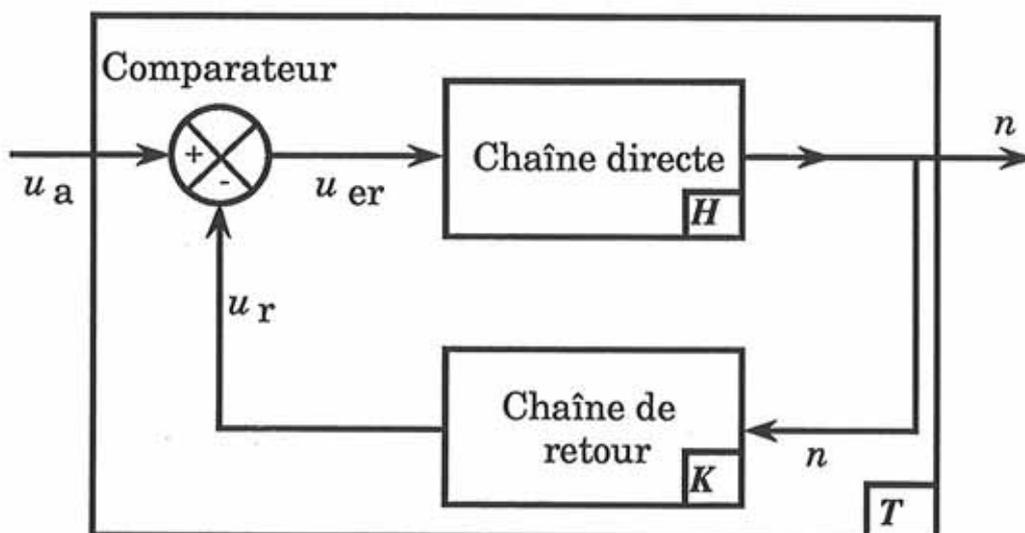
En disposant d'un oscilloscope à mémoire, tracer le diagramme de Bode du correcteur.



## *Régulation de la vitesse d'un moteur à courant continu*

### SYNOPTIQUE

Le synoptique suivant illustre les trois maillons principaux que l'on trouve dans l'ensemble des systèmes bouclés.



### I. PREPARATION

La transmittance du système bouclé est donnée par la relation :

$$T = n/u_a$$

Celle de la chaîne directe est :

$$H = n/u_{er}$$

Celle de la chaîne de retour est :

$$K = u_r/n$$

Donner l'expression du facteur de régulation  $F = 1 + HK$ .

On désire que pour une tension affichée  $u_a = 4 \text{ V}$  corresponde une vitesse  $n_o = 40 \text{ tr/s}$  à vide (ce qui correspond à une fréquence  $f = 200 \text{ Hz}$ ).

Calculer la transmittance  $T$  du système.

Quelles doivent être les valeurs de  $H$  et  $K$  pour que le facteur de régulation soit :

\* de 2,

\* puis de 5.

## II. ETUDE EXPERIMENTALE

Aucun connecteur n'est initialement placé sur la maquette.  
Avec une source de tension symétrique  $\pm 15 \text{ V}$  alimenter la maquette.

### a) Caractéristique $n(i)$ du groupe tournant

- Relier les bornes  $S_s$  et  $E_p$ .
- Intercaler une bobine de lissage d'inductance  $L = 0,3 \text{ H}$  dans le circuit de l'induit du moteur.

- Brancher un fréquencemètre entre Ca et la masse.
- Appliquer en Es, une tension continue  $u_{co}$  provenant d'un générateur auxiliaire telle que l'on ait à vide, une vitesse  $n = n_0 = 40$  tr/s (soit 200 Hz).
- Charger le moteur par un rhéostat ( $120 \Omega/2$  A par exemple) branché aux bornes de la génératrice et relever la caractéristique  $n(i)$  pour  $u_c = u_{co}$ ,  $i$  étant le courant fourni par la génératrice.

b) Etude pour un facteur de régulation  $F = 2$ .

*\*Réglages en chaîne ouverte*

- Relier les bornes Sa et Es. Avec un générateur auxiliaire, appliquer en Ea une tension  $u_{ea}$  telle que l'on ait :

$$u_{ea} = n_0/H$$

- Agir sur le potentiomètre de la chaîne directe pour que l'on ait :

$$n = n_0$$

- Ne pas modifier la valeur de  $u_{ea}$ . Relier entre elles, les bornes Er et Cs. Agir sur le potentiomètre de réglage de la chaîne de retour pour que la tension  $u_r$  soit égale à  $Kn_0$ .

*\*Etude en chaîne fermée*

- Supprimer l'alimentation précédente.
- Relier les bornes Sr et E2, puis les bornes Se et Ea et enfin les bornes Sc et E1. En agissant sur le potentiomètre de commande, appliquer une tension  $u_a$  permettant l'obtention à vide d'une vitesse  $n_0$ .
- En conservant la même valeur pour  $u_a$ , relever la caractéristique  $n(i)$  du groupe tournant.

c) Etude pour un facteur de régulation  $F = 5$ .

Recommencer l'étude précédente pour cette nouvelle valeur du facteur de régulation.

d) Exploitation des résultats

\*Sur un même graphe, tracer les trois caractéristiques  $n(i)$  obtenues :

- $n(i)$  en boucle ouverte,
- $n(i)$  avec un facteur de régulation de 2,
- $n(i)$  avec un facteur de régulation de 5.

\*Pour les deux facteurs de régulation précédent, calculer le rapport entre la variation de vitesse en boucle ouverte,  $n_0 - n(i)$ , et la variation de vitesse en boucle fermée  $n_0 - n'(i)$ .

Pour deux valeurs de  $i$  calculer les valeurs expérimentales des deux facteurs de régulation choisis théoriquement.

Les comparer aux valeurs théoriques.

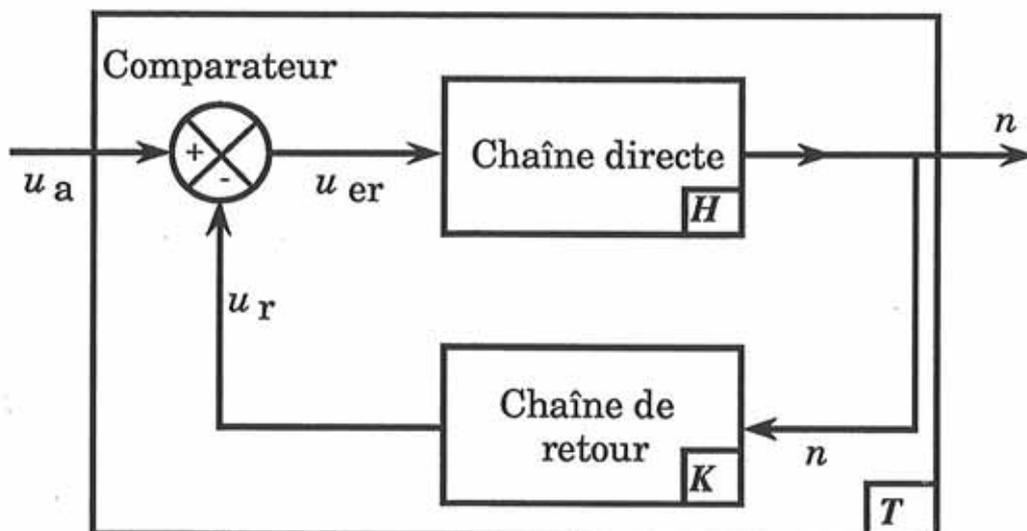


# *Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu : étude en régime dynamique*

## I. PRESENTATION

### SYNOPTIQUE

Le synoptique suivant illustre les trois maillons principaux que l'on trouve dans l'ensemble des systèmes bouclés.

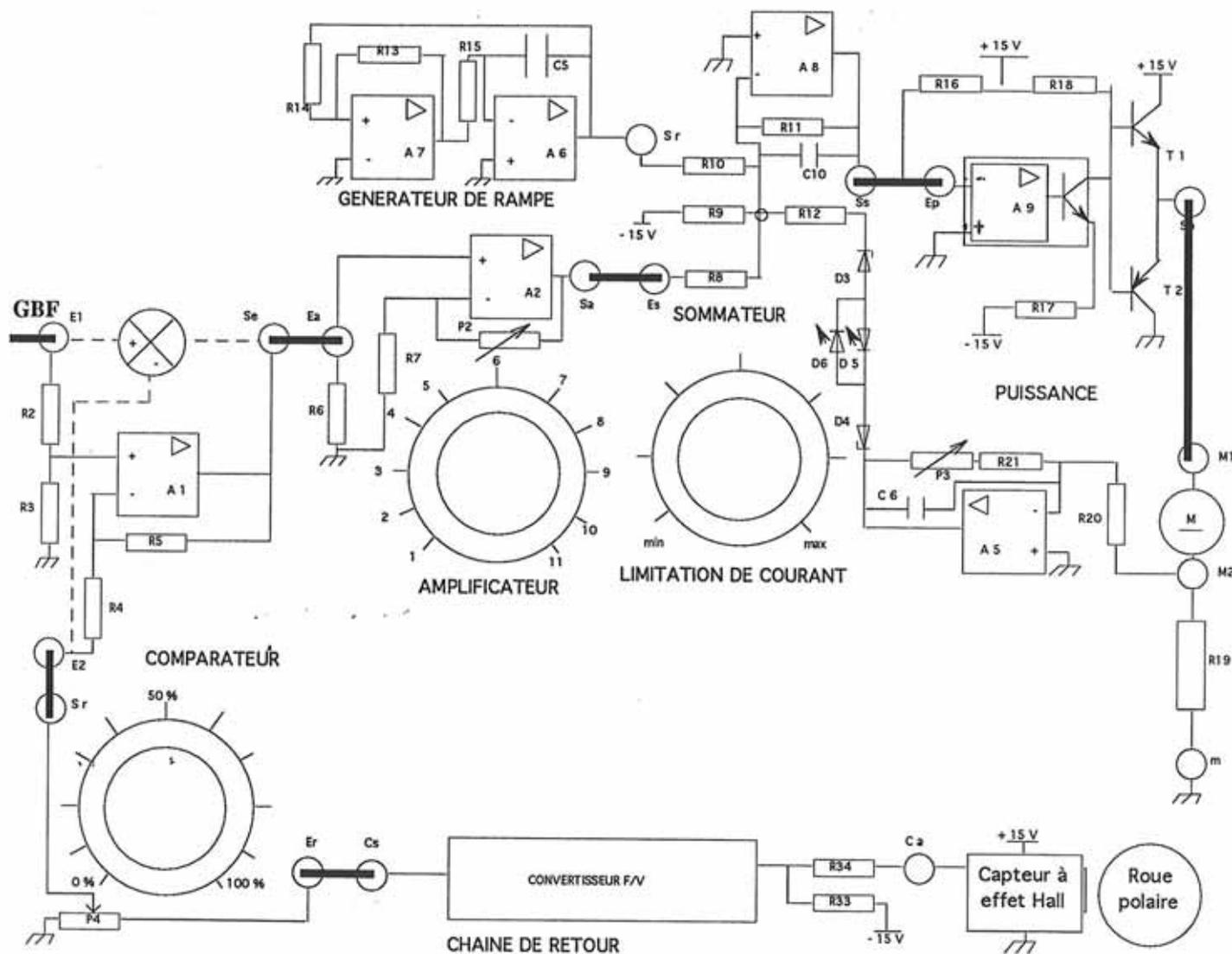


L'expérimentation proposée dans la leçon précédente, consistait à faire une étude d'un asservissement de vitesse en régime statique.

