



(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 89460031.1

(61) Int. Cl. 5: B41J 2/07

(22) Date de dépôt: 22.09.89

(30) Priorité: 29.09.88 FR 8812935

(71) Demandeur: IMAJE S.A.  
9, rue Gaspard Monge Z.A. de l'Armaillier  
F-26500 Bourg les Valence(FR)

(43) Date de publication de la demande:  
04.04.90 Bulletin 90/14

(72) Inventeur: Bajeux, Paul  
Quartier Saint-Nizier Chatuzange Le Goubet  
F-26300 Bourg de Péage(FR)  
Inventeur: Dunand, Alain  
56 avenue Sadi Carnot  
F-26000 Valence(FR)

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE DE ES FR GB GR IT NL SE

(74) Mandataire: Dubreuil, Annie  
Cabinet DUBREUIL Le Suffren 23 rue des  
Peupliers  
F-56100 Lorient(FR)

(54) Dispositif de contrôle et de régulation d'une encre et de son traitement dans une imprimante à jet d'encre continu.

(57) Dans une imprimante à jet d'encre continu dans laquelle un jet (J) est fractionné en gouttelettes chargées dans une électrode de charge (6), qui passent ensuite entre des électrodes de déflexion, un détecteur (8) est prévu, comportant un élément conducteur (8c) en deux parties symétriques par rapport à la trajectoire des gouttelettes.

Selon l'invention, le dispositif comprend un circuit (9) pour déterminer et traiter les dérivées première  $I(t)$  et seconde  $J(t)$  par rapport au temps de la charge induite dans l'élément conducteur par des gouttelettes chargées (Gc), afin de déterminer leur vitesse.

Le dispositif comporte également un moyen de régulation de la vitesse des gouttes et un moyen de régulation de la qualité de l'encre.

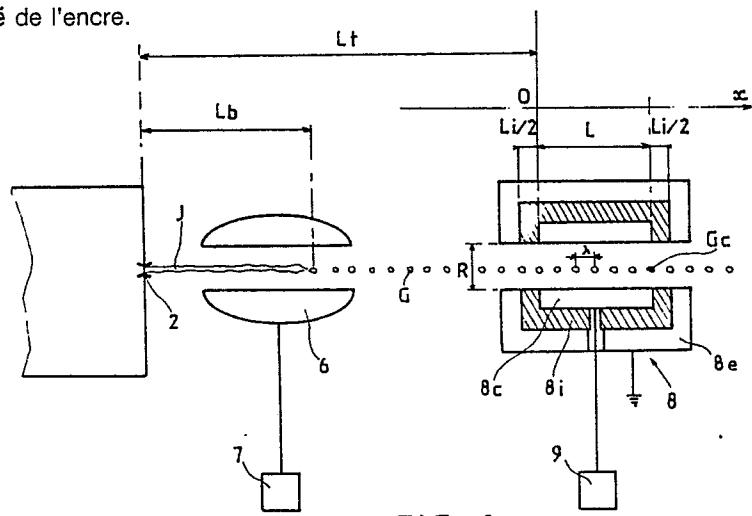


FIG. 2

**Dispositif de contrôle et de régulation d'une encre et de son traitement dans une imprimante à jet d'encre continu**

La présente invention concerne des dispositifs de contrôle et de régulation d'une encre et de son traitement dans une imprimante à jet d'encre continu.

La technique d'écriture par projection d'encre utilisant un jet continu de gouttelettes calibrées, fournies par un système de modulation, consiste à charger électrostatiquement ces gouttelettes, au moyen d'une 5 électrode appropriée. Le passage de ces gouttes chargées de manière variable entre deux électrodes portées à une forte différence de potentiel électrique conduit à une déflexion des gouttes proportionnelle à leur charge. Cette déflexion combinée avec le déplacement du support permet l'impression matricielle de caractères ou de graphismes sur ledit support.

10 L'ensemble des paramètres conditionnant le fonctionnement de l'imprimante doit être contrôlé de manière à assurer la qualité constante de l'impression malgré les variations inévitables de l'environnement.

La vitesse des gouttes constitue le paramètre le plus influent sur la qualité d'impression, car elle conditionne le temps de passage des gouttes chargées dans le champ électrique déflecteur (et donc la trajectoire des gouttes imprimées), mais aussi le phénomène de formation et de charge électrique des gouttes dans l'électrode de charge.

15 La qualité de l'encre constitue également un facteur très influent sur le fonctionnement des imprimantes pour plusieurs raisons.

En premier lieu, les propriétés physiques de l'encre (viscosité, densité, tension superficielle) conditionnent l'écoulement de l'encre dans la buse, ainsi que le processus physique de formation des gouttes. Les principaux facteurs conduisant à une variation des propriétés physiques de l'encre sont l'évaporation du 20 solvant de l'encre, d'une part, et les variations de température, d'autre part.

En second lieu, les propriétés chimiques de l'encre, qui résultent des concentrations des différents constituants de l'encre doivent être maintenues constantes dans le temps. La concentration en colorant doit être contrôlée de manière à assurer une constance de la qualité optique des marquages sur le support imprimé (densité optique, couleur, etc.). La quantité de résine présente dans l'encre doit être contrôlée car 25 elle conditionne, dans certaines formulations, la conductivité électrique de l'encre, et donc la charge électrique des gouttes. La quantité de résine doit être particulièrement contrôlée pour les applications où un traitement physico-chimique est appliqué au dépôt imprimé dans une phase simultanée ou ultérieure au marquage, tel qu'une réticulation sous rayons ultra-violets, une réaction sous rayonnement, etc., en vue de lui conférer des propriétés de résistance chimique particulières.

30 Le processus de formation et de charge électrique des gouttes conditionne également la qualité de l'impression. Une caractéristique spectaculaire de disfonctionnement d'une imprimante lié à un défaut dans le processus de formation des gouttes est la pollution des électrodes de déflexion par des petites gouttelettes parasites communément appelées gouttes satellites. Le processus de formation et de charge électrique des gouttes résulte de l'interaction de phénomènes hydrodynamiques et électriques complexes, 35 encore mal décrits par la théorie. Les paramètres influents sur ce processus sont liés à la fois aux propriétés physico-chimiques de l'encre et aux caractéristiques de fonctionnement de la machine : géométrie, vitesse de jet, fréquence et amplitude de modulation.

30 L'invention a pour but de permettre un contrôle et une régulation des paramètres les plus influents sur la qualité d'impression d'une imprimante à jet d'encre : vitesse des gouttes, qualité de l'encre et processus de formation et de charge des gouttes.

Plus particulièrement, un objet important de l'invention consiste à prévoir des dispositifs de contrôle et de régulation qui soient simples et peu encombrants, donc adaptés aux imprimantes à jet d'encre compactes.

