

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	FR	France	ML	Mali
AU	Australie	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BB	Barbade	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BE	Belgique	HU	Hongrie	NL	Pays-Bas
BG	Bulgarie	IT	Italie	NO	Norvège
BJ	Bénin	JP	Japon	RO	Roumanie
BR	Brésil	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République Centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	LI	Liechtenstein	SN	Sénégal
CH	Suisse	LK	Sri Lanka	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LU	Luxembourg	TD	Tchad
DE	Allemagne, République fédérale d'	MC	Monaco	TG	Togo
DK	Danemark	MG	Madagascar	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande				

PERFECTIONNEMENT AU DISPOSITIF DE REGULATION THERMIQUE
D'UNE ENCEINTE.

La présente invention concerne les dispositifs de chauffage avec régulation thermique d'un corps quelconque, plus particulièrement d'enceintes contenant des dispositifs dont les caractéristiques de fonctionnement sont très sensibles aux variations de température, tels que les oscillateurs à cristaux piézo-
5 électriques.

On connaît, par le brevet européen n° 4 233 au nom de la demanderesse, un dispositif de régulation thermique d'une enceinte comprenant, d'une part un circuit de mesure de température constitué d'un pont de résistances dont une branche comprend au
10 moins un élément thermosensible et d'un amplificateur délivrant en sortie un signal de contrôle représentatif de l'écart entre la température mesurée de l'enceinte et une température de référence, signal dont la valeur absolue est réglée par une boucle de contre-
15 réaction, et d'autre part un circuit de chauffage de l'enceinte alimenté par une source de tension et régulé par le circuit de mesure de température. Ledit circuit de chauffage est constitué en général par au moins un circuit semiconducteur stabilisateur de tension, traversé par un courant de chauffage réglable par l'intermédiaire d'un transistor de commande soumis audit signal de
20 contrôle. Le circuit de chauffage peut être constitué dans certains cas, par le seul transistor de commande. Dans ces deux cas, la boucle de contre-réaction de l'amplificateur de sortie du circuit de mesure de température est prélevée directement sur la sortie dudit amplificateur. Il en résulte que le gain du dispositif de régulation
25 thermique doit être réglé pour chaque produit du fait de la dispersion des caractéristiques du transistor de commande soumis au signal de contrôle issu de l'amplificateur de sortie. On constate aussi un courant de chauffage non linéaire en fonction de la tension de commande.

30 En conséquence, la présente invention a pour but de remédier aux défauts constatés dans le dispositif ci-dessus.

Elle a donc pour objet un perfectionnement au dispositif de régulation thermique de l'enceinte décrit dans le brevet européen n° 4 233 qui consiste à connecter la boucle de contre-réaction de l'amplificateur de sortie du circuit de mesure de température entre
5 la résistance d'émetteur du transistor de commande et l'entrée dudit amplificateur.

Ainsi, avec ce montage, la tension aux bornes de la résistance d'émetteur est proportionnelle au signal appliqué sur l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur de sortie du circuit de mesure de
10 température.

Dans ce cas, on ne dépend plus des paramètres électriques du transistor de commande et le gain en courant est lié uniquement aux valeurs de la résistance d'émetteur, de la résistance de contre-réaction et des résistances du pont de mesure. Il en résulte une
15 bonne reproductibilité du système.

Le montage de la présente invention est utilisable dans le dispositif de régulation thermique décrit dans le brevet européen n° 4 233. Toutefois, ce montage est aussi utilisable dans des dispositifs de régulation thermique du type à action proportionnelle intégrale et dérivée tels que décrits dans la demande de brevet française n°
20 82.19584 au nom de la demanderesse. Dans le cas de ces dispositifs de régulation, lorsque la boucle de réaction de l'amplificateur de sortie est constituée par une résistance, il est nécessaire de compenser la chute de tension aux bornes de cette résistance. Pour
25 ce faire l'entrée inverseuse de l'amplificateur est connectée par l'intermédiaire d'une résistance en sortie du générateur de tension stabilisée. Toutefois, pour éviter que l'amplificateur opérationnel à action intégrale ne sature lorsque le thermostat régule, il est
nécessaire d'ajuster la valeur de la résistance prévue sur l'entrée
30 inverseuse de l'amplificateur de sortie et le générateur de tension stabilisée en fonction de la température de référence.

Selon une caractéristique de la présente invention, pour supprimer ce réglage, on prévoit des moyens pour fixer automatiquement le point de fonctionnement du circuit de mesure de
35 température quelle que soit la tension de référence.

Selon un mode de réalisation préférentiel, les moyens pour fixer automatiquement le point de fonctionnement du circuit de mesure de température quelle que soit la tension de référence sont constitués par une résistance fixe connectée sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur de sortie et polarisée par une source de tension directement fonction de la tension de référence. Ainsi, la résistance fixe est reliée à la sortie d'un amplificateur différentiel recevant sur son entrée non-inverseuse la tension de référence et sur son entrée inverseuse une tension de polarisation. Selon une autre possibilité, la résistance fixe est reliée à la sortie d'un amplificateur opérationnel à action proportionnelle recevant sur son entrée non-inverseuse la tension de référence et sur son entrée inverseuse une tension de polarisation.

La présente invention peut aussi être utilisée avec des circuits de chauffage tels que décrits dans la demande de brevet français n° 83.16549 au nom de la demanderesse.

Différents types de circuits semiconducteurs stabilisateurs de tension peuvent être envisagés pour le circuit de chauffage. De toute façon, le circuit stabilisateur de tension comporte au moins un élément choisi parmi une diode, une diode Zener, un transistor à effet de champ, en particulier du type MOS, un transistor bipolaire, un circuit régulateur de tension série et/ou parallèle sous forme de composants discrets ou sous forme intégrée.

Selon un mode de réalisation préférentiel, chaque circuit semiconducteur est constitué par un transistor, ce transistor a son potentiel de base fixé par un pont diviseur constitué d'une résistance et d'une diode Zener, son émetteur étant relié au collecteur du transistor du circuit semiconducteur suivant comme décrit dans le brevet européen n° 4 233. Toutefois, avec ce montage, chaque transistor de chauffage a son propre pont de polarisation, ce qui entraîne un nombre élevé de résistances et de diodes Zener ainsi qu'une consommation importante.

Aussi, selon une autre caractéristique de la présente invention, les circuits semiconducteurs stabilisateurs de tension reliés en série sont soumis à une fraction de la tension d'alimentation obtenue par

un pont de résistance commun à tous les circuits semiconducteurs monté entre la tension d'alimentation et la résistance d'émetteur du transistor de commande.