Dans cette leçon nous proposons une étude qualitative d'un asservissement de vitesse en régime dynamique.

## Manipulation préliminaire

Réaliser le montage suivant :



Appliquer à la borne E1 une tension en créneaux 2 V/4 V, de fréquence 0,5 Hz.

Régler le potentiomètre de limitation de courant à sa valeur minimale.

*Remarque :*

*Les fréquences de coupure étant basses, l'étude expérimentale doit être réalisée avec un oscilloscope à mémoire ou une carte d'acquisition avec un logiciel de traitement de données. MULTISCAN, logiciel multicarte sous Windows, se prête particulièrement à ce type d'étude.*

Visualiser la tension de consigne appliquée à la borne E1 ainsi que l'image la vitesse qui est la tension disponible à la borne Sr.

Relever l'échelon de consigne ainsi que la courbe de réponse en vitesse.

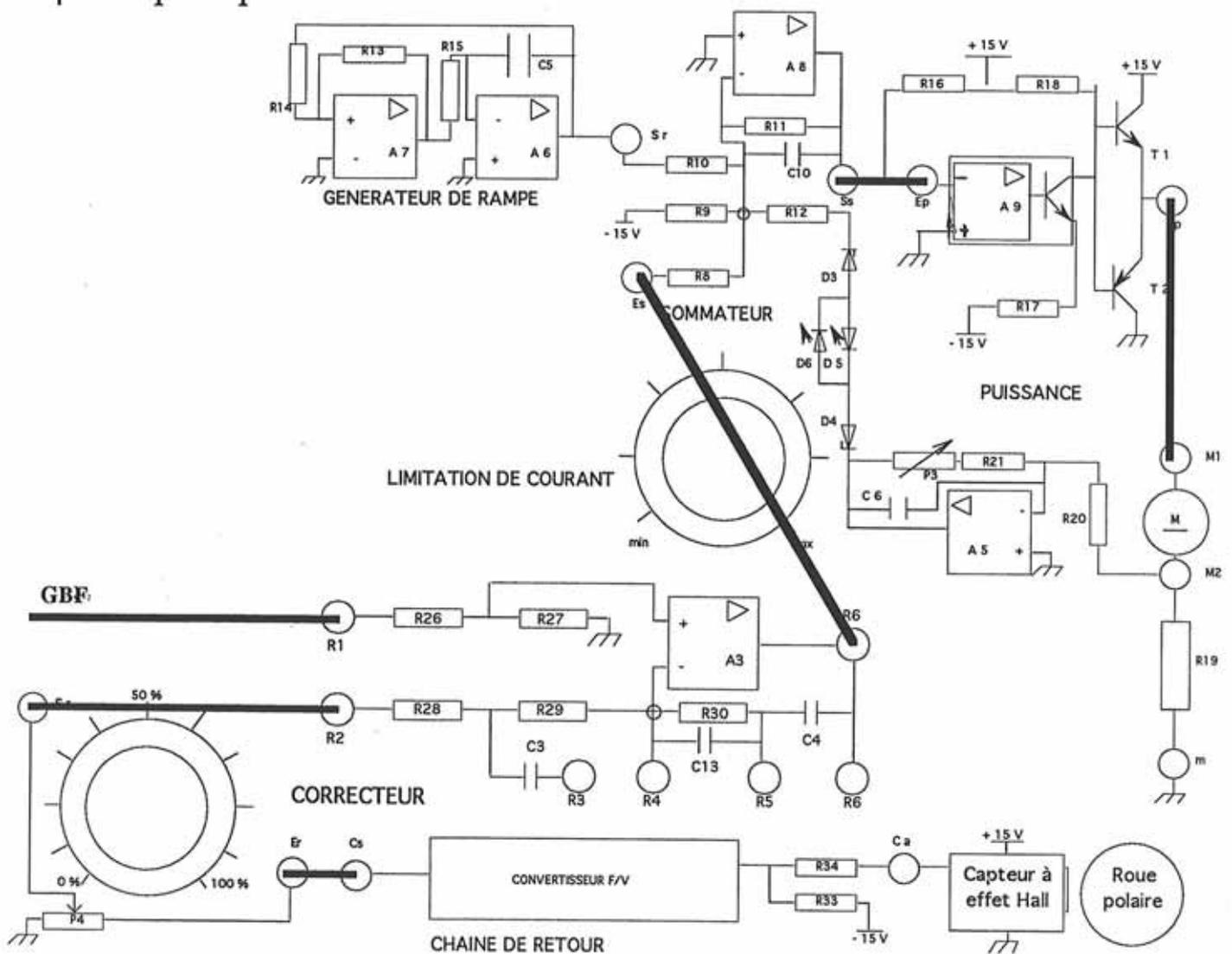
Comparer les deux oscillogrammes obtenus pour différents réglages de l'amplificateur :

- dans le cas d'un retour unitaire c'est-à-dire pour un réglage du gain de la chaîne de retour à 100%,
  
- dans le cas d'un retour non unitaire :
  - gain de la chaîne de retour réglée à 80%,
  - gain de la chaîne de retour réglée à 50%.

Vérifier qu'une commande dans laquelle on ne fait varier que le gain de la chaîne directe est insuffisante pour une bonne réponse à un échelon de consigne.

Pour une réponse correcte, il est nécessaire d'intercaler un système correcteur. Le système que nous avons choisi regroupe les fonctions d'un correcteur de type industriel.

Ce système correcteur est en réalité un peu plus que correcteur car il possède également la fonction comparaison et la fonction amplification. Ce qui donne le montage de principe suivant :



L'objectif de ce T.P. est de montrer :

- qu'un système à commande uniquement proportionnelle peut avoir un effet désastreux sur la stabilité d'un asservissement ;
- qu'un système à commande proportionnelle et intégrale est plus précis qu'un système à commande proportionnelle ;
- qu'un système à commande proportionnelle et dérivée est plus rapide qu'un système à commande proportionnelle.

## II. EXPERIMENTATION

Réaliser le montage proposé précédemment.

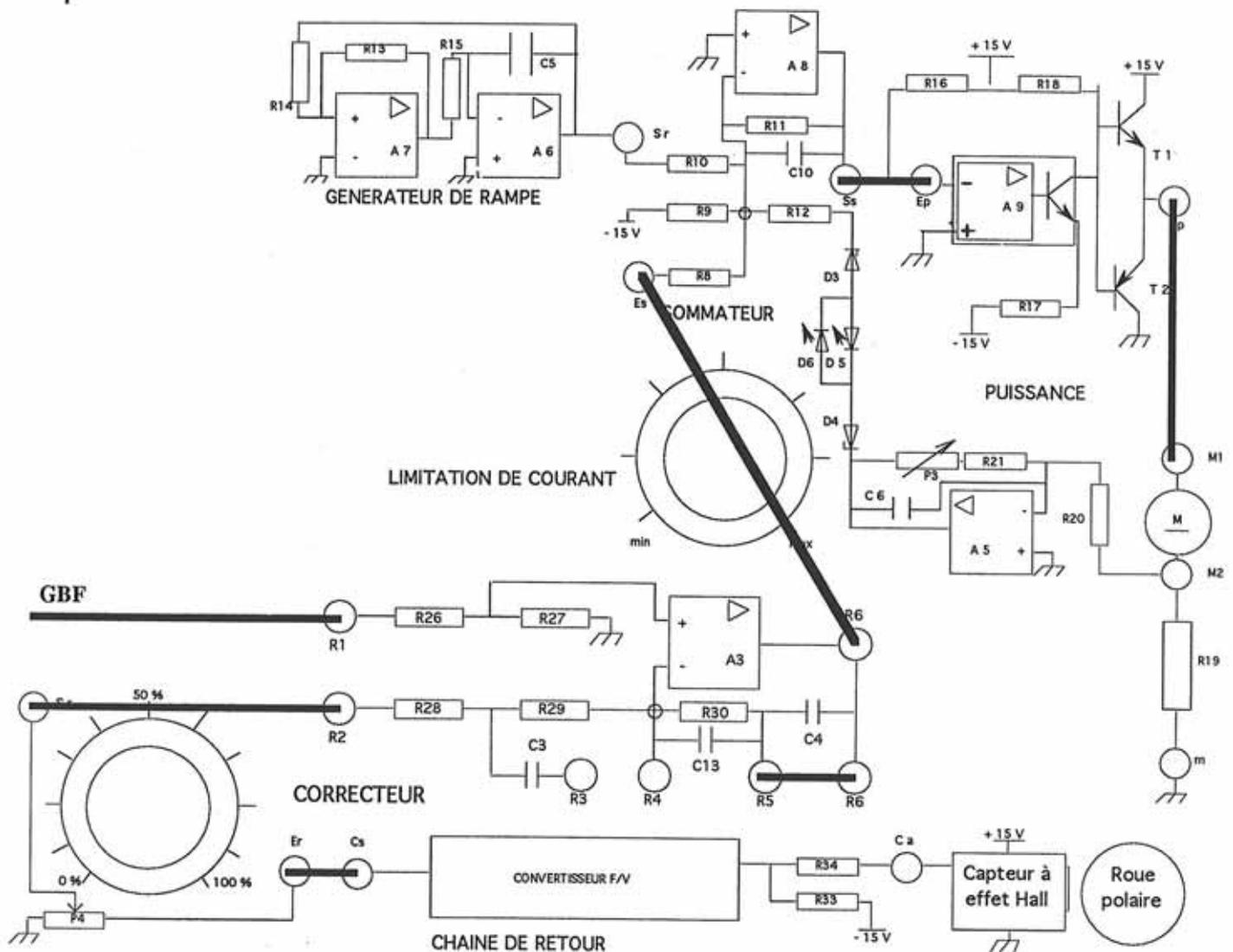
Placer, en série avec le moteur, une inductance de 0,1 H.

Appliquer à la borne r une tension en créneaux  $2\text{ V}/4\text{ V}$ , de fréquence 0,5 Hz.

Régler le potentiomètre de limitation de courant à sa valeur minimale.

Visualiser à l'oscilloscope ou sur l'écran d'un ordinateur, la tension de consigne appliquée à la borne R1 ainsi que l'image la vitesse qui est la tension disponible à la borne Sr.

## II.1 SYSTEME A COMMANDE PROPORTIONNELLE



Les bornes R5 et R6 sont mises en court-circuit. Aucune liaison n'est réalisée entre les bornes R3 et R4.

Le réglage du potentiomètre de limitation de courant est initialement réglée au minimum

Relever l'échelon de consigne ainsi que la courbe de réponse en vitesse.

Comparer les deux chronogrammes obtenus :

- dans le cas d'un retour unitaire c'est-à-dire pour un réglage du gain de la chaîne de retour à 100%,
  
- dans le cas d'un retour non unitaire :
  - gain de la chaîne de retour réglée à 80%,
  - gain de la chaîne de retour réglée à 50%.

Exploiter les chronogrammes obtenus en mesurant les temps de montée et la précision de la réponse.

Recommencer la manipulation en modifiant la valeur de l'inductance de la bobine mise en série avec le moteur.

Quelle est l'influence de l'inductance sur la stabilité de l'asservissement ?