45 Un autre objet important de l'invention consiste à prévoir des dispositifs de contrôle et de régulation qui soient utilisables de façon fiable dans des conditions sévères et très variables de l'environnement (température, humidité, ventilation), ainsi qu'avec des types d'encre différents.

Un domaine d'application particulièrement visé par la présente invention est le domaine du marquage industriel, où les conditions d'environnement sont très différentes et très variables dans le temps :

50 - températures ambiantes très différentes selon l'activité industrielle et grandes amplitudes de variations de cette température (impression en chambre froide, impression en extérieur);  
 - utilisation de solvants très volatils (méthyléthylcétone, alcools, etc.), dont l'évaporation est très dépendante de l'environnement (température, ventilation, etc.);  
 - utilisation de formulations d'encre très différentes, généralement choisies en fonction de la nature du support à imprimer (papier, métal, verre, matières plastiques, etc.)

Divers dispositifs ont été mis au point, qui permettent un contrôle et une régulation des paramètres les plus influents sur la qualité d'impression d'une imprimante à jet d'encre.

Concernant la vitesse des gouttes, dans les imprimantes électrostatiques, c'est-à-dire les imprimantes utilisant des gouttes chargées électrostatiquement, un élément conducteur permet de détecter la proximité des gouttes chargées. Dans le brevet US n° 313 913, il est décrit une méthode de détection de gouttes chargées à l'aide d'un tel dispositif. Par ailleurs, le brevet US n° 3 852 768 décrit l'utilisation de deux détecteurs inductifs distincts placés le long de la trajectoire de gouttes chargées, et la mesure de vitesse associée, donnée par la différence entre les temps de passage de ces gouttes en regard des détecteurs. Dans la demande de brevet européen n° 84 460003.1 au nom de la présente demanderesse, un mode de 10 réalisation particulier d'un système de détection est décrit, dans lequel les deux détecteurs inductifs sont intégrés dans une seule électrode de détection, fendue, et placée dans l'axe de la trajectoire des gouttes.

D'une manière générale, la plupart des inventions portant sur l'utilisation de détecteurs inductifs pour mesurer la vitesse de gouttes chargées mentionnent la nécessité d'utiliser au moins deux détecteurs. L'inconvénient majeur de ces dispositifs à double détecteurs réside dans leur encombrement.

15 On trouve dans le brevet suisse n° 251/84 une description relative à l'utilisation d'un seul détecteur inductif pour mesurer la vitesse de gouttes chargées. Cependant, dans ce brevet, il n'est fait aucune mention des conditions portant sur la taille du détecteur et nécessaires à la mise en oeuvre du procédé. En outre, peu de précisions concernent le circuit de traitement du signal associé. Il est mentionné que ce dernier fournit une fréquence de signal alternatif "presque proportionnelle" à la vitesse des gouttes.

20 Selon l'invention, la vitesse des gouttes est mesurée au moyen d'un détecteur unique comportant un élément conducteur en deux parties symétriques par rapport à la trajectoire des gouttes, ledit détecteur se trouvant entre l'électrode de charge et les électrodes de déflection. L'élément conducteur du détecteur est relié à la masse par l'intermédiaire d'une résistance aux bornes de laquelle est relié un circuit de traitement. Une goutte chargée, ou un train de gouttes chargées, induit une charge de signe opposé dans 25 l'élément détecteur, et cette charge varie selon la position de la goutte chargée, ou du train de gouttes chargées, dans le détecteur. Le traitement de la dérivée première  $I(t)$  et de la dérivée seconde  $J(t)$  par rapport au temps de la charge  $Q(t)$  permet de déterminer les instants d'entrée et de sortie de la goutte chargée, ou du train de gouttes chargées, dans le détecteur et, par conséquent, sa vitesse, la longueur du détecteur étant connue.

30 Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la longueur du détecteur est supérieure à l'écartement entre ses deux parties symétriques par rapport à la trajectoire des gouttes.

Concernant le contrôle de la qualité de l'encre, pour compenser l'évaporation permanente du solvant dans l'environnement, le fonctionnement de la plupart des circuits d'encre des machines d'impression à jet d'encre consiste, d'une part, à mesurer en permanence à l'aide d'un viscosimètre la viscosité de l'encre dans le circuit d'encre et, d'autre part, à réguler par ajouts de solvant ou d'encre fraîche la viscosité de l'encre alimentant la buse. Une description d'un circuit d'encre fonctionnant selon ce principe est donnée en particulier dans le brevet US n° 4 628 329 au nom de la présente demanderesse. L'incorporation de la fonction viscosimètre dans le circuit d'encre accroît notablement la complexité de son fonctionnement et conduit généralement à un encombrement supplémentaire important.

40 Par ailleurs, le lieu de mesure de viscosité est généralement éloigné de la tête d'impression. A un instant donné, la viscosité mesurée dans le circuit d'encre peut ne pas être représentative de la viscosité réelle à la tête d'impression. Ceci est particulièrement vrai lorsque la température au lieu de mesure de la viscosité est différente de la température à la tête d'impression. Pour pallier à cet inconvénient, diverses solutions de régulation de la température de l'encre dans la tête d'impression ont été proposées, 45 incorporant généralement un élément chauffant (voir les brevets US n° 4 337 468 de RICOH ou US n° 4 403 227 d'IBM), ce qui accroît la complexité et la consommation énergétique de l'imprimante.

Un autre objet de la présente invention consiste à mesurer la "qualité de l'encre" à la tête d'impression, sans avoir recours à une fonction viscosimètre à proprement parler.

Cet objet est atteint, selon l'invention, en combinant l'utilisation d'un dispositif de mesure de vitesse des gouttes, d'un circuit électronique et d'un dispositif d'alimentation en encre de la buse coopérant à la régulation de la vitesse des gouttes, d'une mesure de pression d'encre dans le circuit d'encre associée à des règles de dimensionnement des conduits hydrauliques.

50 Un autre objet de l'invention consiste à mesurer une température représentative de la température de l'encre à la buse, et à corriger la qualité de l'encre par rajouts de solvants ou d'encre fraîche, selon une loi qui tient compte de la température.

55 Selon l'invention, il est également prévu d'optimiser la rapidité de la régulation de la qualité de l'encre, d'une part en tenant compte du temps d'écoulement et d'homogénéisation de l'encre entre le lieu des ajouts d'encre (ou de solvants) et la buse et, d'autre part, en utilisant une cartouche d'encre d'appoint

contenant une encre dont la concentration est plus forte que la valeur nominale d'utilisation.