5 Dans ce cas, la polarisation des circuits semiconducteurs plus particulièrement des transistors de chauffage, est réalisée à l'aide d'un seul pont de polarisation et cette polarisation est de plus référencée par rapport à la tension aux bornes de la résistance d'émetteur du transistor de chauffage, ce qui permet de compenser la tension collecteur-émetteur de chaque transistor en fonction du courant de chauffage. Il en résulte une répartition de puissance plus homogène en fonction du courant de chauffage.

10 D'autre part, pour diminuer le courant dans le pont de résistances, les transistors de chauffage sont de préférence du type Darlington.

15 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description de différents modes de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs, cette description étant faite avec référence aux dessins ci-annexés dans lesquels :

20 - la figure 1 est un schéma électrique d'un dispositif de régulation thermique d'une enceinte selon un premier mode de réalisation de la présente invention,

- la figure 2 est un schéma d'un autre mode de réalisation de la présente invention,

25 - la figure 3 est un schéma électrique d'un troisième mode de réalisation de la présente invention,

- la figure 4 est un schéma d'un perfectionnement apporté au dispositif de la figure 3, et

30 - la figure 5 est un schéma d'un autre mode de réalisation du perfectionnement de la figure 4.

Pour simplifier la description, sur les figures les mêmes références désignent les mêmes éléments.

35 Le perfectionnement de la présente invention sera tout d'abord décrit avec référence à la figure 1 dans le cas d'un dispositif de régulation thermique d'une enceinte du type de ceux décrits dans le

brevet européen n° 4 233 au nom de la demanderesse.

Comme représenté sur la figure 1, ce dispositif comporte essentiellement un circuit de mesure de température référencé A et un circuit de chauffage référencé B.

5 Le circuit de mesure A comporte un ou plusieurs éléments thermosensibles ou capteurs de température R_4 connectés en série. Ces capteurs sont inclus dans une branche d'un pont de résistances dont les trois autres branches comportent des résistances R_1 , R_2 , R_3 . Une des diagonales du pont est alimentée en tension continue et reçoit à cet effet une tension V_B au point P, le point Q opposé de la diagonale étant à la masse. Les extrémités XY de l'autre diagonale du pont sont reliées aux deux entrées d'un amplificateur opérationnel Z muni d'une boucle de contre-réaction comprenant une résistance R_5 dont le montage sera explicité ci-après.

15 Le circuit de chauffage B comporte une chaîne de transistors connectés en série par leur émetteur et leur connecteur et référencés T_1 à T_n . Ces transistors sont montés en régulateurs de tension. La base des transistors T_1 à T_n est maintenue à un potentiel constant par un pont résistance-diode Zener tel que R'_n et CR_n pour le transistor T_n .

20 Le transistor TC monté en série avec le transistor T_1 assure la fonction de transistor de commande. La base du transistor TC est reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel Z à travers un pont diviseur RA-RB dont le rôle est d'assurer une liaison tenant compte des conditions particulières de polarisation de l'amplificateur Z. Ce pont diviseur de rapport convenable permet de diminuer la tension résiduelle de sortie de l'amplificateur à son niveau bas pour l'amener à une valeur inférieure à la tension de blocage de la base du transistor TC. Le montage du transistor TC en émetteur-suiveur fait que sa tension de base se retrouve au niveau de son émetteur et comme celui-ci est connecté à la masse par l'intermédiaire d'une résistance d'émetteur R_9 , le courant I de la chaîne des transistors TC, T_1 à T_n , est déterminé par les variations de la tension de base du transistor TC, qui peut participer au même titre que les autres transistors au chauffage de l'enceinte.

Conformément à la présente invention, la résistance R_5 de la boucle de contre-réaction de l'amplificateur de sortie Z est connectée entre la résistance d'émetteur R_9 et l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel Z. Avec ce montage, la tension aux bornes de la résistance d'émetteur R_9 est proportionnelle à la tension sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur Z. D'autre part, on ne dépend plus du tout des paramètres électriques du transistor TC et le gain en courant est lié aux valeurs des résistances R_1 , R_2 , R_5 et R_9 , ce qui permet une bonne reproductibilité du système.

Par ailleurs, le fonctionnement du circuit ci-dessus est identique au fonctionnement décrit dans le brevet européen n° 4 233 auquel on se réfèrera. De plus, il est évident pour l'homme de l'art que toutes les modifications apportées au circuit de chauffage et décrites dans le brevet européen n° 4 233 peuvent être incorporées à la présente invention notamment en ce qui concerne le circuit de limitation de courant constitué par un transistor amplificateur attaqué sur sa base par un signal lié au courant à limiter et agissant par son collecteur sur la base du transistor TC de commande.

On décrira maintenant avec référence aux figures 2 et 3, deux autres modes de réalisation de la présente invention. Dans ces deux modes de réalisation, le circuit de mesure de température a été modifié pour incorporer un dispositif de régulation à action proportionnelle intégrale et dérivée tel que décrit dans la demande de brevet français n° 82.19584 au nom de la demanderesse.

Comme représenté sur la figure 2, une tension d'alimentation positive V_A alimente un générateur de tension stabilisée 1 dont la tension de sortie V_B est destinée à l'alimentation d'un pont de résistances et de cinq amplificateurs opérationnels A_0 à A_4 . Le pont de résistances comporte une résistance R_3 dont une première extrémité est mise à la tension V_B et dont la seconde extrémité, à laquelle est présente une tension de mesure V_{TH} , est reliée à au moins une thermistance à coefficient de température négatif CTN dont l'extrémité opposée est mise à la masse. La tension de mesure V_{TH} est ainsi une fonction décroissante de la température. D'autre part, la tension V_B alimente également une deuxième branche du pont constituée par la résistance R_1 montée entre la tension V_B et

un point milieu présentant une tension de référence $V_{\text{réf.}}$, ce point milieu étant connecté à une résistance R_2 dont l'autre borne est mise à la masse. Une capacité de découplage C_1 est prévue entre les points X et Y des deux branches du pont de résistances. D'autre part, la tension V_{TH} est envoyée sur un amplificateur opérationnel A_0 monté en suiveur de tension. La sortie de l'amplificateur A_0 est envoyée sur les entrées inverseuses de trois amplificateurs opérationnels A_1, A_2, A_3 montés en parallèle dont les entrées non inverseuses directes reçoivent la tension de référence $V_{\text{réf.}}$. Les trois amplificateurs opérationnels A_1, A_2, A_3 sont destinés respectivement aux corrections proportionnelle, intégrale et dérivée et sont réalisés comme décrit dans la demande de brevet français n° 82.19584. En conséquence, l'amplificateur A_1 est un amplificateur à action proportionnelle, l'amplificateur A_2 est un amplificateur à action intégrale et l'amplificateur A_3 est un amplificateur à action dérivée. Les sorties des amplificateurs A_1, A_2, A_3 sont connectées respectivement par l'intermédiaire de trois résistances R_{10}, R_{11}, R_{12} sur la borne inverseuse d'un amplificateur opérationnel A_4 de sortie dont l'entrée non inverseuse directe reçoit la sortie de l'amplificateur A_0 . Conformément à la présente invention, l'amplificateur A_4 est muni d'une boucle de contre-réaction constituée par une résistance R_5 qui est montée entre la résistance R_9 d'émetteur du transistor de commande TC et l'entrée inverseuse de l'amplificateur A_4 .