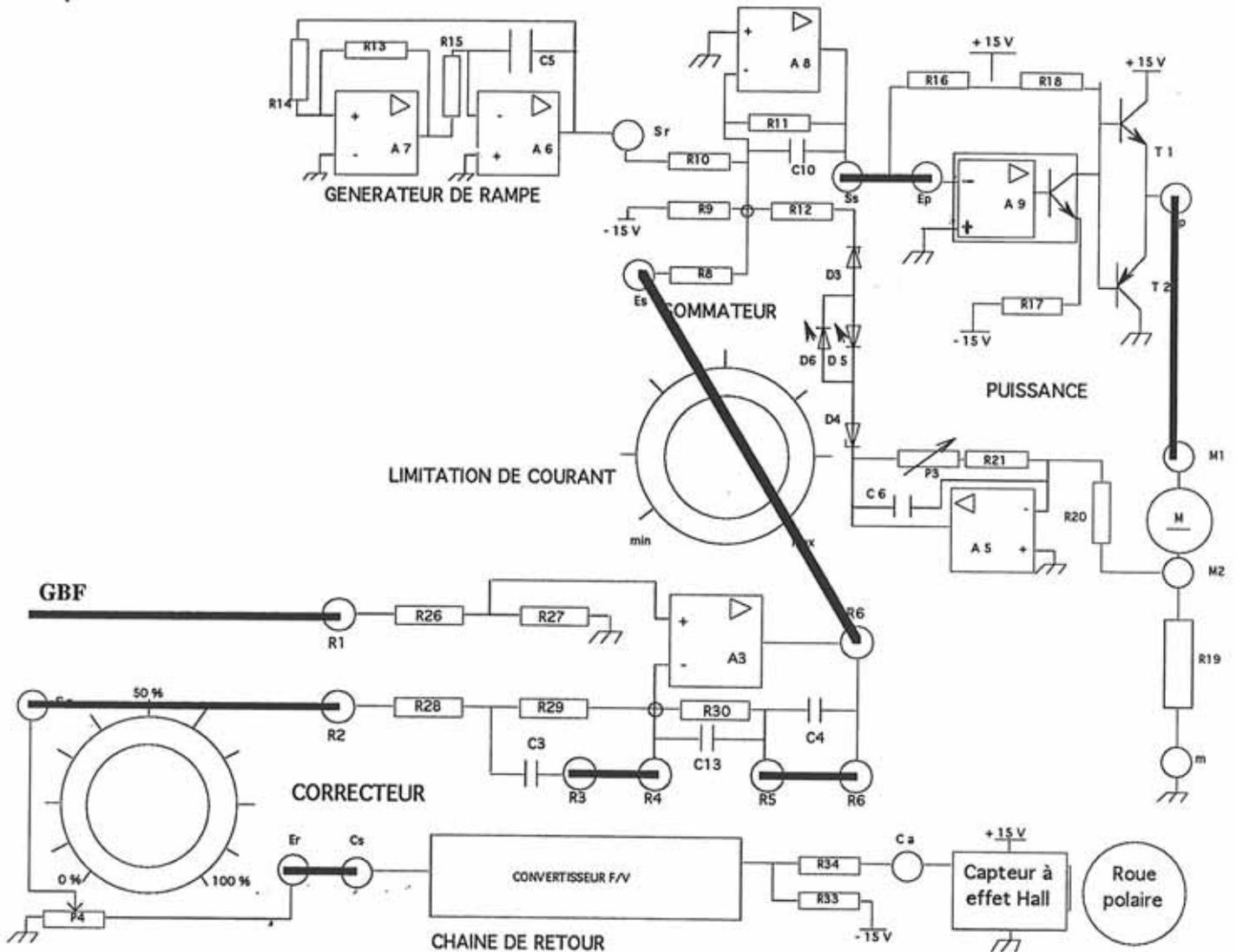
Charger le moteur. Pour une charge donnée recommencer les expériences précédentes.

Modifier le potentiomètre de réglage de la limitation en courant.

Observer les chronogrammes obtenus.

Quelle est l'influence de la limitation en courant sur la réponse en vitesse ?

## II.2 SYSTEME A COMMANDE PROPORTIONNELLE ET DERIVEE



Les bornes R5 et R6 sont mises en court-circuit ainsi que les bornes R3 et R4.

Le réglage du potentiomètre de limitation de courant est initialement réglée au minimum

Relever l'échelon de consigne ainsi que la courbe de réponse en vitesse.

Comparer les deux chronogrammes obtenus :

- dans le cas d'un retour unitaire c'est-à-dire pour un réglage du gain de la chaîne de retour à 100%,
- dans le cas d'un retour non unitaire :
  - gain de la chaîne de retour réglée à 80%,
  - gain de la chaîne de retour réglée à 50%.

Exploiter les chronogrammes obtenus en mesurant les temps de montée et la précision de la réponse.

Recommencer la manipulation en modifiant la valeur de l'inductance de la bobine mise en série avec le moteur.

Quelle est l'influence de l'inductance sur la stabilité de l'asservissement ?

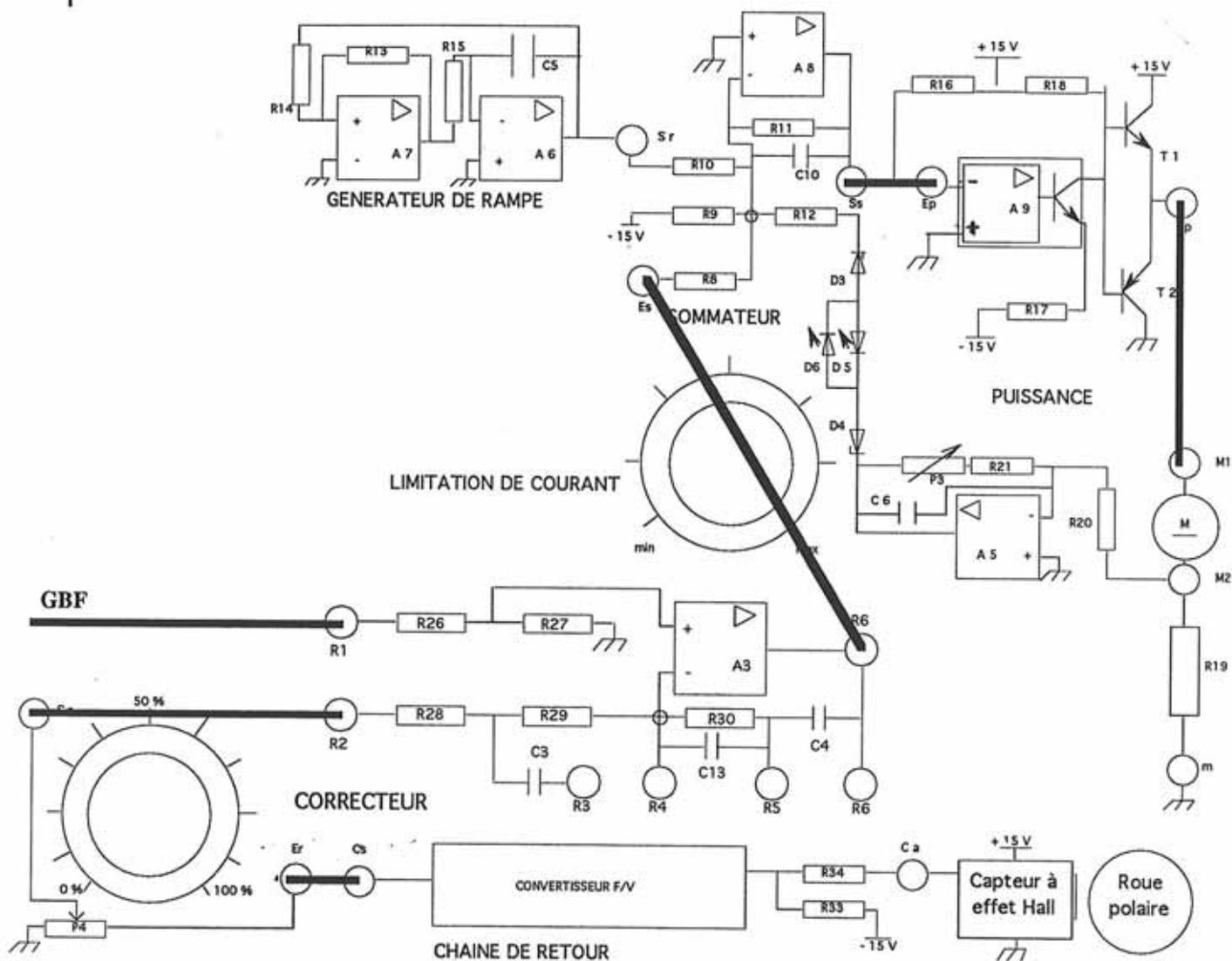
Charger le moteur. Pour une charge donnée recommencer les expériences précédentes.

Modifier le potentiomètre de réglage de la limitation en courant.

Observer les chronogrammes obtenus.

Quelle est l'influence de la limitation en courant sur la réponse en vitesse ?

II.3 SYSTEME A COMMANDE  
PROPORTIONNELLE ET INTEGRALE



Aucune liaison n'est réalisée entre les bornes R5 et R6 ainsi qu'entre les bornes R3 et R4.

Le réglage du potentiomètre de limitation de courant est initialement réglée au minimum

Relever l'échelon de consigne ainsi que la courbe de réponse en vitesse.

Comparer les deux chronogrammes obtenus :

- dans le cas d'un retour unitaire c'est-à-dire pour un réglage du gain de la chaîne de retour à 100%,
- dans le cas d'un retour non unitaire :
  - gain de la chaîne de retour réglée à 80%,
  - gain de la chaîne de retour réglée à 50%.

Exploiter les chronogrammes obtenus en mesurant les temps de montée et la précision de la réponse.

Recommencer la manipulation en modifiant la valeur de l'inductance de la bobine mise en série avec le moteur.

Quelle est l'influence de l'inductance sur la stabilité de l'asservissement ?

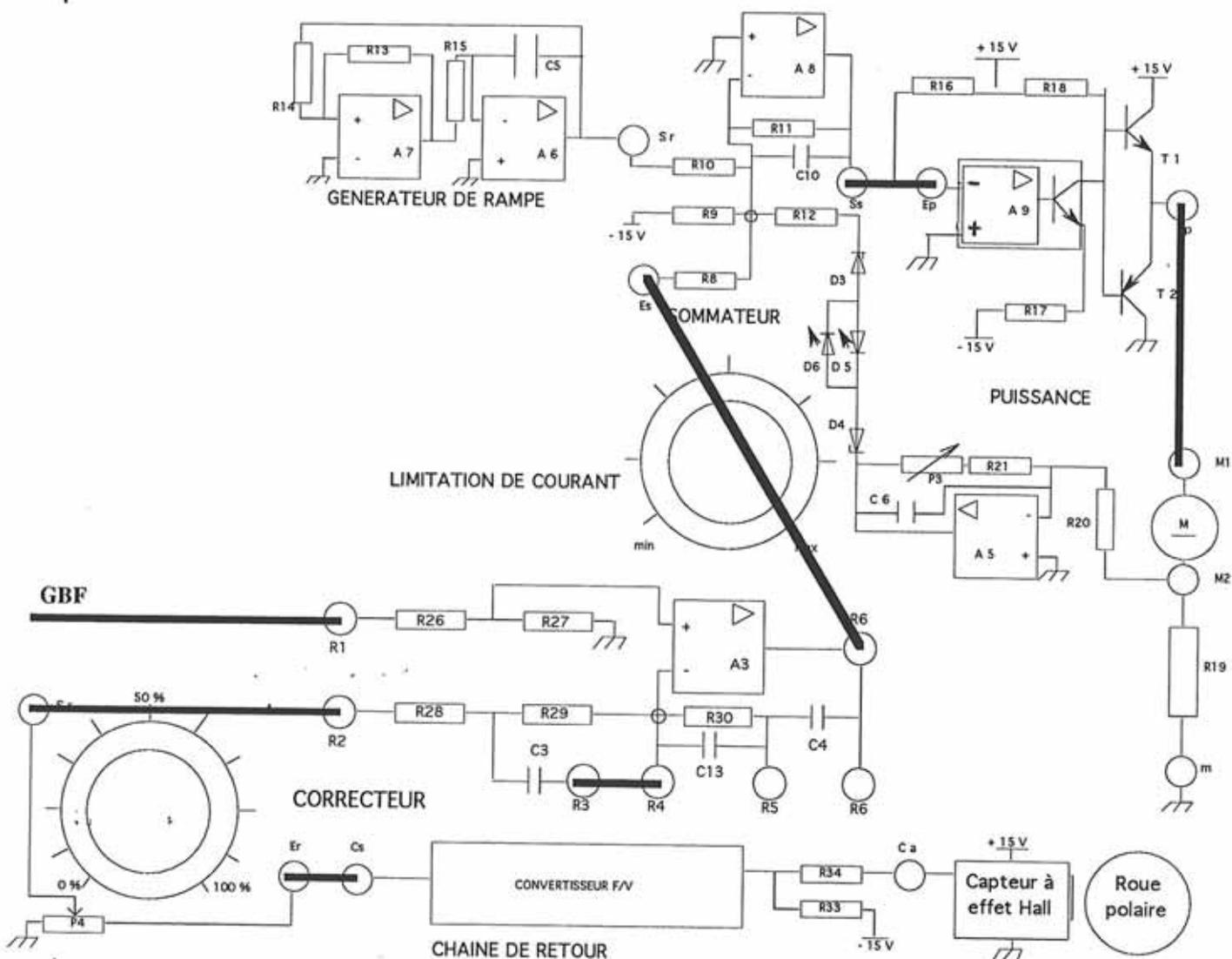
Charger le moteur. Pour une charge donnée recommencer les expériences précédentes.