Concernant le contrôle de la formation des gouttes, dans les imprimantes à jet d'encre du type à jet continu, l'encre pressurisée est éjectée par une buse sous forme d'un jet dont on provoque la fragmentation en une suite de gouttelettes auxquelles une charge est ensuite appliquée de façon sélective et qui sont dirigées vers le support d'impression ou vers une gouttière. Divers procédés peuvent être employés pour commander et synchroniser la formation des gouttelettes, consistant à faire vibrer la buse, ou à provoquer des perturbations de la pression de l'encre au niveau de la buse en incorporant notamment un résonateur excité par une céramique piézoélectrique en amont de la buse. Du fait de la perturbation, le jet se fragmente, à la fréquence de la perturbation, en gouttelettes uniformes, souvent accompagnées de gouttelettes plus petites appelées gouttelettes satellites. La présence de ces gouttes satellites doit être contrôlée car, lors de l'application de la charge des gouttes, les satellites ont une charge massique plus élevée que les gouttes principales : si ceux-ci passent dans le champ de déflection, ils subissent des déflexions importantes et provoquent, soit une salissure des électrodes de déflection conduisant à des défauts d'isolation électrique, soit des impacts parasites sur le support imprimé.

L'art connu (voir l'article de BOGY dans Annual Review of Fluid Mechanics 1979) montre que si l'on fixe les propriétés physiques de l'encre, la buse, la fréquence de la perturbation, la vitesse du jet, le dispositif résonateur et la forme du signal d'excitation appliqué au résonateur, il est possible de contrôler la formation des gouttes par l'amplitude de la perturbation appliquée au résonateur. Il est possible, en particulier, d'inhiber la formation des gouttelettes satellites en choisissant une amplitude adaptée de la perturbation. Par ailleurs, la valeur de cette amplitude fixe le lieu de fragmentation du jet à une distance déterminée par rapport à la position de la buse (et donc par rapport à l'électrode de charge).

Les moyens employés pour appliquer la charge électrique choisie à chaque gouttelette comprennent généralement un circuit de charge et une électrode entourant le jet à l'endroit de formation de la goutte. La charge électrostatique de la goutte est alors obtenue en appliquant une tension d'amplitude  $V_c$  entre un point de contact électrique avec l'encre et l'électrode de charge. La charge  $Q_g$  acquise par la goutte dépend alors de la valeur de la tension de charge  $V_c$  au moment de la formation de la goutte, de la capacité électrique  $C_g$  de l'ensemble goutte en formation/électrode de charge, et du rapport de la période de formation des gouttes au temps caractéristique électrique de l'ensemble jet/électrode, défini par  $R_j \cdot C_j$  où  $R_j$  est la résistance électrique équivalente du jet entre la buse et la goutte en formation, et  $C_j$  est la capacité électrique de l'ensemble jet/électrode. Les paramètres  $R_j$ ,  $C_j$ ,  $C_g$  sont en particulier influencés par la forme du jet pendant la période de formation et de charge de la goutte. La résistance électrique du jet  $R_j$  dépend en outre de la conductivité électrique de l'encre, elle-même généralement fonction de la concentration et de la température de l'encre.

Pour une tête d'impression et une encre données, l'expérience montre qu'il est possible de déterminer une relation entre les propriétés physiques de l'encre à la buse (rhéologie, tension superficielle) et l'amplitude d'excitation du résonateur, de manière à obtenir une formation correcte des gouttes, c'est-à-dire de manière à ce que le point de séparation des gouttes du jet soit proche du centre de l'électrode de charge, et que la formation de gouttes satellites soit inhibée.

Selon l'invention, il est prévu de contrôler et réguler le processus de formation et de charge des gouttes en régulant simultanément la vitesse des gouttes, la qualité de l'encre, et le lieu de séparation des gouttes du jet. Le contrôle du lieu de séparation des gouttes du jet est obtenu par un contrôle du temps de vol des gouttes entre le lieu de charge des gouttes et la position du détecteur de vitesse de gouttes. La régulation du lieu de séparation des gouttes est obtenue en modifiant l'amplitude d'excitation du résonateur de manière à maintenir le lieu de séparation des gouttes en un lieu appelé point de fonctionnement, qui dépend de la qualité de l'encre mesurée à la buse.

Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation préféré, faite en relation avec les dessins joints, parmi lesquels :

la Fig. 1 est une vue schématique représentant les éléments principaux d'une tête d'impression dans une imprimante à jet d'encre continu selon l'invention,

la Fig. 2 est une vue schématique, à échelle agrandie, représentant la buse, une électrode de charge et le détecteur pour mesurer la vitesse des gouttes de la tête d'impression de la Fig. 1,

les Figs. 3a à 3d sont des vues de structure associées à des diagrammes de la densité de charge linéique induite dans le détecteur par une goutte chargée en fonction de sa position par rapport au détecteur,

la Fig. 4 est un diagramme représentant la charge  $Q(t)$  induite dans le détecteur par une goutte chargée par rapport au temps,

la Fig. 5 est un diagramme représentant la dérivée première  $I(t)$  de  $Q(t)$  par rapport au temps,

la Fig. 6 est un diagramme représentant la dérivée seconde  $J(t)$  de  $Q(t)$  par rapport au temps,

la Fig. 7 regroupe en superposition les diagrammes de  $I(t)$ ,  $J(t)$ ,  $Q(t)$ , ainsi que deux diagrammes représentant les valeurs de trois signaux numériques  $F1$ ,  $F2$  et  $F3$  fonction de  $I(t)$  et de  $J(t)$  et servant à déterminer les instants d'entrée et de sortie d'une goutte chargée dans le détecteur,

5 la Fig. 8 est une vue semblable à la Fig. 3b, à la différence près qu'un train de gouttes chargées au lieu d'une goutte chargée unique est utilisé pour la mesure de vitesse,

la Fig. 9 est une vue regroupant les diagrammes de  $I(t)$ , de  $J(t)$  et des signaux  $F1$ ,  $F2$  et  $F3$  pour le cas où un train de gouttes chargées est utilisé pour la mesure de vitesse,

10 la Fig. 10 est une vue schématique représentant sous forme de blocs le circuit associé au détecteur pour déterminer la vitesse des gouttes,

la Fig. 11 est une vue détaillée du circuit de la Fig. 10,

la Fig. 12 est une vue regroupant des diagrammes concernant le fonctionnement du circuit de la Fig. 11,

15 la Fig. 13 est une vue schématique illustrant le dispositif de contrôle et de régulation de l'invention dans son ensemble,

la Fig. 14 est un diagramme représentant des pressions de référence en fonction de la température concernant les composants de l'encre et un mélange approprié desdits composants, et

20 la Fig. 15 regroupe les diagrammes de  $I(t)$ ,  $J(t)$  et un diagramme du chargement des gouttes  $Vc(t)$  illustrant comment est mesuré le temps de vol des gouttes entre le lieu de leur formation et l'entrée du détecteur et, par suite, la longueur entre la buse et ledit lieu de formation des gouttes.