Pour compenser la chute de tension aux bornes de la résistance R_5 , la sortie du générateur 1 est connectée par l'intermédiaire de la résistance R_{13} sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur A_4 .

Le fonctionnement de ce circuit est identique au fonctionnement du dispositif de régulation décrit dans la demande de brevet français n° 82.19584. Toutefois, par suite du montage de la boucle de contre-réaction, la tension aux bornes de la résistance R_9 est proportionnelle à la somme des signaux délivrés par A_1, A_2, A_3 et V_B et le gain en courant est uniquement lié aux valeurs des résistances $R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_5$ et R_9 , ce qui permet d'obtenir une bonne reproductibilité du circuit puisqu'on ne dépend plus des paramètres électriques du transistor de commande TC.

Comme représenté sur les figures 2 et 3, le circuit de chauffage a, lui aussi, été modifié par rapport au circuit de chauffage décrit dans le brevet européen n° 4 233 ou dans la demande de brevet français n° 82.19584. Dans ce cas en effet, les bases des transistors de chauffage T_1 , T_2 , T_n sont connectées à un pont diviseur commun constitué des résistances R'_1 , R'_2 , R'_3 , R'_n , montées entre le point commun à R_5 et R_9 et la tension d'alimentation V_4 .

L'avantage de ce montage est de diminuer le nombre de composants à câbler et de réduire la consommation puisque le pont ne comporte que des résistances en série. D'autre part, la polarisation des différents transistors est référencée par rapport à la tension aux bornes de la résistance d'émetteur R_9 , ce qui a pour but de compenser la tension collecteur-émetteur de chaque transistor en fonction du courant de chauffage.

D'autre part, le transistor de commande T_C est monté en série avec le transistor T_1 . La base du transistor T_C est reliée à la sortie de l'amplificateur de sortie A_4 à travers un pont diviseur R_A - R_B dont le rôle est d'assurer une liaison tenant compte des conditions particulières de polarisation de l'amplificateur A_4 . D'autre part, un transistor T_L est monté entre la base et l'émetteur du transistor de commande T_C de telle sorte que la base du transistor T_L soit connectée à l'émetteur du transistor T_C , l'émetteur du transistor T_L soit connecté à la masse et le collecteur du transistor T_L soit connecté à la base du transistor T_C .

Par ailleurs, comme mentionné dans la demande de brevet français n° 83.16549 au nom de la demanderesse, les transistors T_C , T_1 , T_2 , T_n seront de préférence des transistors du type Darlington de manière à diminuer le courant dans le pont de résistances R'_1 à R'_n .

Sur la figure 3, on a représenté une variante de réalisation du dispositif de régulation de la figure 2. Dans ce cas, l'amplificateur opérationnel A_1 à action dérivée a été remplacé par un amplificateur A'_1 "suiveur-dérivateur" dont la tension de sortie est égale à la somme de sa tension d'entrée et de sa dérivée.

L'amplificateur A₁ est positionné en sortie de l'amplificateur à action proportionnelle A₃. Ceci permet d'utiliser, pour l'amplificateur "suiveur-dérivateur", une capacité chimique polarisée, ce qui permet de réduire de manière appréciable l'encombrement et le coût du circuit. Les autres parties du circuit de la figure 3 sont identiques au circuit de la figure 2, notamment en ce qui concerne les perfectionnements apportés par la présente invention.

Selon une autre caractéristique de la présente invention représentée sur la figure 4, l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel de sortie A₄ est reliée par l'intermédiaire d'une résistance fixe R₂₂ en sortie d'un amplificateur différentiel A₅ dont l'entrée directe non-inverseuse reçoit la tension de référence V_{réf.} et dont l'entrée inverseuse reçoit une tension de polarisation E.

Cette caractéristique peut s'appliquer aussi bien au mode de réalisation de la figure 2 qu'à celui de la figure 3.

On expliquera maintenant le fonctionnement de ce perfectionnement, le reste du dispositif fonctionnant de la manière décrite ci-dessus. Ainsi, en régulation, la tension différentielle du pont de mesure composé des résistances R₁, R₂, R₃ et de la thermistance CTN est nulle. En conséquence, la tension V₀ en sortie de l'amplificateur opérationnel suiveur A₀ est égale à la tension au point Y à savoir la tension de référence V_{réf.}. Il en résulte que la tension V₁ en sortie de l'amplificateur opérationnel A₁ est égale à la tension V₀, car la tension différentielle à l'entrée de l'amplificateur A₃ est nulle. L'amplificateur de sortie A₄ fonctionnant en régime linéaire, la tension sur son entrée non-inverseuse est égale à la tension sur son entrée inverseuse.

D'autre part, la fonction de transfert de l'amplificateur différentiel A₅ est donnée par l'équation suivante :

$$V_5 = G.V_0 - J.E$$

dans laquelle G et J sont des constantes.

Avec tous les paramètres ci-dessus, on peut calculer la tension V₂ en sortie de l'amplificateur opérationnel A₂ en fonction des

tensions V_0 , V_1 , V_6 et E en appliquant le théorème de Milmann sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel de sortie A_4 . On obtient alors l'équation suivante :

$$V_2 = V_0 \left(1 + \frac{R_6}{R_5} + \frac{R_6}{R_{22}} (1-G) \right) + JE \frac{R_6}{R_{22}} - \frac{V_6 R_6}{R_5}$$

5 Conformément à la présente invention, pour ne pas saturer l'amplificateur à action intégrale A_2 , la valeur de la constante G sera choisie de telle sorte que la tension V_2 en sortie de l'amplificateur A_2 ne dépende pas de la tension V_0 . Pour cela il faut que le terme entre parenthèses soit nul et l'on obtient :

10
$$G = 1 + \frac{R_{22}}{R_6} + \frac{R_{22}}{R_5}$$

Dans ce cas :

$$V_2 = JE \frac{R_6}{R_{22}} - \frac{V_6 R_6}{R_5}$$

Ainsi la tension en sortie de l'amplificateur à action intégrale A_2 ne dépend plus que de deux termes :

15 - V_6 qui est fonction du courant de chauffage,
 - E qui est une tension que l'on choisira en fonction de J pour régler le point de fonctionnement de l'amplificateur à action intégrale A_2 .