Modifier le potentiomètre de réglage de la limitation en courant.

Observer les chronogrammes obtenus.

Quelle est l'influence de la limitation en courant sur la réponse en vitesse ?

II.4 SYSTEME A COMMANDE PROPORTIONNELLE,  
INTEGRALE ET DERIVEE



Aucune liaison n'est réalisée entre les bornes R5 et R6 alors que les bornes R3 et R4 sont court-circuitées.

Le réglage du potentiomètre de limitation de courant est initialement réglée au minimum

Relever l'échelon de consigne ainsi que la courbe de réponse en vitesse.

Comparer les deux chronogrammes obtenus :

- dans le cas d'un retour unitaire c'est-à-dire pour un réglage du gain de la chaîne de retour à 100%,
- dans le cas d'un retour non unitaire :
  - gain de la chaîne de retour réglée à 80%,
  - gain de la chaîne de retour réglée à 50%.

Exploiter les chronogrammes obtenus en mesurant les temps de montée et la précision de la réponse.

Recommencer la manipulation en modifiant la valeur de l'inductance de la bobine mise en série avec le moteur.

Quelle est l'influence de l'inductance sur la stabilité de l'asservissement ?

Charger le moteur. Pour une charge donnée recommencer les expériences précédentes.

Modifier le potentiomètre de réglage de la limitation en courant.

Observer les chronogrammes obtenus.

Quelle est l'influence de la limitation en courant sur la réponse en vitesse ?



*MANIPULATION COMPLEMENTAIRE :****MOTEUR A COURANT CONTINU  
COMMANDE EN COURANT***

Les études précédentes ont été proposées avec un moteur commandé en tension.

La maquette permet de présenter un autre type de commande : une commande en courant.

On sait que le moment du couple électromagnétique d'un moteur à courant continu est proportionnel à l'intensité du courant qui traverse son induit. Cette intensité est liée à la charge qu'il entraîne.

La différence entre le moment du couple électromagnétique et celui du couple utile représente le moment dû aux pertes "constantes" (fer + mécaniques).

Une commande en courant correspond donc à une commande en couple.

## I. COMMANDE EN COURANT

Dans l'étude proposée nous augmentons la constante de temps électrique du moteur en plaçant en série avec l'induit une bobine d'inductance  $L = 0,3 \text{ H}$ .



Mesurer également l'intensité débitée par la génératrice.

Avec un voltmètre on mesurera la tension de commande.

## I.2 EXPERIMENTATION

- Régler le potentiomètre de commande à 1 V.

Relever la tension de sortie de l'amplificateur disponible à la borne **Sa**.

Déterminer la plage de tensions disponibles à cette borne.

- Ajuster le rhéostat de charge de la génératrice pour que :

$$I_{\text{gén}} = 100 \text{ mA.}$$

Relever  $I_{\text{mot}}$  pour différentes valeurs de la tension  $U$  alimentant le circuit de commande en courant en la faisant varier de 1 V à 11 V.

- Tracer la courbe représentative de  $U(I_{\text{mot}})$ .

Sur quelle plage de variation de  $U$ ,  $I_{\text{mot}} = \text{Cste}$  ?

- Pour une valeur de  $U$  choisie convenablement, relever la vitesse du moteur  $n$  et l'intensité qu'il absorbe en fonction de l'intensité débitée par la génératrice.

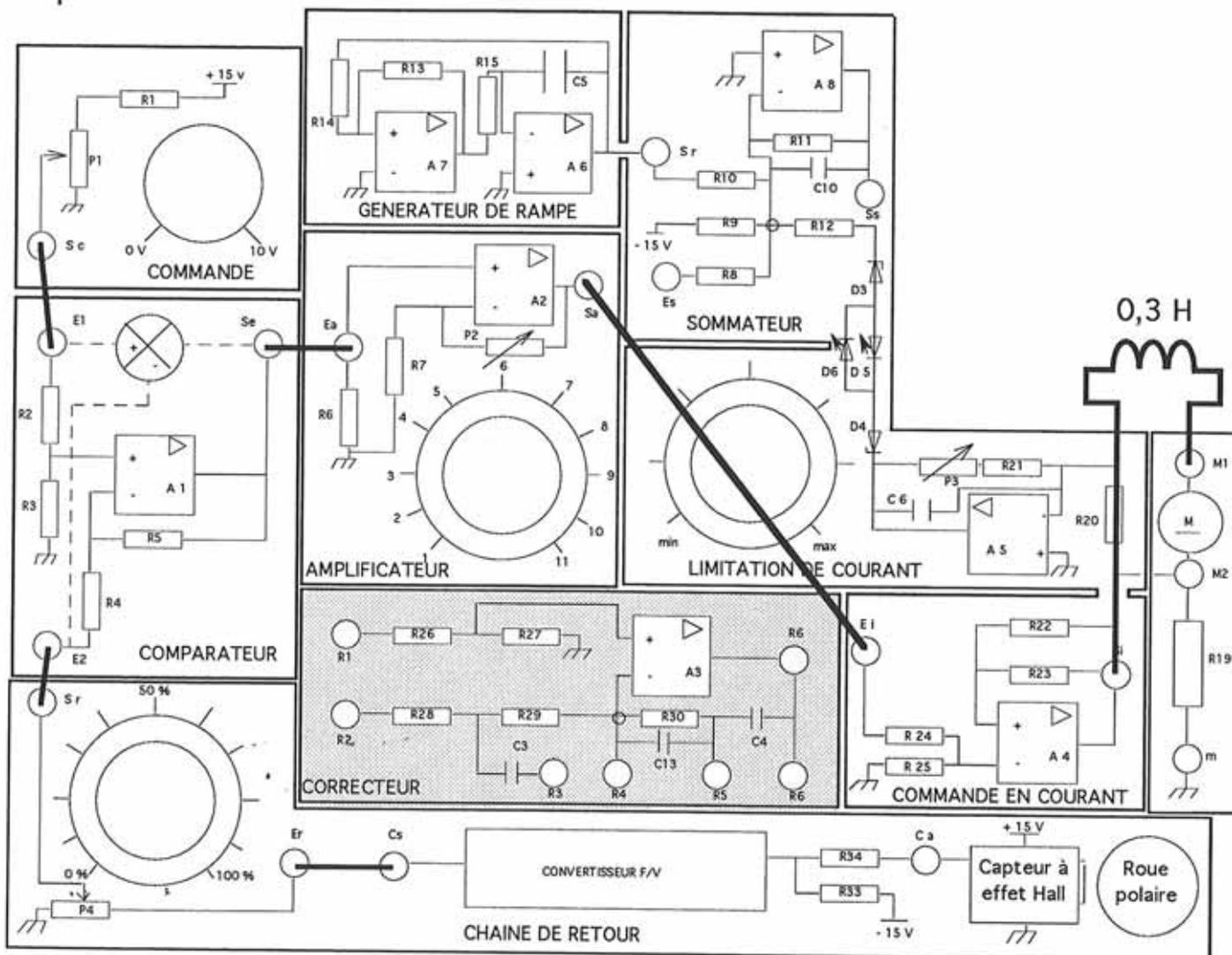
- Recommencer la manipulation précédente pour d'autres valeurs de  $U$ .

Tracer les courbes représentatives de  $n(I_{\text{gén}})$  et de  $I_{\text{mot}}(I_{\text{gén}})$  pour les différentes valeurs de  $U$  choisies.

## II. FONCTIONNEMENT EN BOUCLE FERMÉE

### II.1 MONTAGE

Réaliser le montage suivant :



La maquette est alimentée en  $\pm 15$  V.

Le potentiomètre de limitation en courant est à sa valeur minimale.

La génératrice est chargée par un rhéostat 120  $\Omega$ /2 A.

Intercaler dans le circuit de l'induit du moteur un ampèremètre.

Mesurer également l'intensité débitée par la génératrice.

Avec un voltmètre on mesurera la tension de commande.

## II.2 EXPERIMENTATION

La tension de consigne fournie par le générateur de commande est réglée à 5 V (borne **Sc**).

En vous inspirant du TP *Régulation de la vitesse d'un moteur à courant continu* effectuer les différents réglages permettant une étude en boucle fermée.

Pour effectuer cette étude, ne pas oublier que le moteur doit être chargé. Il est donc nécessaire de faire débiter la génératrice dans un rhéostat.

On pourra étudier l'influence du coefficient d'amplification de la commande en courant, l'influence de la charge, l'influence du coefficient de la chaîne de retour, ...