La Fig. 1 illustre les principaux éléments mécaniques et électriques d'une tête d'impression à jet d'encre 1 du type à jet continu. Elle présente notamment une buse 2 alimentée en encre sous pression par un circuit d'encre 3 et créant un jet continu  $J$ . Sous l'influence de la vibration d'un résonateur 4 alimenté par un circuit de modulation 5, le jet continu  $J$  se fractionne au centre d'une électrode de charge 6 en une suite continue de gouttelettes  $G$  équidistantes et équidimensionnelles. L'électrode de charge 6 est connectée à un circuit de charge 7. Les gouttes  $G$ , animées d'une vitesse  $V$  sensiblement égale à la vitesse moyenne du liquide dans le jet  $J$ , passent ensuite dans un détecteur 8 utilisé comme détecteur de phase et de vitesse du jet, et connecté à un circuit électrique de détection de vitesse de goutte 9. Les gouttes chargées sont ensuite défléchies par un champ électrique constant maintenu entre des électrodes 25 de déflexion 10. Les gouttes non ou peu chargées sont récupérées par une gouttière 11, alors que les autres poursuivent leur vol vers un support d'enregistrement, non montré. Les gouttes récupérées par la gouttière 11 sont recyclées au circuit d'encre 3.

La Fig. 2 illustre schématiquement l'électrode de détection de vitesse de goutte chargée 8, placée immédiatement en aval du lieu de formation et de charge des gouttes. Sur la figure, on a illustré le passage 35 d'une seule goutte chargée  $Gc$ , de charge  $Qg$ , représentée en noir et se trouvant à proximité de l'élément conducteur actif 8c du détecteur 8. Ce dernier est connecté électriquement au circuit électrique de détection de vitesse de goutte 9. L'électrode de détection de vitesse 8 comporte un élément central conducteur 8c, de préférence protégé de l'influence de charges électriques extérieures (présentes sur l'électrode de charge 6 en particulier), grâce à une épaisseur d'isolant 8i et à un élément conducteur 40 extérieur 8e dit électrode de garde, électriquement relié à la masse. Dans un mode préféré de réalisation, le détecteur 8 a une symétrie plane et les gouttes  $G$  se déplacent dans l'axe d'une fente réalisée selon l'axe de symétrie du détecteur. Toutefois, toute autre configuration du détecteur symétrique par rapport à l'axe de la trajectoire des gouttes  $G$  peut convenir. Les gouttelettes  $G$  sont animées d'une vitesse de translation sensiblement uniforme  $V$  dans le détecteur, et orientée suivant l'axe du détecteur.

45 Dans la partie de représentation schématique des Figs. 3a à 3d, ou partie supérieure des figures, la gouttelette chargée est représentée à quatre différentes positions relatives vis-à-vis du détecteur 8, notées  $x1$ ,  $x2$ ,  $x3$  et  $x4$ , et correspondant aux temps  $t1 = x1/V$ ,  $t2 = x2/V$ ,  $t3 = x3/V$ ,  $t4 = x4/V$ , où les temps et les abscisses sont comptés positivement à partir de l'entrée du détecteur 8 et sont liés par la relation  $x = Vt$ . Sur ces figures, la gouttelette chargée  $Gc$  est représentée en couleur foncée et les autres gouttelettes 50 non chargées situées en amont et en aval sont représentées en clair. La distance entre les gouttelettes  $G$ , notée  $\lambda$ , est par ailleurs liée à la vitesse  $V$  et à la fréquence de modulation  $f$  par la relation  $\lambda = V/f$ . D'autre part, l'art connu montre que pour des conditions de fonctionnement nominales d'une imprimante, cette distance est liée au diamètre de la buse par une relation du type :

$$\lambda = 4,5 \text{ à } 6 \text{ } \text{ØB}$$

55 où  $\text{ØB}$  est le diamètre de la buse. Pour simplifier, on retiendra la valeur  $5 \text{ } \text{ØB}$ .

La proximité de la goutte chargée  $Gc$  (les charges sont représentées par des signes - autour de la goutte chargée  $Gc$  aux Figs. 3a à 3d) conduit par influence électrostatique à l'apparition de charges électriques de signe opposé sur la surface du détecteur (charges représentées par des signes + aux Figs.

- 3a à 3d). La quantité de charges électriques présentes sur le détecteur varie selon la distance axiale x. Si l'on néglige l'influence de l'isolant 8i, cette quantité de charge peut être représentée sous forme d'une densité linéique de charge  $\sigma(x)$  donnée schématiquement en ordonnées pour différentes positions  $x_1$  à  $x_4$  de la goutte chargée Gc. En réalité, au voisinage de l'isolant 8i, la distribution de charges électriques se 5 trouve sensiblement modifiée et ne peut être calculée en toute rigueur qu'avec des méthodes de calcul numériques lourdes à mettre en oeuvre. Cependant, pour simplifier les explications qui suivent (texte et figures), le procédé objet de l'invention sera décrit en faisant abstraction des effets de la présence de l'isolant 8i sur la distribution de charges électriques. En pratique, on prendra en compte l'influence de l'isolant en remplaçant la longueur L de l'élément actif 8c du détecteur par une longueur efficace  $Le = L +$  10  $Li/2$  où  $Li$  est la longueur totale d'isolant mesurée suivant la trajectoire des gouttes. Avec les simplifications ci-dessus, dans le cas d'une goutte de petite taille par rapport à la dimension transversale R du détecteur 8 (largeur de la fente du détecteur), la densité linéique de charge peut être approchée mathématiquement par la fonction :

$$15 \quad \sigma(x) = - \frac{Qq}{R} \left\{ \cosh \left[ \frac{2\pi(x - x_i)}{R} \right] \right\}^{-1} \quad (2)$$

- 20 La courbe de densité linéique de charge est symétrique par rapport à la position  $x_i$  de la goutte. Comme l'indique la relation (2), les charges électriques induites par la gouttelette sur le détecteur sont plus concentrées à proximité de la goutte et pratiquement inexistantes à grande distance de la goutte. La longueur S de la zone influencée électriquement par la goutte Gc est représentée sur les Figs. 3a à 3d. D'après la relation (2), la longueur S de ladite zone vérifie la relation :

- 25  $S = 2R$  (3)  
A un instant donné, la charge totale portée par l'élément actif 8c de longueur efficace  $Le$  est notée Q. Elle est définie par :

$$30 \quad Q = \int_0^L \sigma(x) dx \quad (4)$$

- Q correspond aux surfaces hachurées dans les Figs. 3a à 3d. Q varie avec la position x de la goutte dans l'électrode de détection 8c. L'évolution de la charge Q est représentée à la Fig. 4 en fonction du temps  $t = x/V$  compté le long de la trajectoire de la gouttelette chargée Gc. Selon l'invention, les dimensions de l'électrode de détection 8c vérifient la relation :