20 Selon un autre mode de réalisation représenté sur la figure 5, l'amplificateur différentiel A_5 est remplacé par un amplificateur opérationnel A'_5 associé à deux résistances R_{21} et R_{20} . De manière plus spécifique, la résistance R_{20} est connectée entre la polarisation E et l'entrée inverseuse de l'amplificateur A'_5 tandis que la
 25 résistance R_{21} est connectée entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'amplificateur A'_5 .

Dans ce cas la fonction de transfert de l'amplificateur A'_5 est donnée par l'équation suivante :

$$V_5 = V_0 \left(1 + \frac{R_{21}}{R_{20}} \right) - E \frac{R_{21}}{R_{20}}$$

En comparant cette équation à l'équation $V_5 : G \cdot V_0 - J \cdot E$, on obtient :

$$G = 1 + \frac{R_{21}}{R_{20}} \text{ et } J = \frac{R_{21}}{R_{20}}$$

5 d'où la relation donnant la tension V_2 en sortie de l'amplificateur A_2 en fonction de V_0 , V_6 et E .

$$V_2 = V_0 \left(1 + \frac{R_6}{R_5} - \frac{R_6 R_{21}}{R_{22} R_{20}} \right) - V_6 \frac{R_6}{R_5} + E \frac{R_6 R_{21}}{R_{22} R_{20}}$$

Si l'on souhaite que la tension V_2 ne dépende pas de la tension V_0 , on obtient alors :

$$1 + \frac{R_6}{R_5} = \frac{R_6 R_{21}}{R_{22} R_{20}}$$

10 Ainsi, la tension V_2 ne dépend plus que de V_6 et de E . Dans ce cas, c'est la source de tension E qui fixera le point de fonctionnement de l'amplificateur à action intégrale A_2 .

15 Il est évident pour l'homme de l'art que toutes les variantes décrites dans le brevet européen n° 4233 et dans les demandes de brevet français n° 82.19584 et 83.16549 peuvent aussi s'appliquer à la présente demande.

REVENDEICATIONS.

1. Perfectionnement au dispositif de régulation thermique d'une enceinte comprenant un circuit de mesure de température (A) constitué d'un pont de résistances dont une branche comprend au moins un élément thermosensible (R_4 , CTN) et d'un amplificateur (Z, A_4) délivrant en sortie un signal de contrôle représentatif de l'écart entre la température mesurée de l'enceinte et une température de référence, signal dont la valeur absolue est réglée par une boucle de contre-réaction, et un circuit de chauffage (B) de l'enceinte alimenté par une source de tension et régulé par le circuit de mesure de température, ledit circuit de chauffage étant constitué par au moins un transistor de commande (TC) délivrant un courant de chauffage réglable, caractérisé en ce que la boucle de réaction (R_5) de l'amplificateur de sortie (Z, A_4) est montée entre la résistance d'émetteur (R_9) du transistor de commande et l'entrée inverseuse de l'amplificateur.

2. Perfectionnement selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de chauffage comporte de plus au moins un circuit semiconducteur stabilisateur de tension (T_1 , T_2 , T_n), traversé par un courant de chauffage réglable par le transistor de commande (TC).

3. Perfectionnement selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de mesure de température est constitué par un circuit de régulation à action proportionnelle, intégrale et dérivée délivrant un signal de contrôle de polarité donnée.

4. Perfectionnement selon la revendication 3, caractérisé en ce que le circuit de régulation à action proportionnelle, intégrale et dérivée comporte :

- un dispositif de mesure (R_1 , R_2 , R_3 , CTN) délivrant une tension de mesure suivant une fonction décroissante de la grandeur à mesurer,

- un générateur (1) délivrant une tension de référence,
- quatre amplificateurs opérationnels (A_1 à A_4) alimentés sous une seule tension de polarité donnée et dont les trois premiers sont montés en parallèle et reçoivent chacun par leur entrée non

inverseuse directe la tension de référence et à leur entrée inverseuse la tension de mesure et consistant le premier en un amplificateur à action proportionnelle, le second en un amplificateur à action intégrale et le troisième en un amplificateur à action dérivée et dont le quatrième est muni d'une boucle de réaction selon la revendication 1 et reçoit par son entrée non-inverseuse directe la tension de mesure et à son entrée inverseuse les sorties des trois premiers amplificateurs et du générateur.

5
10
15
20
25
30

5. Perfectionnement selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un cinquième amplificateur opérationnel (A₀) monté en suiveur et recevant la tension de mesure sur son entrée non-inverseuse directe et dont la sortie est raccordée de manière à alimenter au moins un des quatre amplificateurs opérationnels par la tension de mesure.

6. Perfectionnement selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (A₅, A'₅, R₂₂, R₂₀, R₂₁, E) pour fixer automatiquement le point de fonctionnement du circuit de mesure de température quelle que soit la tension de référence.

7. Perfectionnement selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens pour fixer automatiquement le point de fonctionnement du circuit de mesure de température quelle que soit la tension de référence sont constitués par une résistance fixe (R₂₂) connectée sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur de sortie (A₄) et polarisée par une source de tension (A'₅, R₂₀, R₂₁, A₅, E) directement fonction de la tension de référence.

8. Perfectionnement selon la revendication 7, caractérisé en ce que la résistance fixe (R₂₂) est reliée à la sortie d'un amplificateur différentiel (A₅) recevant sur son entrée non-inverseuse la tension de référence et sur son entrée inverseuse une tension de polarisation (E).

9. Perfectionnement selon la revendication 8, caractérisé en ce que la constante G de la fonction de transfert de l'amplificateur différentiel est choisie telle que :

$$G = 1 + \frac{R_{22}}{R_5} + \frac{R_{22}}{R_6}$$

- R₅ étant la résistance de la boucle de réaction de l'amplificateur de sortie (A₄), et
- R₆ étant la résistance connectée en sortie de l'amplificateur à action intégrale (A₂).

5 10. Perfectionnement selon la revendication 4, caractérisé en ce que la résistance fixe (R₂₂) est reliée à la sortie d'un amplificateur opérationnel (A'₅) à action proportionnelle recevant sur son entrée non-inverseuse la tension de référence et sur son entrée inverseuse par l'intermédiaire d'une résistance (R₂₀) une
10 tension de polarisation (E), une résistance (R₂₁) étant montée entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel (A'₅).

11. Perfectionnement selon la revendication 10, caractérisé en ce que les résistances sont choisies de telle sorte que :

$$15 \quad 1 + \frac{R_6}{R_5} = \frac{R_6 R_{21}}{R_{22} R_{20}}$$

- R₅ étant la résistance de la boucle de réaction de l'amplificateur de sortie (A₄), et
- R₆ étant la résistance connectée en sortie de l'amplificateur à action intégrale.