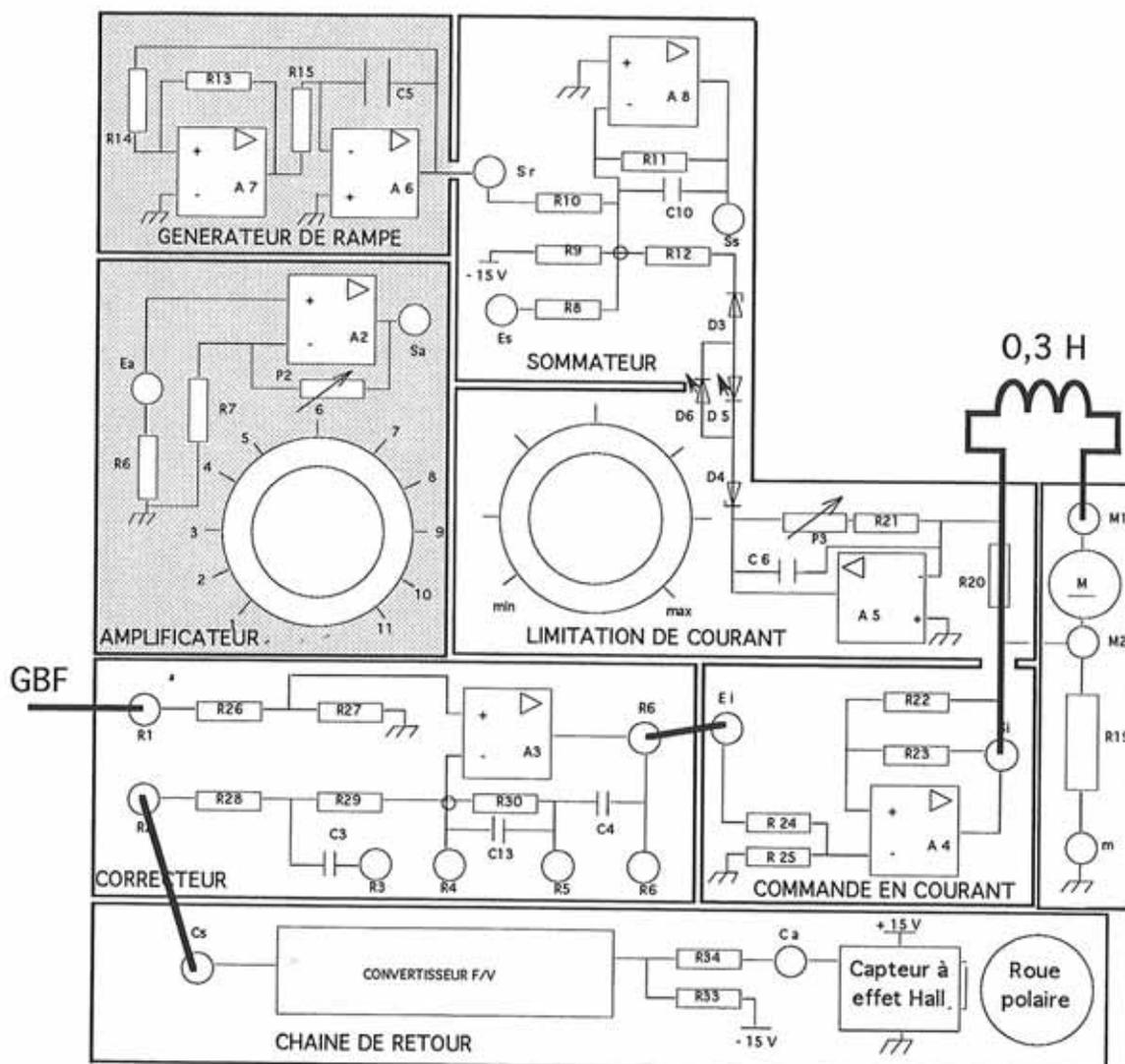
Modifier la valeur de la tension de commande et recommencer l'étude précédente. Comparer la régulation

de vitesse avec une commande en courant à celle obtenue avec une commande en tension.

### III. FONCTIONNEMENT EN REGIME DYNAMIQUE

#### III.1 MONTAGE

Réaliser le montage suivant :



La maquette est alimentée en  $\pm 15$  V.

Le potentiomètre de limitation en courant est à sa valeur minimale.

La génératrice est chargée par un rhéostat  $120 \Omega/2 \text{ A}$ .

### III.2 EXPERIMENTATION

Nous avons intercalé un système correcteur dans le circuit d'alimentation du moteur.

Effectuer une étude pour une réponse à un échelon réalisé par un G.B.F. réglé à  $2 \text{ V}/4 \text{ V} - 0,5 \text{ Hz}$ .

Trois possibilités sont offertes :

- SYSTEME A COMMANDE PROPORTIONNELLE ET DERIVEE

Les bornes **R5** et **R6** sont mises en court-circuit ainsi que les bornes **R3** et **R4**.

- SYSTEME A COMMANDE PROPORTIONNELLE ET INTEGRALE

Aucune liaison n'est réalisée entre les bornes **R5** et **R6** ainsi qu'entre les bornes **R3** et **R4**.

- SYSTEME A COMMANDE PROPORTIONNELLE, INTEGRALE ET DERIVEE

Aucune liaison n'est réalisée entre les bornes **R5** et **R6** alors que les bornes **R3** et **R4** sont court-circuitées.

Pour chacun des cas précédents effectuer le travail décrit ci-après.

Le réglage du potentiomètre de limitation de courant est initialement au minimum.

Relever l'échelon de consigne ainsi que la courbe de réponse en vitesse.

Comparer les deux chronogrammes obtenus.

Les exploiter en mesurant les temps de montée et la précision de la réponse.

Recommencer la manipulation en modifiant la valeur de l'inductance de la bobine mise en série avec le moteur.

Quelle est l'influence de l'inductance sur la stabilité de l'asservissement ?

Modifier le charge du moteur. Recommencer les expériences précédentes.

Modifier le potentiomètre de réglage de la limitation en courant.

Observer les chronogrammes obtenus.

Quelle est l'influence de la limitation en courant sur la réponse en vitesse ?

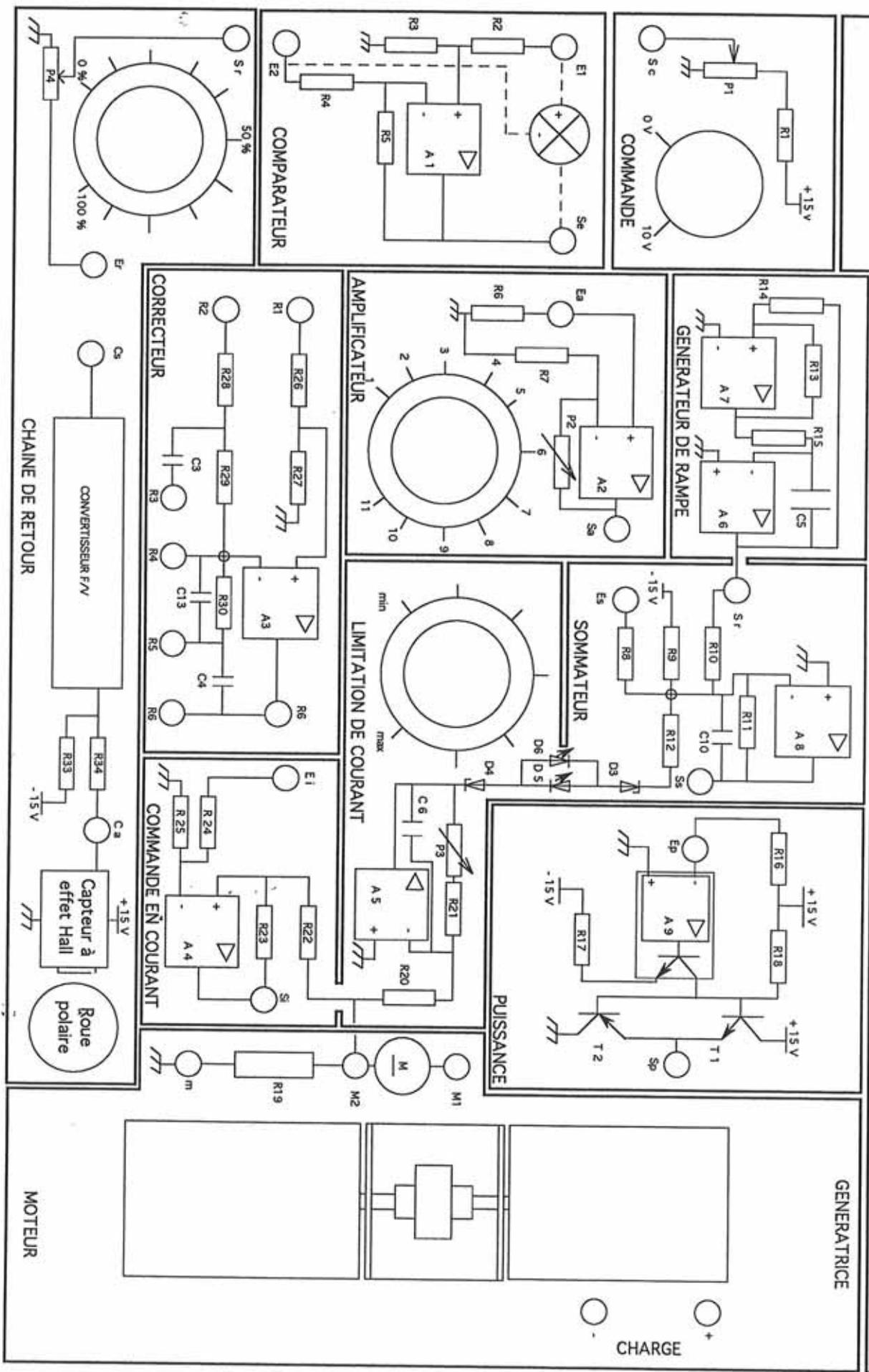
# **Annexe 1**

**Plan de la maquette ASSERVISSEMENT DE VITESSE**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Réf. 3786

d m s d i d a l a b  
France

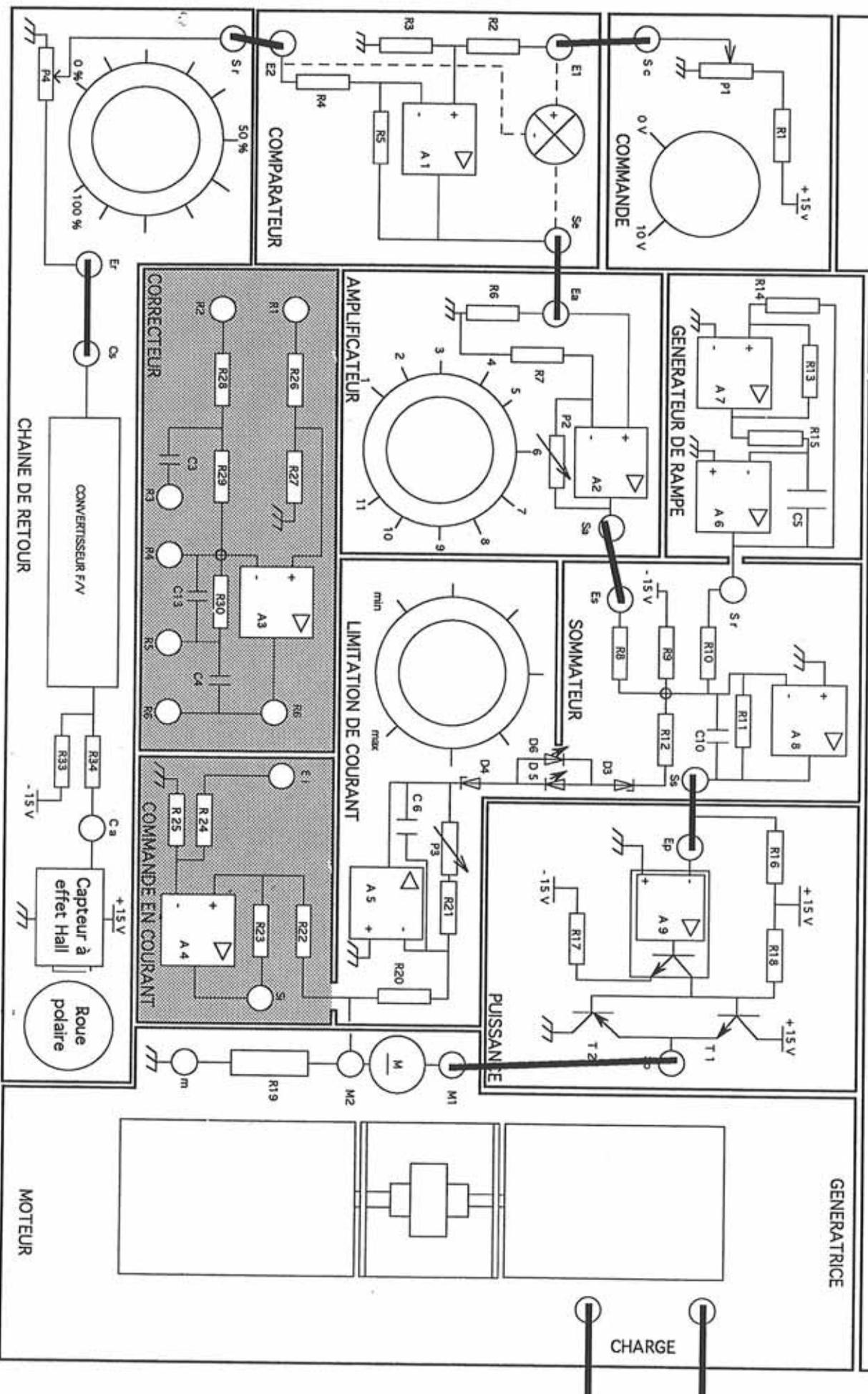


Plan de la maquette ASSERVISSEMENT de VITESSE

## **Annexe 2**

**Régulation de la vitesse d'un moteur à courant continu**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE d m s d i a l a b Réf. 3786 France