- 35  $S/2 < Le$ , soit, d'après (3)  
 $R < Le$  (5)  
Ceci correspond à une largeur R de la fente suffisamment faible pour que la moitié au moins de la 40 zone de longueur S influencée électriquement par la gouttelette Gc soit contenue dans la longueur efficace Le de l'élément conducteur 8c. Selon l'invention, la gouttelette chargée Gc dont on veut mesurer la vitesse est précédée en aval par au moins n1 gouttes non chargées, où n1 vérifie la relation :  
 $(n1 + 1) > (Le + R)/\lambda$   
ou encore, compte tenu de (1)

$$45 \quad n1 > (Le + R)/(5 \lambda B) - 1 \text{ environ} \quad (6)$$

- Cette condition permet à la goutte chargée d'entrer dans le détecteur de vitesse 8 alors que les gouttes précédemment chargées sont suffisamment éloignées pour ne pas influencer la mesure.

- Encore selon l'invention, le nombre n2 de gouttes non chargées suivant la goutte utilisée pour la mesure de la vitesse vérifie l'égalité :  
50  $(n2 + 1) > (Lt + Le - Lb)/\lambda$   
où Lt est la distance qui sépare la buse de l'électrode de détection 8c et Lb est la longueur du jet J entre la buse et le point de formation des gouttes, ces distances étant représentées à la Fig. 2. On en déduit :  
 $n2 > (Lt + Le - Lb)/5 \lambda B - 1 \text{ environ} \quad (7)$

- La condition (7) permet de s'assurer qu'aucune goutte n'est chargée pendant la durée où le détecteur 8 55 est influencé par la goutte Gc utilisée pour la mesure de vitesse. En effet, malgré le blindage de l'électrode de détection de vitesse 8c, celle-ci peut être parasitée par les tensions de charge appliquées sur l'électrode de charge 6. Il est d'ailleurs préférable, lors de la charge des gouttes utilisées pour la détection de vitesse, d'appliquer la tension de charge sur l'électrode de charge pendant la moitié, ou moins, de la période de

formation des gouttes. Ceci permet de charger correctement les gouttes, tout en minimisant le parasitage de la mesure.

Si les conditions (5), (6) et (7) sont respectées, on obtient alors la vitesse de goutte  $V$  en mesurant la durée entre les instants  $T_1$  et  $T_2$  correspondant aux deux points d'inflexion de la fonction  $Q(t)$ , soit la relation :

$$V = L_e / (T_2 - T_1) \quad (8)$$

Dans la relation 8,  $L_e$  est la longueur équivalente de l'électrode 8c, caractéristique de la mesure obtenue par calibration en utilisant une autre méthode de mesure de vitesse de goutte.

Une réalisation pratique de la mesure est représentée aux Figs. 5 à 7. Le circuit électronique de mesure 9 détecte le courant  $I(t)$  circulant entre le détecteur 8e et la masse. Ce courant est représenté à la Fig. 5 et correspond à la dérivée par rapport au temps de  $Q(t)$ , soit  $I(t) = dQ(t)/dt$ . Le même circuit électronique 9 mesure aussi la dérivée  $J(t) = d(I)/dt$  de ce courant, donc la dérivée seconde de  $Q(t)$  représentée à la Fig. 6.  $J(t)$  s'annule aux temps  $T_1$  et  $T_2$  définis plus haut.

Un moyen de mise en oeuvre de la mesure de  $T_2 - T_1$  est décrit à la Fig. 7. Un comptage est déclenché lorsque simultanément  $J(t)$  prend une valeur négative et  $I(t)$  est supérieur à un seuil  $+i_0$ . Le comptage est stoppé lorsque simultanément  $J(t)$  prend une valeur positive ou nulle et  $I(t)$  est inférieur à  $-i_0$ . Le contenu du compteur correspond alors à la valeur  $T_2 - T_1$  à mesurer. La représentation du traitement numérique est donnée par les diagrammes des signaux numériques  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F_3$ . Le comptage dure le temps que le signal numérique  $F_3$  est au niveau logique haut. Le signal numérique  $F_1$  est au niveau logique haut lorsque  $I(t)$  est supérieur au seuil  $i_0$  ou inférieur au seuil  $-i_0$ . Le signal numérique  $F_2$  est au niveau logique haut lorsque  $J(t)$  est positif ou nul. Le signal  $F_3$  passe au niveau logique haut lors du front descendant de  $F_2$ ,  $F_1$  étant à 1.  $F_3$  repasse à zéro lors du front montant suivant de  $F_2$  alors que  $F_1$  est à 1.

Le procédé de mesure de vitesse de gouttes chargées, décrit plus haut pour le cas d'une goutte chargée, nécessite de charger, et donc de défléchir, des gouttes non utiles pour l'impression. De manière à ne pas imprimer de gouttes inutiles sur le support d'enregistrement, les gouttes chargées pour effectuer la mesure de vitesse sont suffisamment peu chargées pour être récupérées par la gouttière 11. Compte tenu du faible niveau de charge de ces gouttes, il est nécessaire, afin d'augmenter le rapport signal/bruit du dispositif, d'effectuer la mesure sur un train de  $N$  gouttelettes équichargées et équidistantes. La densité linéique de charge  $\sigma N$  sur l'électrode 8c du détecteur 8 correspond, dans ce cas, à la somme des contributions des  $N$  gouttes chargées du train de gouttes (le cas pour trois gouttes chargées est représenté à la Fig. 8). La somme des contributions des  $N$  gouttes chargées est symétrique par rapport au centre du train de gouttes. D'une manière générale, le procédé de mesure de vitesse est similaire à celui exposé précédemment pour le cas d'une seule goutte chargée. La généralisation au cas de  $N$  gouttes de la relation (5) peut en première approximation s'écrire :

$$SN = (N - 1)\lambda + 2R < 2L_e \text{ ou} \\ N < 1 + 2(L_e - R)/5 \Omega B, \text{ environ} \quad (9)$$

Cette condition stipule que la longueur  $SN$  du détecteur influencée électriquement par le train de  $N$  gouttes doit être inférieure à deux longueurs  $L_e$  de l'électrode.