20 12. Perfectionnement selon la revendication 3, caractérisé en ce que le circuit de régulation à action proportionnelle, intégrale et dérivée comporte :

25 - un dispositif de mesure (R₁, R₂, R₃, CTN) délivrant une tension de mesure suivant une fonction décroissante de la grandeur à mesurer,

- un générateur (1) délivrant une tension de référence,

30 - quatre amplificateurs opérationnels (A'₁, A₂, A₃, A₄) alimentés sous une seule tension de polarité donnée, ces quatre amplificateurs consistant en un amplificateur à action intégrale, un amplificateur monté en suiveur-dérivateur, un amplificateur à action proportionnelle et un amplificateur de sortie, l'amplificateur à action intégrale et l'amplificateur à action proportionnelle recevant chacun à leur entrée non-inverseuse directe la tension de référence et à leur entrée inverseuse la tension de mesure,
35 l'amplificateur monté en suiveur-dérivateur étant connecté en

sortie de l'amplificateur à action proportionnelle et l'amplificateur de sortie qui est muni d'une boucle de réaction selon la revendication 1, recevant sur son entrée non-inverseuse directe la tension de mesure et sur son entrée inverseuse les sorties de l'amplificateur à action intégrale, de l'amplificateur à action dérivée et inverseuse et du générateur.

13. Perfectionnement selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte un cinquième amplificateur opérationnel (A_0) monté en suiveur et recevant la tension de mesure sur son entrée non inverseuse directe et dont la sortie est raccordée de manière à alimenter au moins un des quatre amplificateurs opérationnels par la tension de mesure.

14. Perfectionnement selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (A_5 , A'_5 , R_{22} , R_{20} , R_{21} , E) pour fixer automatiquement le point de fonctionnement du circuit de mesure de température quelle que soit la tension de référence.

15. Perfectionnement selon la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens pour fixer automatiquement le point de fonctionnement du circuit de mesure de température quelle que soit la tension de référence sont constitués par une résistance fixe (R_{22}) connectée sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur de sortie (A_4) et polarisée par une source de tension (A'_5 , R_{20} , R_{21} , A_5 , E) directement fonction de la tension de référence.

16. Perfectionnement selon la revendication 15, caractérisé en ce que la résistance fixe (R_{22}) est reliée à la sortie d'un amplificateur différentiel (A_5) recevant sur son entrée non-inverseuse la tension de référence et sur son entrée inverseuse une tension de polarisation (E).

17. Perfectionnement selon la revendication 16, caractérisé en ce que la constante G de la fonction de transfert de l'amplificateur différentiel est choisie telle que :

$$G = 1 + \frac{R_{22}}{R_5} + \frac{R_{22}}{R_6}$$

- R_5 étant la résistance de la boucle de réaction de l'amplificateur de sortie (A_4), et

- R₆ étant la résistance connectée en sortie de l'amplificateur à action intégrale (A₂).

5 18. Perfectionnement selon la revendication 12, caractérisé en ce que la résistance fixe (R₂₂) est reliée à la sortie d'un amplificateur opérationnel (A'₅) à action proportionnelle recevant sur son entrée non-inverseuse la tension de référence et sur son entrée inverseuse par l'intermédiaire d'une résistance (R₂₀) une tension de polarisation (E), une résistance (R₂₁) étant montée entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel (A'₅).

10 19. Perfectionnement selon la revendication 18, caractérisé en ce que les résistances sont choisies de telle sorte que :

$$1 + \frac{R_6}{R_5} = \frac{R_6 R_{21}}{R_{22} R_{20}}$$

15 - R₅ étant la résistance de la courbe de réaction de l'amplificateur de sortie (A₄), et
- R₆ étant la résistance connectée en sortie de l'amplificateur à action intégrale.

20 20. Perfectionnement selon la revendication 1, caractérisé en ce que les circuits semiconducteurs stabilisateurs de tension (T₁ à T_n) reliés en série sont soumis à une fraction de la tension d'alimentation obtenue par un pont de résistances (R'₁ à R'_n) communs à tous les circuits semiconducteurs, monté entre la tension d'alimentation et l'émetteur du transistor de commande (TC).