REGULATION de la VITESSE d'un MOTEUR à COURANT CONTINU COMMANDE en TENSION

CHARGE

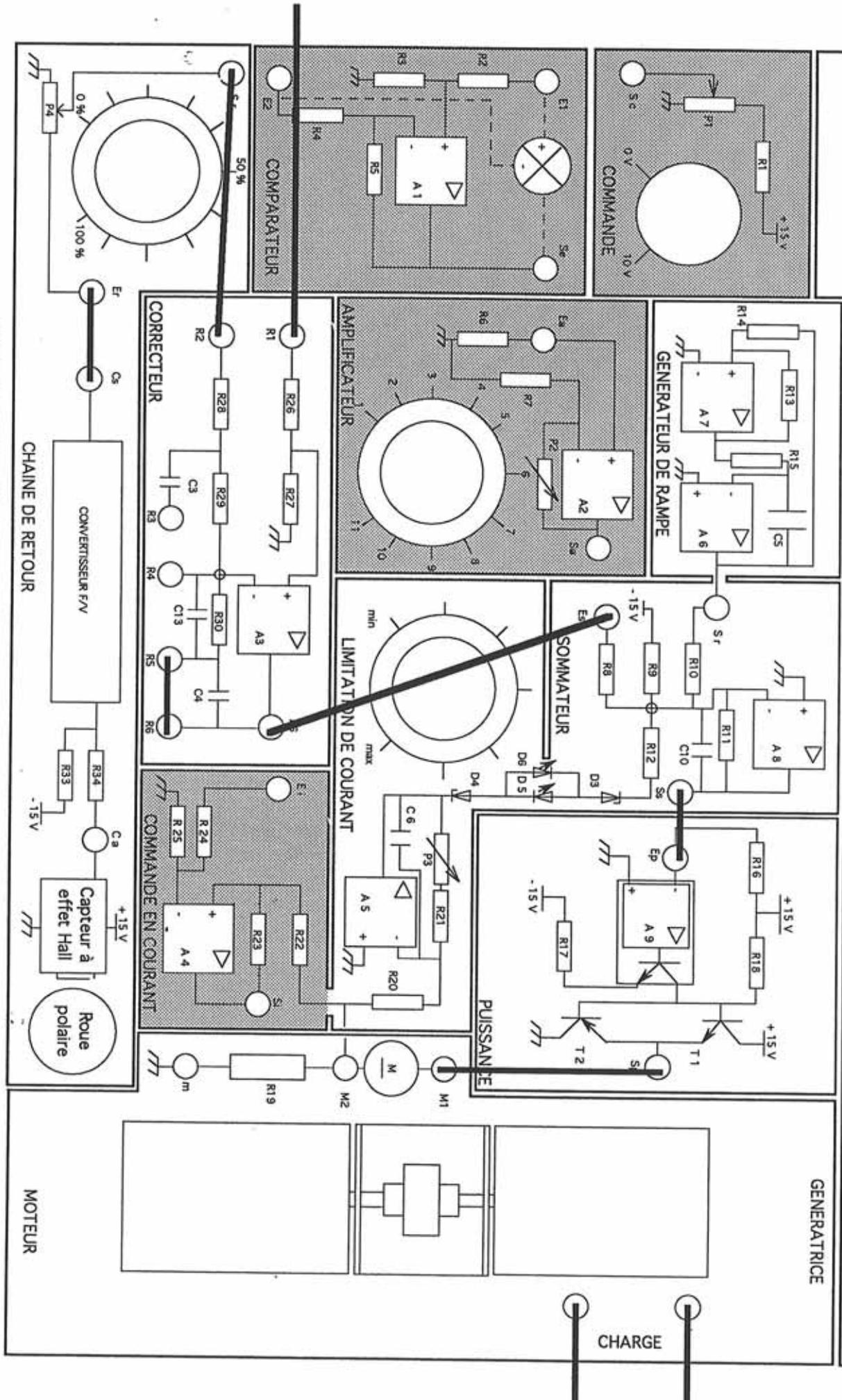
## **Annexe 3**

**Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu :  
correcteur à commande proportionnelle**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Réf. 3786

d m s d i d a l a b  
France



ASSERVISSEMENT de VITESSE : CORRECTEUR à COMMANDE PROPORTIONNELLE

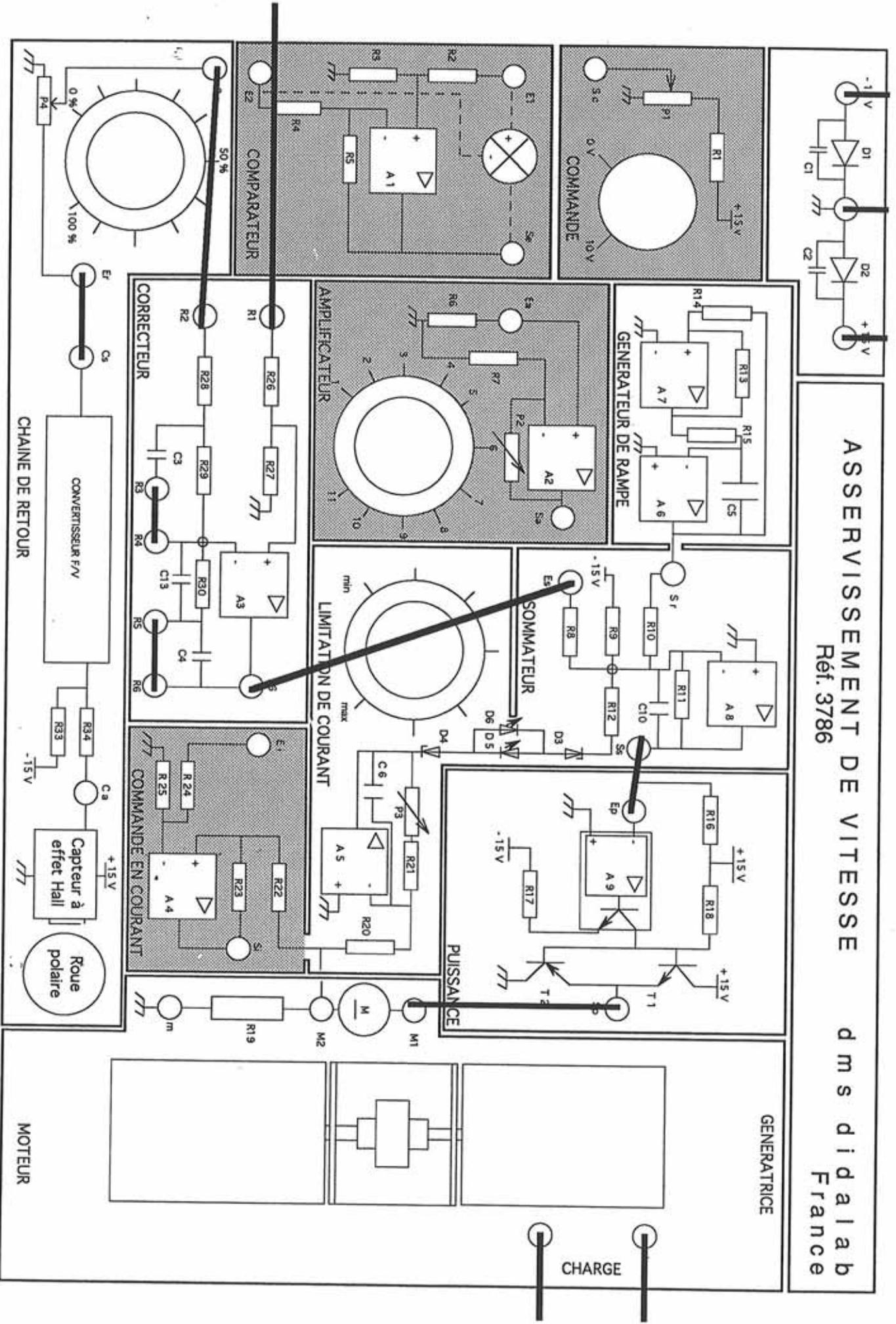
## **Annexe 4**

**Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu :  
correcteur à commande proportionnelle et dérivée**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Réf. 3786

d m s d i d a l a b  
France



ASSERVISSEMENT de VITESSE : CORRECTEUR à COMMANDE PROPORTIONNELLE et DERIVEE

CHARGE

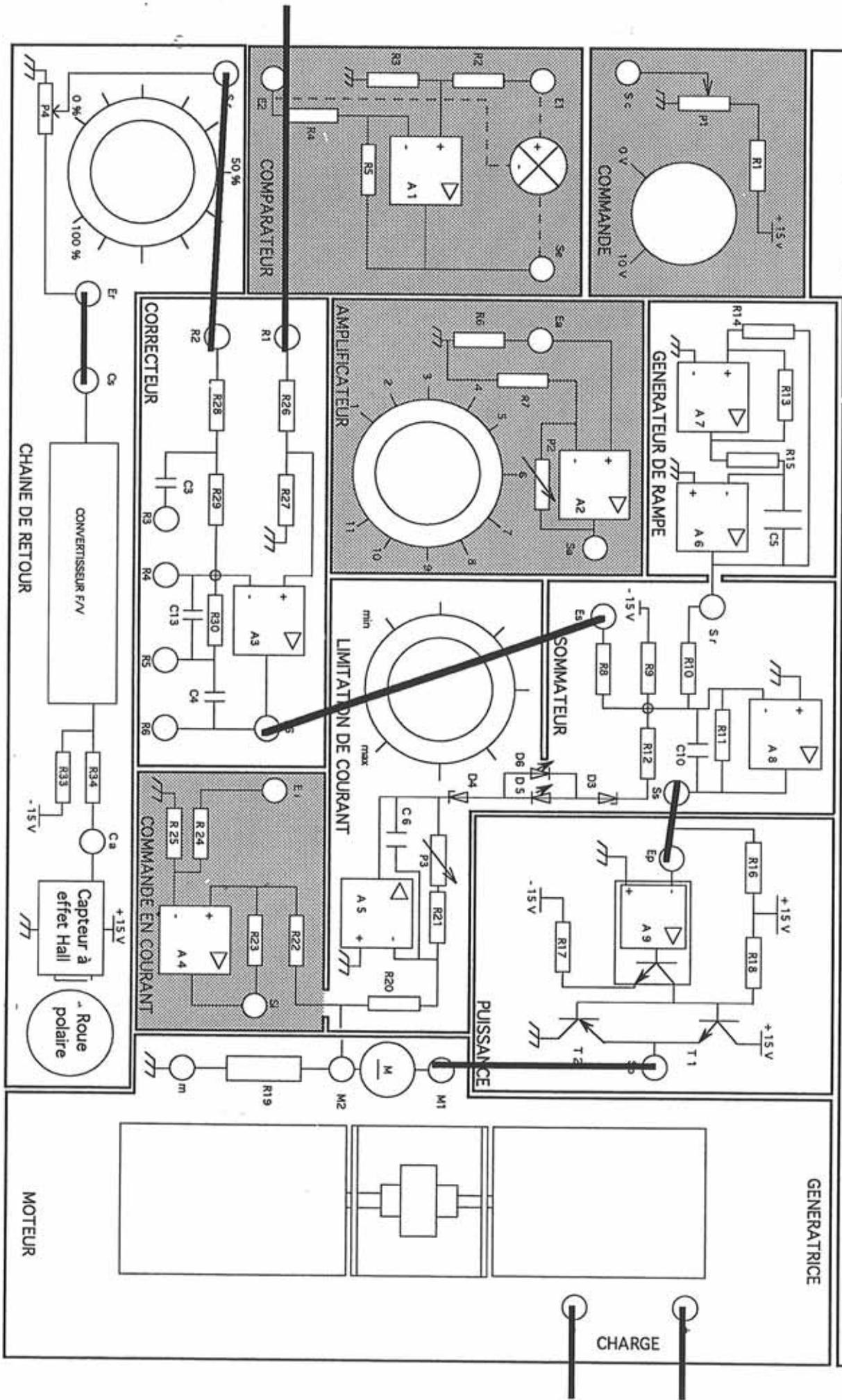
## **Annexe 5**

**Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu :  
correcteur à commande proportionnelle et intégrale**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Réf. 3786