Par ailleurs, les autres relations (6) et (7) caractéristiques de la mise en oeuvre du procédé deviennent :

$$n_1 > (L_e + SN/2)/\lambda - 1 \quad (6)$$

$$n_2 > (L_t + L_e - L_b)/\lambda - 1/2 - N/2 \quad (7')$$

En fonction du rapport  $\lambda / R$ , la densité linéique  $\sigma N$  peut présenter plusieurs maxima, comme le montre la Fig. 8. On a représenté à la Fig. 9 les évolutions des grandeurs  $I(t)$  et  $J(t)$  correspondantes et utilisées pour faire la mesure. On remarque que la grandeur  $I(t)$  présente une allure similaire à la densité linéique  $\sigma N$ . Il en résulte que les points de passage à zéro de la fonction  $J(t)$  peuvent être multiples. Une variante de traitement de la mesure consiste à effectuer un comptage du temps s'écoulant entre les instants correspondant aux fronts montants du signal logique  $F_2$  au niveau haut lorsque  $J(t)$  est supérieur à une valeur  $J_0$  ou inférieur à une valeur  $-J_0$ , comme représenté à la Fig. 9. Cependant, dans un mode de réalisation préféré de l'invention, on effectue à l'aide d'un circuit électrique adapté une mise en forme du signal qui permette de s'affranchir de ces inconvénients. Le circuit électrique de mesure est décrit plus en détail ci-dessous, en relation avec les Figs. 10 et 11.

Le traitement des signaux nécessaire pour effectuer la mesure se traduit par une mise en forme des variations temporelles des signaux électriques  $I(t)$ ,  $J(t)$ . En pratique, il s'avère nécessaire de filtrer le signal électrique délivré par l'électrode 8c, pour maîtriser la transmission du signal et minimiser l'influence de signaux aléatoires parasites. Le circuit électrique de mesure de vitesse de gouttes 9 se présente schématiquement sous la forme décrite à la Fig. 10. Le courant  $I(t)$  résultant des variations temporelles de la charge électrique  $Q(t)$  portée par l'électrode sensible 8c circule entre cette électrode et la masse à

travers une résistance 12. La tension  $U(t)$  aux bornes de la résistance 12 est traitée successivement par une dérivation puis par un filtrage, donnant un signal  $W(t)$ . La solution du filtrage retenue est un filtrage d'ordre 5 vers les hautes fréquences et d'ordre 1 vers les basses fréquences. Ce filtrage vers les hautes fréquences permet en particulier d'éliminer dans le signal traité  $W(t)$  les multiples point de passage à zéro présents dans le signal brut  $J(t)$ , qui résultent de la présence de plusieurs gouttes chargées dans le train de gouttes chargées : comparer  $J(t)$  à la Fig. 9 et  $W(t)$  à la Fig. 10.

Une description détaillée du fonctionnement du circuit est donnée ci-dessous, en relation avec la Fig. 11. La fonction du circuit est de déterminer la différence des deux instants caractéristiques  $T_2$  et  $T_1$  correspondant aux passages à zéro de la tension  $W(t)$  de la Fig. 10.

Une préamplification de  $Q(t)$  est réalisée à l'aide d'un amplificateur à entrée F.E.T. 13 dont la densité spectrale de bruit de courant d'entrée est très faible, de l'ordre de  $10^{-14}$  Ampères/ $\sqrt{\text{hertz}}$ . La résistance d'entrée 12 détermine une première dérivation du signal. Les composants comprenant la résistance 14 et les diodes 15 et 16 réalisent la protection de l'entrée. Les composants comprenant les résistances 17, 18, 19 et les condensateurs et 21 contribuent à la fonction filtre.

Un condensateur 22 crée une seconde dérivation du signal. Les composants comprenant les résistances 23, 24, le condensateur 25 et l'amplificateur 26 constituent la suite de la fonction filtre.

Un comparateur 27 change d'état en passant à un niveau haut en sa sortie quand la dérivée première de la charge de l'électrode 8c dépasse une amplitude  $VL$ , déterminée par des résistances 28 et 29.

Les composants comprenant les résistances 30 et 31 et les diodes 32 et 33 adaptent les tensions de sortie des comparateurs aux tensions des circuits logiques.

Un comparateur 34 change d'état en sa sortie aux passages à zéro de la tension  $UH(t)$ . Des résistances 35 et 36 créent le décalage. Une résistance 37 et une diode 38 créent un décalage de tension sur  $W(t)$  dans la phase d'attente de la mesure, et une résistance 39 crée un décalage de tension sur  $W(t)$  dans la phase de mesure. Il est nécessaire d'utiliser la fonction "décalage" pour éviter que les comparateurs soient en changement d'état de façon aléatoire dans les moments où l'amplitude de la dérivée de charge est faible, et pour éviter les rebonds des signaux logiques dans la recherche des passages à zéro de la tension  $UH(t)$ . A ce sujet, les résistances 35, 36 et 39 interviennent dans la qualité de la mesure, ainsi la tension de décalage engendrée doit être suffisamment faible et également répartie autour du potentiel nul.

Le fonctionnement dans le temps peut être suivi sur la Fig. 12. On remarque que la mesure ne peut débuter que si la tension  $V(t)$  est suffisamment négative ( $-VL$ ). Alors, le signal  $E$  à la sortie du comparateur 27 est au niveau haut. A ce stade, une bascule 40 a un niveau haut sur son entrée D. Par l'intermédiaire de portes NON-ET 41 et 42, le niveau CL passe au niveau haut et met la bascule en état de fonctionnement, le décalage se réduit à celui nécessaire à la mesure. Lors de la venue du front montant du signal C provenant du comparateur 34, la bascule 40 recopie l'état présent sur l'entrée D sur la sortie QL, la sortie QL prend l'état opposé, en assurant le décalage de la tension  $UH(t)$  nécessaire à l'hystérésis durant la mesure. L'instant  $T_1$  étant ainsi défini, on débute le comptage du temps. Lors du passage du signal C au niveau bas, par l'intermédiaire des portes 41 et 42, on définit un décalage pour l'attente de mesure, le niveau CL passe au niveau bas et met la bascule en état figé avec la sortie QL à l'état bas. La sortie QL prend l'état opposé, en assurant le décalage de tension  $UH(t)$  nécessaire en phase d'attente de mesure. L'instant  $T_2$  est ainsi défini. On arrête le comptage du temps et on rend disponible l'information  $T_2 - T_1$  au calculateur.