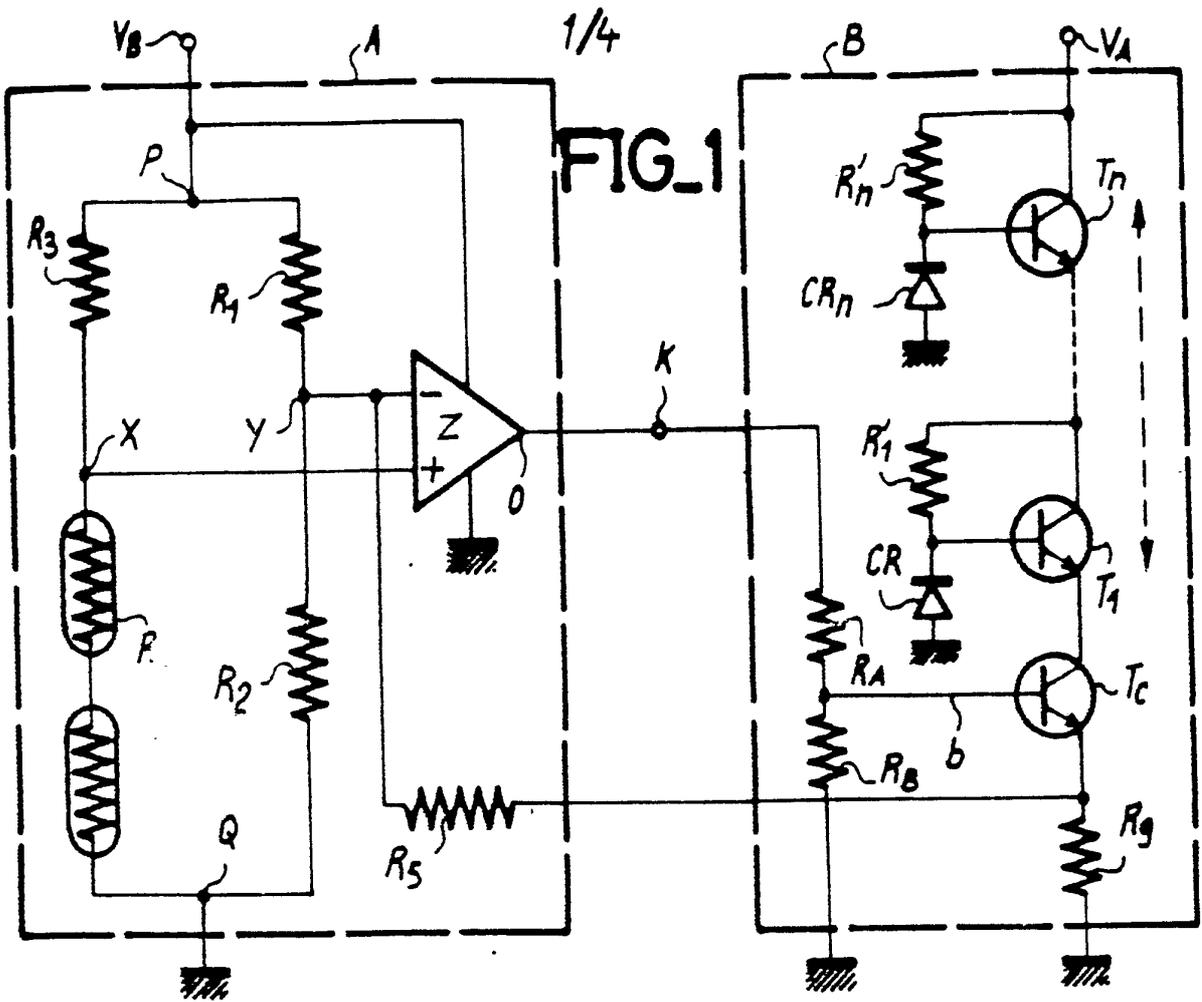


FIG. 2

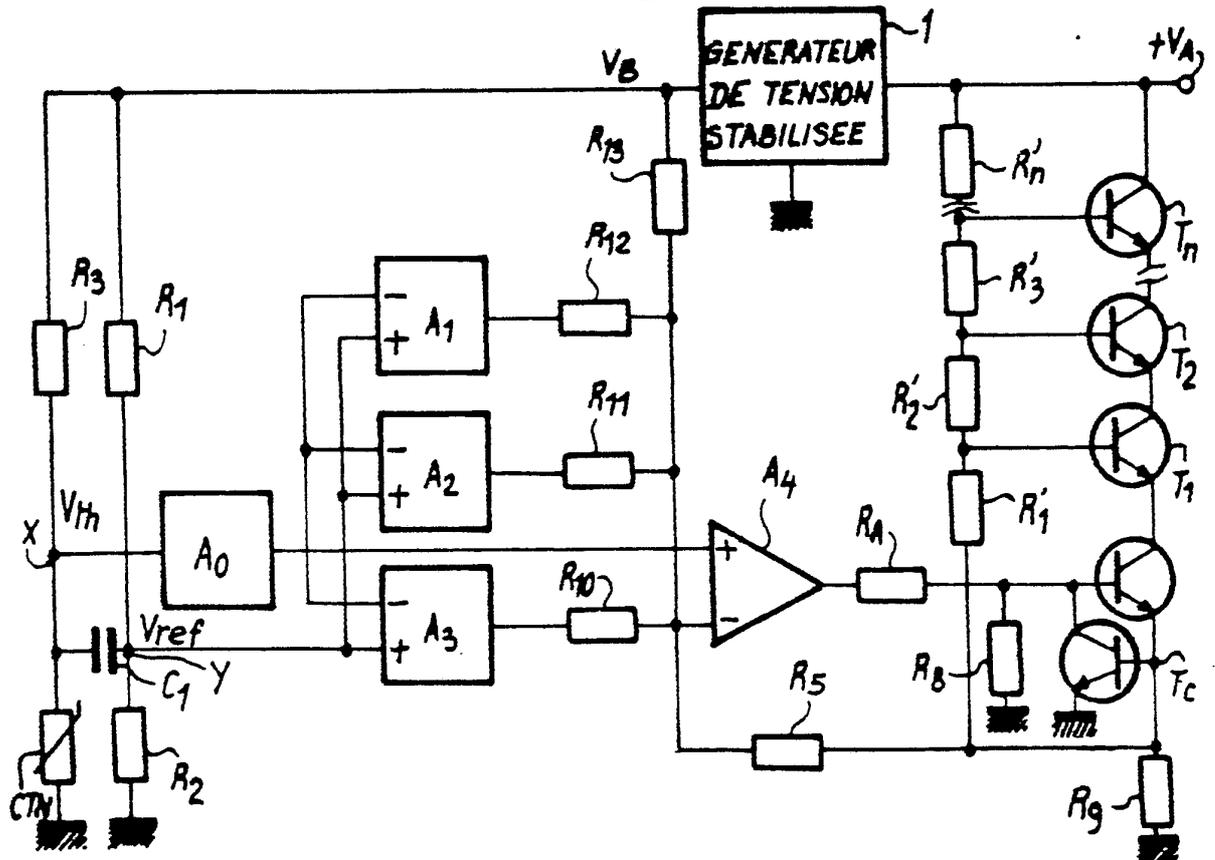