d m s d i d a l a b  
France



ASSERVISSEMENT de VITESSE : CORRECTEUR à COMMANDE PROPORTIONNELLE et INTEGRALE

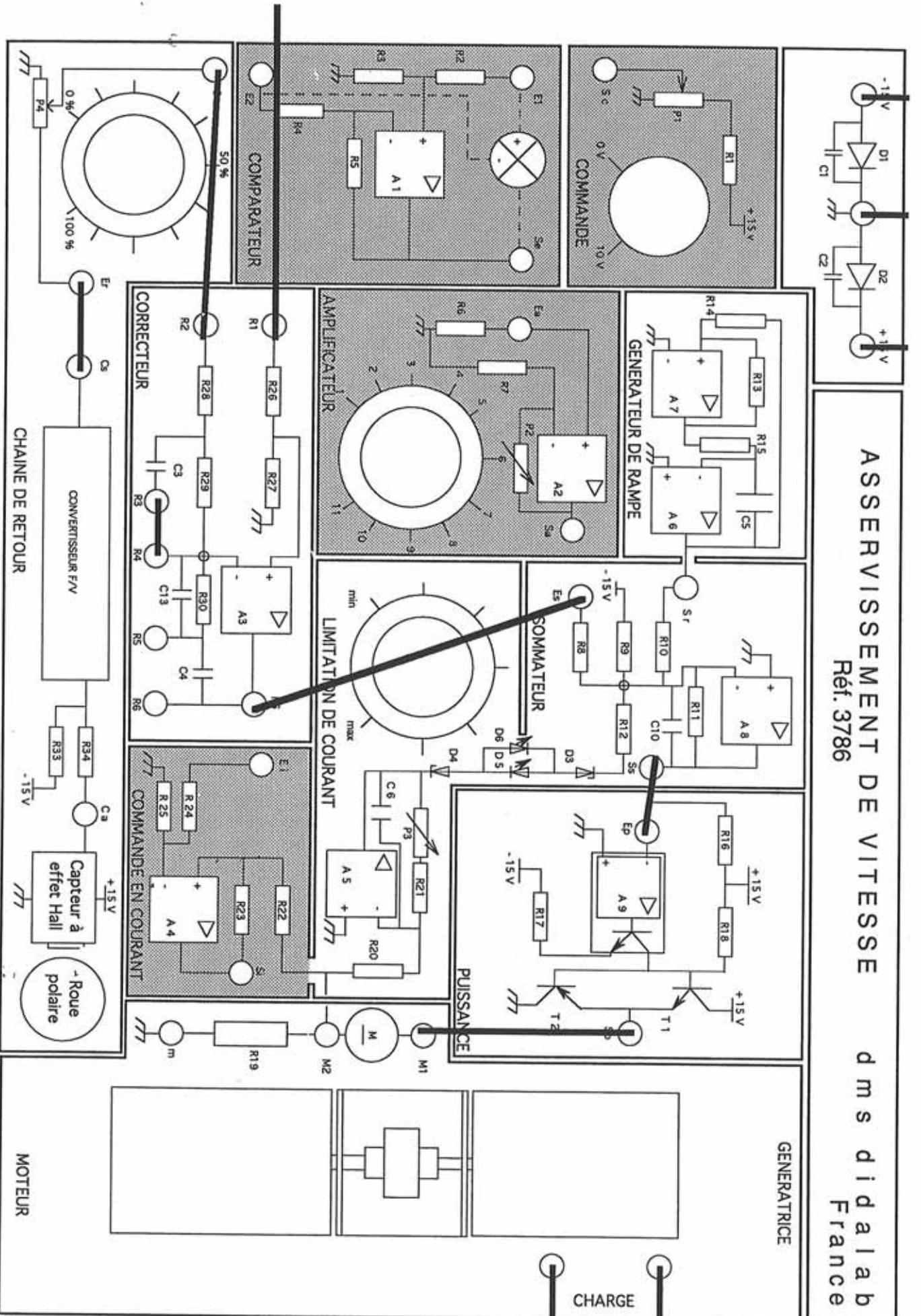
## **Annexe 6**

**Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu :  
correcteur à commande proportionnelle, intégrale et dérivée**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Réf. 3786

d m s d i a l a b  
France



ASSERVISSEMENT de VITESSE : CORRECTEUR à COMMANDE PROPORTIONNELLE, INTEGRALE et DERIVEE

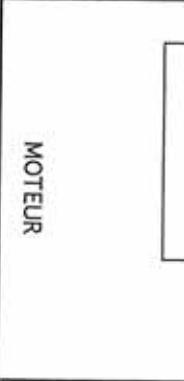
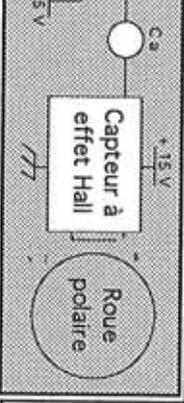
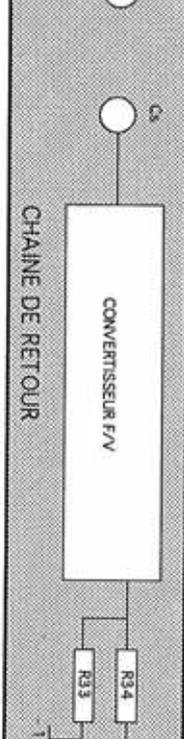
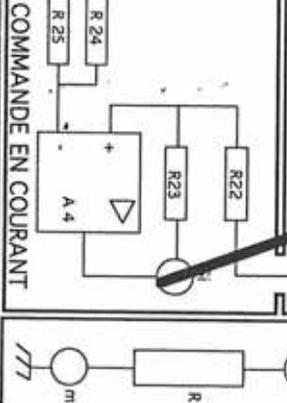
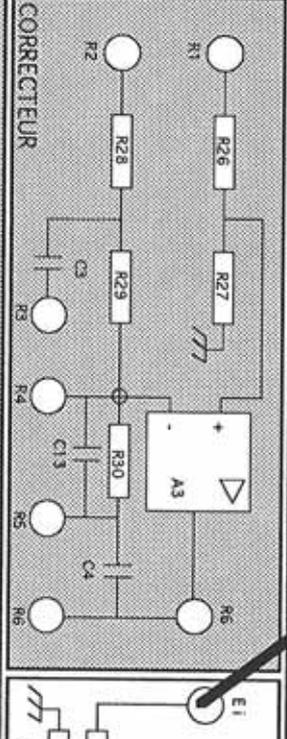
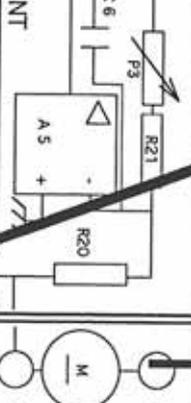
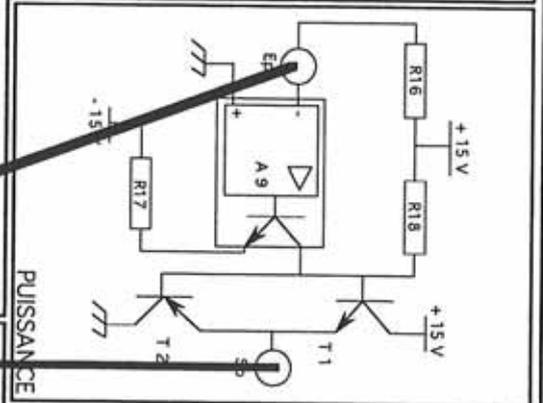
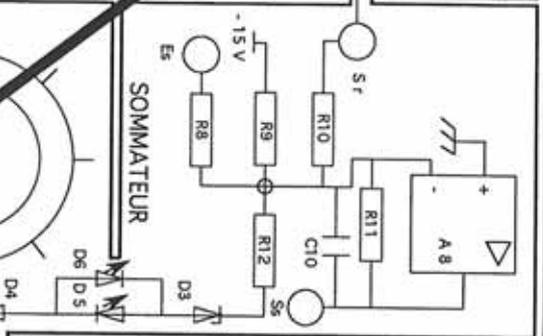
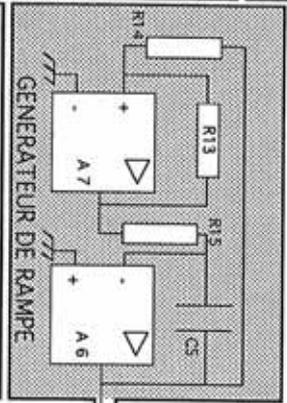
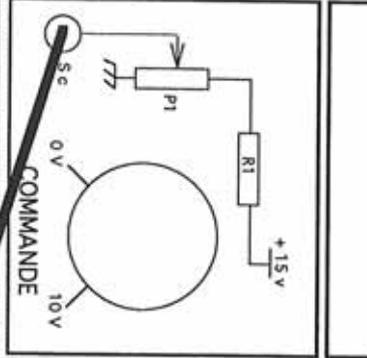
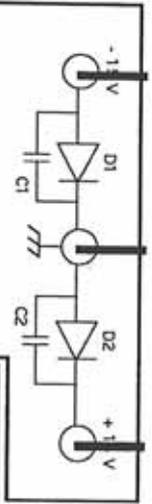
## **Annexe 7**