La Fig. 13 représente schématiquement les différents éléments mécaniques et électriques constitutifs d'une imprimante à jet d'encre, incluant une tête d'impression 1 et un circuit d'alimentation en encre. Sont représentés également les différents éléments : capteurs, circuits électriques, permettant la mise en oeuvre du procédé de contrôle de la qualité de l'encre, objet de la présente invention. La Fig. 13 illustre notamment une tête d'impression 1 comportant une buse 2 permettant de former une succession de gouttelettes G, une électrode de charge 6 et des moyens électriques 7 permettant de charger ces gouttelettes, un détecteur de vitesse des gouttes 8, des électrodes de déflexion 10, et une gouttière 11, déjà décrits à propos de la Fig. 1. Un circuit d'encre comporte un générateur de débit d'encre constant 43, indépendant des variations de l'environnement, ledit générateur 43 étant connecté hydrauliquement à la buse 2 par des canalisations 44 et 45 en série, à partir d'un réservoir de mélange 46 contenant l'encre destinée à la buse. Deux réservoirs 47 et 48 contenant respectivement de l'encre fraîche et du solvant sont reliés hydrauliquement au réservoir 46, de manière à ajuster les quantités d'encre et de solvant de ce dernier. Enfin, un réservoir 49 contient l'encre provenant des gouttes non utilisées pour l'impression et récupérées dans la gouttière 11.

Dans le cas particulier de l'exemple de réalisation montré à la Fig. 13, le générateur de débit constant 43 est constitué d'une pompe volumétrique 50 entraînée par un moteur 51, d'un dispositif de mesure de vitesse selon l'invention, et d'un circuit de régulation de vitesse de goutte 52.

En particulier, la pompe volumétrique 50 peut consister en une cellule multifonction comportant une chambre à volume variable, telle que décrite dans la demande de brevet français n° 86 17385 au nom de la présente demanderesse. Le circuit de régulation de vitesse de goutte 52 vient agir sur le moteur 51 entraînant la pompe 50, de manière à augmenter (ou diminuer) le débit de la pompe 50, selon que la vitesse de goutte mesurée est inférieure (ou supérieure) à une valeur de consigne  $V_0$ . Un procédé similaire de régulation de vitesse de goutte est décrit en particulier dans les brevets US n° 4 045 770 et US n° 4 063 252 pour le cas d'une imprimante à jet d'encre magnétique.

Le générateur 43 est relié à la buse 2 par une seule canalisation définie par la mise en série des canalisations 44 et 45. La régulation de la vitesse de goutte revient sensiblement à réguler le débit d'encre en sortie du générateur 43, circulant dans les canalisations 44 et 45.

Selon l'invention, on dispose d'un dispositif de mesure 53 de la pression de l'encre  $P_e$  délivrée par la pompe 50, placé entre le générateur 43 et la buse 2, et divisant la canalisation en une partie amont et une partie aval par rapport au sens de circulation du fluide, déjà référencées respectivement 44 et 45. La pression  $P_e$  nécessaire pour maintenir un débit de jet fixe  $Q_0$  (ou une vitesse de goutte  $V_0$ ) dépend des paramètres suivants :

- du dénivelé ( $z_p - z_j$ ) existant entre le lieu de mesure de pression et le jet  $J$ ;
- des caractéristiques géométriques (sections, longueurs et formes) de la canalisation 45 située entre le lieu de mesure de pression et le jet  $J$ , et de la buse 2;
- des caractéristiques de l'encre présente dans la canalisation 45 entre le lieu de mesure de pression et le jet  $J$  (viscosité, densité), et dans la buse 2.

La relation entre la pression de l'encre et ces différents paramètres peut, en particulier, s'écrire sous la forme suivante :

$$P_e = K_1 \bar{\rho} Q_0^2 + K_2 \bar{\eta} Q_0 - \bar{\rho} g (z_p - z_j) \quad (10)$$

où  $\bar{\rho}$  représente la densité moyenne de l'encre dans la canalisation 45 et dans la buse 2;  
 $\bar{\eta}$  représente la viscosité moyenne de l'encre dans la canalisation 45 et dans la buse 2,  
 $g$  représente l'accélération de la pesanteur.

$K_1$  et  $K_2$  sont des coefficients caractérisant la géométrie de l'écoulement d'encre le long de la canalisation 45 et dans la buse 2.

• Pour une installation donnée, le dénivelé ( $z_p - z_j$ ) est connu (par construction ou mesure sur le site). La pression  $P_e^*$  tenant compte du dénivelé, et définie ci-dessous, ne dépend alors que des caractéristiques (densité et viscosité) de l'encre circulant dans les conduits (la canalisation 45 et la buse 2) entre le lieu de mesure de pression et le jet.

$$P_e^* = P_e + \bar{\rho} g (z_p - z_j) = K_1 \bar{\rho} Q_0^2 + K_2 \bar{\eta} Q_0 \quad (11)$$

la densité de l'encre  $\bar{\rho}$  contribue à la perte de pression  $P_e^*$  par le premier terme du membre de droite de la relation (11), qui correspond à une perte par inertie; celui-ci dépend (par l'intermédiaire du coefficient  $K_1$ ) de l'amplitude des changements de sections de l'écoulement de l'encre dans les conduits situés entre le lieu de mesure de pression et le jet. La viscosité  $\bar{\eta}$  de l'encre contribue à la perte de pression  $P_e^*$  par le second terme du membre de droite de la relation (11), qui correspond à une perte par frottement; celui-ci dépend (par l'intermédiaire du coefficient  $K_2$ ) du diamètre et des longueurs des conduits situés entre le lieu de mesure de  $P_e^*$  et le jet.

Dans un mode préféré de réalisation, le diamètre de la canalisation 45 est beaucoup plus grand (plus de dix fois) que le diamètre  $\varnothing B$  de la buse 2 située à l'extrémité, et la longueur de la canalisation est relativement faible, de telle sorte que la perte de pression dans ces conduits est négligeable devant la perte de pression dans la buse, et ainsi la relation (11) peut s'écrire :

$$P_e^* = K_{1B} Q_0^2 + K_{2B} Q_0 \quad (12)$$

où  $K_{1B}$  et  $K_{2B}$  sont des paramètres représentatifs de la géométrie de la buse 2, caractérisée par un diamètre d'orifice  $\varnothing B$  et une longueur d'orifice  $LB$ . Dans ce cas, la viscosité  $\eta$  et la densité de l'encre  $\rho$  apparaissant dans la relation (12) sont représentatives des valeurs à la buse. La mesure de la pression  $P_e^*$  permet alors, pour un type d'encre et une buse donnés, de contrôler la qualité de l'encre circulant dans la buse, immédiatement en amont du lieu de formation des gouttes. La pression  $P_e^*$  mesurée à l'aide du principe décrit plus haut résulte d'un effet combiné de la densité  $\rho$  et de la viscosité  $\eta$  de l'encre en écoulement dans la buse, tel que donné par la relation (12). Ces deux paramètres dépendent essentiellement de la concentration en solvant dans l'encre et de la température de l'encre. Ils diminuent tous deux lorsque la température de l'encre augmente et lorsque la quantité de solvant dans l'encre augmente.