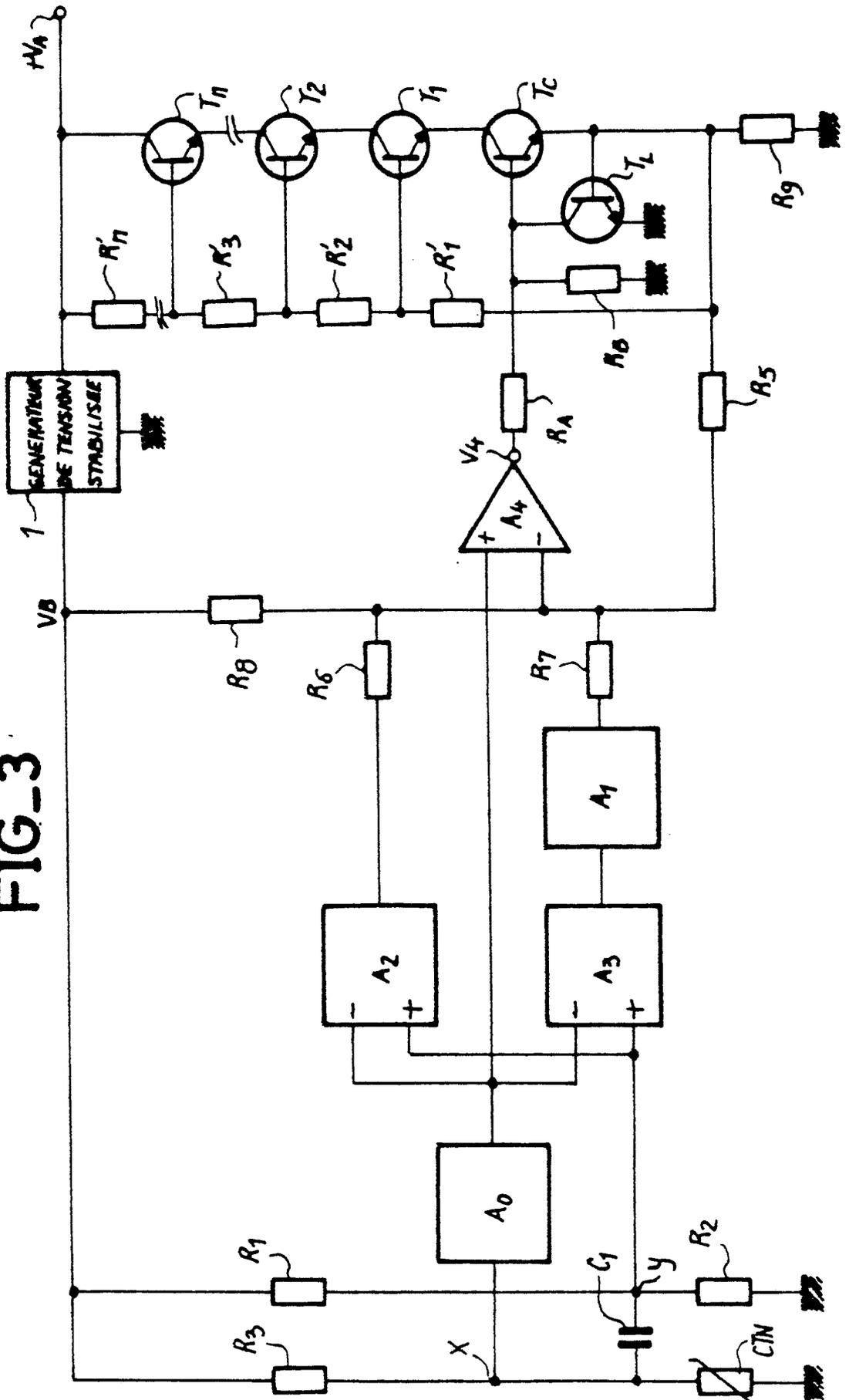
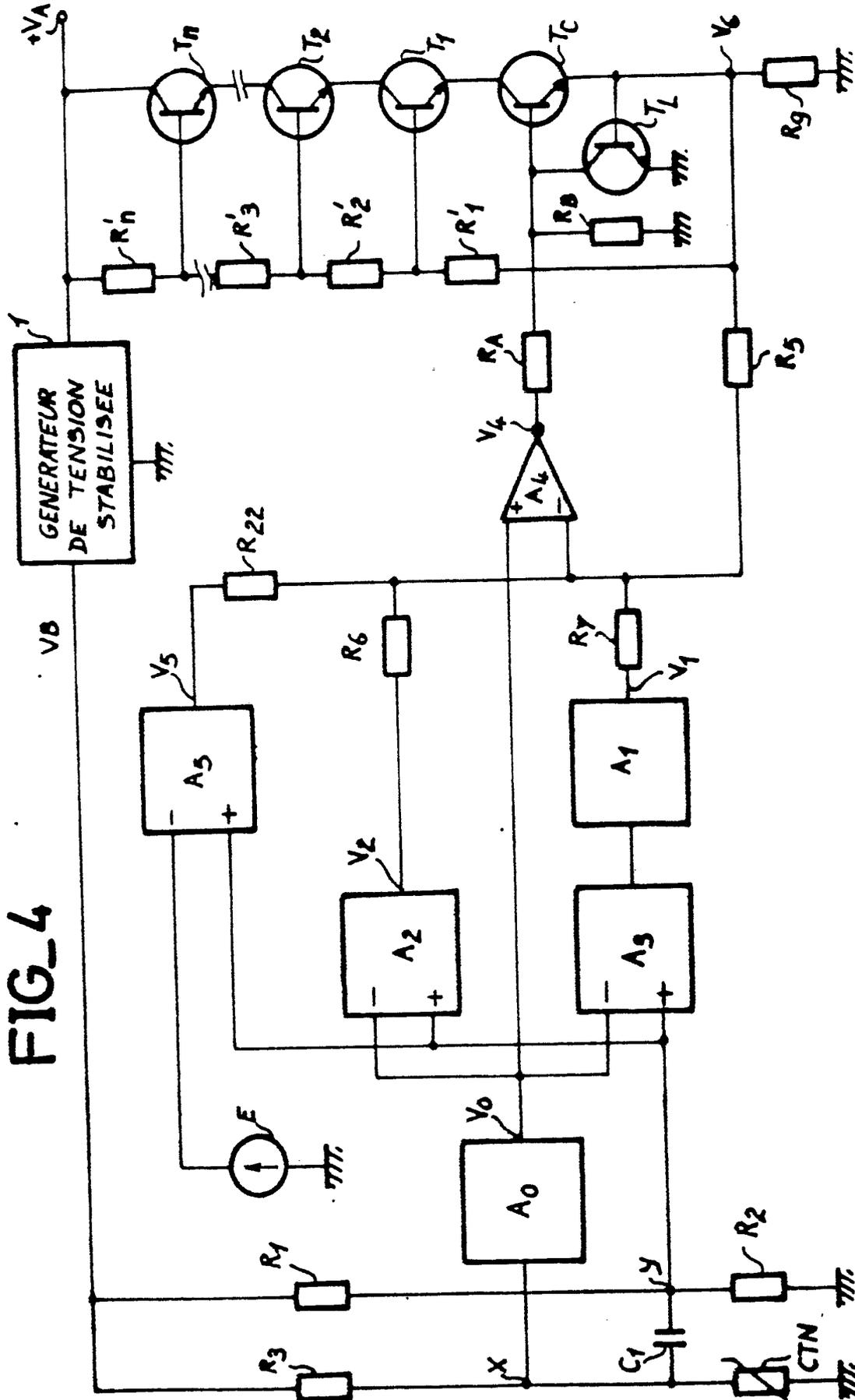