**Moteur à courant continu commandé en courant**

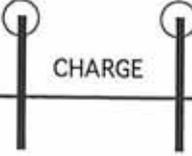
# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Réf. 3786

d m s d i d a l a b  
France



MOTEUR A COURANT CONTINU COMMANDE EN COURANT



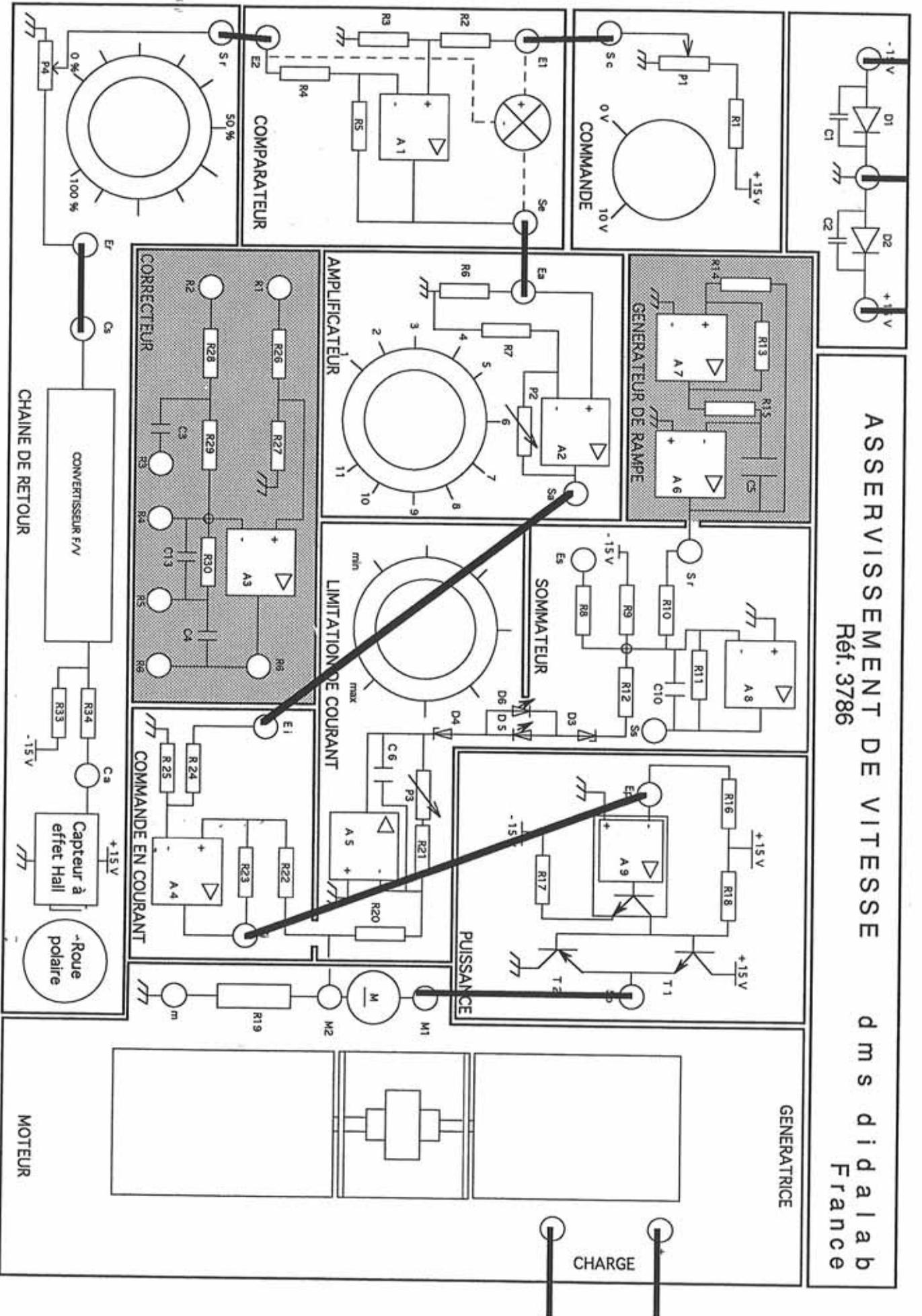
## **Annexe 8**

**Régulation de la vitesse d'un moteur à courant continu  
commandé en courant**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Réf. 3786

d m s d i d a l a b  
France



REGULATION de la VITESSE d'un MOTEUR à COURANT CONTINU COMMANDE en COURANT

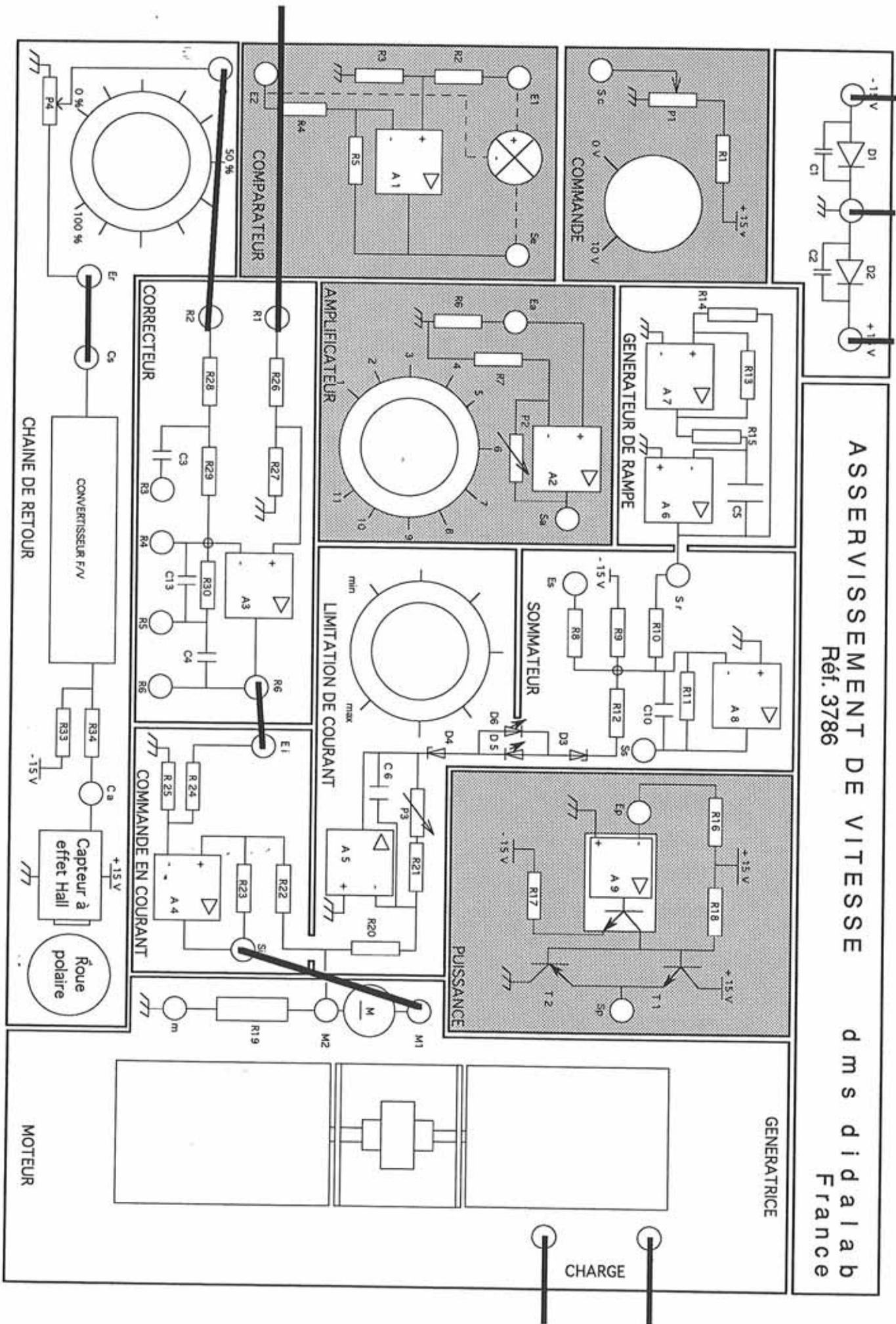
## **Annexe 9**

**Réponse à un échelon d'un moteur à courant continu  
commandé en courant avec système correcteur**

# ASSERVISSEMENT DE VITESSE

d m s d i d a l a b  
France

Réf. 3786



Réponse à un échelon d'un moteur à courant continu commandé en courant avec système correcteur

<i>SOMMAIRE</i>
-----------------

PRESENTATION DE LA MAQUETTE	P.1
I. Banc de machines tournantes	P.1
I.1. Présentation	P.1
I.2. Expérimentation	P.3
II. Chaîne directe	P.4
II.1. Présentation	P.4
II.2. Expérimentation	P.7
a) Première partie du montage	P.7
b) Deuxième partie du montage	P.8
c) Troisième partie du montage	P.8
d) Quatrième partie du montage	P.9
III. Chaîne de retour	P.10
III.1. Présentation	P.11
III.2. Expérimentation	P.11
IV. Compateur	P.12
IV.1. Présentation	P.12
IV.2. Expérimentation	P.13
V. Commande	P.13
V.1. Présentation	P.13
V.2. Expérimentation	P.14
VI. Circuit correcteur	P.14
VI.1. Présentation	P.14
VI.2. Expérimentation	P.15
VI.2.1 Correcteur proportionnel	P.15
VI.2.2 Correcteur proportionnel dérivée	P.16
VI.2.3 Correcteur proportionnel intégral	P.17
VI.2.4 Correcteur proportionnel intégral dérivée	P.18

<u>REGULATION DE LA VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU</u> (Régime statique)	<u>P.20</u>
<u>I. Préparation</u>	<u>P.20</u>
<u>II. Etude expérimentale</u>	<u>P.21</u>
<u>a) Caractéristique <math>n(i)</math> du groupe tournant</u>	<u>P.21</u>
<u>b) Etude pour un facteur de régulation <math>F = 2</math>.</u>	<u>P.22</u>
<u>c) Etude pour un facteur de régulation <math>F = 5</math>.</u>	<u>P.23</u>
<u>d) Exploitation des résultats</u>	<u>P.23</u>
<u>ASSERVISSEMENT DE LA VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU</u> (Régime dynamique)	<u>P.25</u>
<u>I. Présentation</u>	<u>P.25</u>
<u>II. Expérimentation</u>	<u>P.29</u>
<u>II.1 Système à commande proportionnelle</u>	<u>P.30</u>
<u>II.2 Système à commande proportionnelle et dérivée</u>	<u>P.32</u>
<u>II.3 Système à commande proportionnelle et intégrale</u>	<u>P.34</u>
<u>II.3 Système à commande proportionnelle, intégrale et dérivée</u>	<u>P.36</u>
<u>MANIPULATION COMPLEMENTAIRE</u> <u>MOTEUR A COURANT CONTINU COMMANDE EN COURANT</u>	<u>P.38</u>
<u>I. Commande en courant</u>	<u>P.38</u>
<u>I.1 Montage</u>	<u>P.39</u>
<u>I.2 Expérimentation</u>	<u>P.40</u>
<u>II. Fonctionnement en boucle fermée</u>	<u>P.41</u>
<u>II.1 Montage</u>	<u>P.41</u>
<u>II.2 Expérimentation</u>	<u>P.42</u>
<u>III. Fonctionnement en régime dynamique</u>	<u>P.43</u>
<u>III.1 Montage</u>	<u>P.43</u>
<u>III.2 Expérimentation</u>	<u>P.44</u>

Annexe 1	P.46
Plan de la maquette ASSERVISSEMENT DE VITESSE	
Annexe 2	P.48
Régulation de la vitesse d'un moteur à courant continu	
Annexe 3	P.50
Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu : correcteur à commande proportionnelle	
Annexe 4	P.52
Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu : correcteur à commande proportionnelle et dérivée	
Annexe 5	P.54
Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu : correcteur à commande proportionnelle et intégrale	
Annexe 6	P.56
Asservissement de la vitesse d'un moteur à courant continu : correcteur à commande proportionnelle, intégrale et dérivée	
Annexe 7	P.58
Moteur à courant continu commandé en courant	
Annexe 8	P.60
Régulation de la vitesse d'un moteur à courant continu commandé en courant	
Annexe 9	P.62
Réponse à un échelon d'un moteur à courant continu commandé en courant avec système correcteur	