FIG. 3





FIG_4

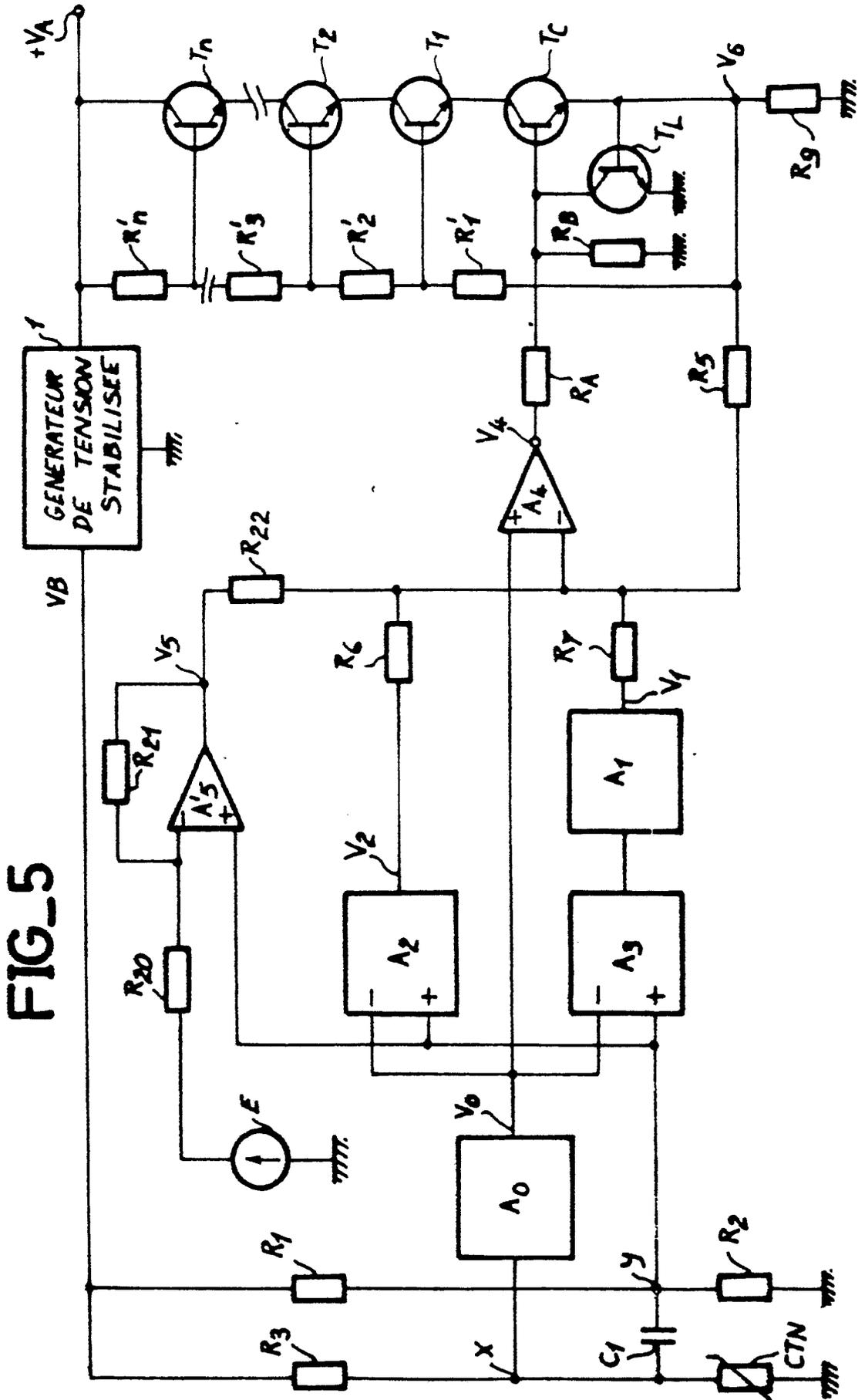


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 87/00031

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁴ ; G 05 D 23/24; H 03 L 1/04		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁴ ;	G 05 D; H 03 L	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	GB, A, 2050648 (HEWLETT-PACKARD) 7 January 1981, see abstract; page 2, lines 32-91; page 3, lines 70-74; figure	1, 2-4, 13
A	--	5, 13
Y	DE, A, 2557164 (SIEMENS) 30 June 1977, see page 4, lines 1-34; figure 1	1, 2
Y	FR, A, 2536553 (CEPE) 25 May 1984, see abstract; page 9, line 1 - page 10, line 18; figure (cited in the application)	3, 4, 13
A	--	12
A	EP, A, 0142410 (CEPE) 22 May 1985, see abstract; page 8, lines 13-25; figure 4 (cited in the application)	20
A	EP, A, 0004233 (CEPE) 19 September 1979, see abstract; figure 1 (cited in the application)	1
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
4 May 1987 (04.05.87)		22 May 1987 (22.05.87)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
European Patent Office		

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/FR 87/00031 (SA 16002)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 12/05/87

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

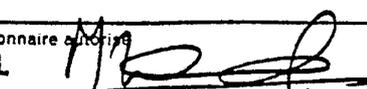
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A- 2050648	07/01/81	DE-A- 3014955	11/12/80
		JP-A- 55162116	17/12/80
		US-A- 4317985	02/03/82
DE-A- 2557164	30/06/77	None	
FR-A- 2536553	25/05/84	None	
EP-A- 0142410	22/05/85	FR-A, B 2553538	19/04/85
		JP-A- 60103419	07/06/85
		US-A- 4611182	09/09/86
EP-A- 0004233	19/09/79	FR-A, B 2418953	28/09/79
		US-A- 4216371	05/08/80

For more details about this annex :
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N° PCT/FR 87/00031

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
CIB ⁴ : G 05 D 23/24; H 03 L 1/04		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ		
Documentation minimale consultée ⁸		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB ⁴	G 05 D; H 03 L	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁹		
III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS ¹⁰		
Catégorie ⁶	Identification des documents cités, ¹¹ avec indication, si nécessaire, des passages pertinents ¹²	N° des revendications visées ¹³
Y	GB, A, 2050648 (HEWLETT-PACKARD) 7 janvier 1981, voir abrégé; page 2, lignes 32-91; page 3, lignes 70-74; figure	1,2-4,13
A	--	5,13
Y	DE, A, 2557164 (SIEMENS) 30 juin 1977, voir page 4, lignes 1-34; figure 1	1,2
Y	FR, A, 2536553 (CEPE) 25 mai 1984, voir abrégé; page 9, ligne 1 - page 10, ligne 18; figure	3,4,13
A	cité dans la demande	12
A	EP, A, 0142410 (CEPE) 22 mai 1985, voir abrégé; page 8, lignes 13-25; figure 4	20
A	EP, A, 0004233 (CEPE) 19 septembre 1979, voir abrégé; figure 1	1

<p>⁶ Catégories spéciales de documents cités: ¹¹</p> <p>« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>« L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>« O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>« P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>« Y » document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>« & » document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
4 mai 1987	22 MAY 1987	
Administration chargée de la recherche internationale	Signature du fonctionnaire chargé de la recherche	
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	M. VAN MOL 	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE RELATIF

A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO. PCT/FR 87/00031 (SA 16002)

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche international visé ci-dessus. Lesdits membres sont ceux contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 12/05/87

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevets	Date de publication
GB-A- 2050648	07/01/81	DE-A- 3014955	11/12/80
		JP-A- 55162116	17/12/80
		US-A- 4317985	02/03/82
DE-A- 2557164	30/06/77	Aucun	
FR-A- 2536553	25/05/84	Aucun	
EP-A- 0142410	22/05/85	FR-A, B 2553538	19/04/85
		JP-A- 60103419	07/06/85
		US-A- 4611182	09/09/86
EP-A- 0004233	19/09/79	FR-A, B 2418953	28/09/79
		US-A- 4216371	05/08/80

Pour tout renseignement concernant cette annexe :
voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No. 12/82