Pour une variation de concentration de l'encre donnée de 1 %, par exemple, on constate généralement une variation relative plus grande de la viscosité (30 %) que de la densité (1 %). Afin d'augmenter la sensibilité de la mesure de  $P_e^*$  à une variation de concentration de l'encre, on utilise, de préférence, une buse 2 dont l'élancement (défini par le rapport de la longueur de l'orifice sur le diamètre de l'orifice) est au

moins égal à 1, afin d'augmenter la valeur du coefficient K2B dans la relation (12) et d'obtenir une mesure plus sensible aux variation de qualité de l'encre, qui résulte principalement des variations de viscosité.

Le dispositif de régulation de la qualité de l'encre est schématiquement représenté à la Fig. 13. Selon l'invention, un capteur de température 54 est disposé dans le circuit d'encre afin de réaliser une mesure de température représentative de la température  $T_e^*$  de l'encre à la buse. Avec les hypothèses faites plus haut sur le diamètre de la canalisation 45, la vitesse moyenne de l'encre dans la canalisation est faible (de l'ordre de quelques cm/s), de sorte que la température de l'encre est identique à la température ambiante dès que la longueur du conduit est supérieure à 50 cm, environ. Une simple mesure de la température ambiante est alors suffisante pour mettre en oeuvre le procédé décrit dans la suite.

Les mesures de la pression  $P_e^*$  et de la température  $T_e^*$  de l'encre sont transmises à un circuit de contrôle 55. Ce dernier, en fonction d'une consigne de qualité de l'encre à maintenir, qui peut être en particulier définie par une courbe  $P_e^*(\text{consigne})-T_e^*$  telle que représentée à la Fig. 14, régule en permanence la qualité de l'encre en ajoutant dans le réservoir de mélange 46 des quantités déterminées d'encre fraîche provenant du réservoir 47, ou de solvant provenant du réservoir 48, ou d'encre recyclée à la gouttière 11 provenant du réservoir 49, grâce à une action sur l'une des électrovannes, respectivement 56, 57 et 58.

Selon l'invention, l'encre présente dans le réservoir d'encre fraîche 47 est d'une concentration plus élevée que la concentration nominale d'utilisation. La courbe  $P_{ee}$  caractérisant la qualité de cette encre fraîche en fonction de la température est représentée à la Fig. 14, ainsi que celle du solvant  $P_{es}$ . Les avantages principaux de l'utilisation d'encre d'appoint concentrée sont, d'une part, un temps de réponse plus rapide de la régulation de la qualité de l'encre et, d'autre part, une autonomie supérieure de la machine en terme de réapprovisionnement en encre neuve.

Dans un exemple de réalisation particulier, la pompe volumétrique 50 est constituée d'une chambre à volume variable fermée par une membrane, cette dernière étant mise en mouvement alternatif par un moteur de type moteur pas à pas. La pompe 50 alimente en permanence la tête d'impression 1 avec de l'encre, à travers le réservoir de mélange 46, le débit  $Q_0$  étant maintenu constant à l'aide du circuit de régulation 52. La régulation de la qualité de l'encre s'obtient en jouant sur les durées d'ouverture des électrovannes 56, 57 et 58, commandées par le circuit de régulation 55. Ce dernier fonctionne, en outre, d'une manière échantillonnée de période  $dt$ . Afin de tenir compte du temps de mélange et de transit de l'encre entre le réservoir de mélange 46 et la buse 2, la régulation tient compte, non seulement de la qualité de l'encre mesurée à l'instant présent, mais de tout l'historique de la qualité de l'encre mesurée depuis l'instant de mise en route de la machine. Le mode de régulation de la qualité de l'encre est alors assuré de la manière suivante :

On définit sur une période  $dt$  d'échantillonnage du circuit de régulation 55 les valeurs moyennes suivantes, sur la  $i$ ème période d'échantillonnage :

- la durée d'ouverture  $D_e(i)$  de l'électrovanne d'encre fraîche 56,
- la durée d'ouverture  $D_s(i)$  de l'électrovanne de solvant 57,
- la durée d'ouverture  $D_g(i)$  de l'électrovanne 58 d'encre recyclée provenant de la gouttière 11,
- la température mesurée de l'encre  $T_e^*(i)$ ,
- la pression mesurée  $P_e^*(i)$  à la température  $T_e^*(i)$ ,
- la courbe de consigne  $P_{ec}(T)$  en fonction de la température  $T$  (Fig. 14);
- la courbe  $P_{ee}(T)$  caractéristique de l'encre fraîche (Fig. 14);
- la courbe  $P_{es}(T)$  caractéristique du solvant (Fig. 14);
- le temps de réponse  $t_r$  du circuit compris entre les réservoirs 47, 48, 49 et la buse 2 défini par le rapport volume de la canalisation sur le débit volumique du jet  $Q_0$ .

Soit  $DP(i)$  l'écart instantané de qualité de l'encre par rapport à la valeur de consigne :

$$DP(i) = P_e^*(i) - P_{ec}(T_e^*(i))$$

On définit l'écart dynamique de la qualité de l'encre  $H(i)$  :

50

$$H(i) = DP(i) + dt/T_p \left[ \sum_{n=0}^{i-1} DP(n) \right]$$

55 où  $n = 0$  correspond à l'instant de mise en route du circuit d'encre de l'imprimante. La régulation s'écrit : si  $|H(i)| < H_0$

encre de qualité satisfaisante  
alors  $D_e(i) = 0$

Ds(i) = 0  
 Dg(i) = dt  
 si H(i) > Ho  
 encre trop concentrée  
 5 alors De(i) = 0  
 Ds(i) = dt.Ks.|H(i) - Ho|  
 Dg(i) = dt.(1 - Ks).|H(i) - Ho|  
 si H(i) < - Ho  
 encre trop peu concentrée  
 10 alors De(i) = dt.Ke.|H(i) - Ho|  
 Ds(i) = 0  
 Dg(i) = dt.(1 - Ke).|H(i) - Ho|  
 où Ke est proportionnel à |Pec(To) - Pee(To)|  
 Ks est proportionnel à |Pec(To) - Pes(To)|  
 15 To est une température moyenne d'utilisation,  
 Tp est de l'ordre de 3tr.

La Fig. 13 illustre également le schéma de fonctionnement du dispositif de contrôle de la formation de gouttes, objet de l'invention. Le dispositif met en oeuvre la tête d'impression 1, comportant la buse 2, alimenté par le circuit d'encre comportant le générateur à débit constant 43. Le jet J issu de la buse 2, dont la vitesse est fixe (régulée), se fragmente à une distance Lb, Fig. 2, de la buse 2 en une succession de gouttelettes équidistantes et équidimensionnelles G, sous l'action de la perturbation de pression appliquée par le résonateur 4 placé en amont de la buse 2, et alimenté par le circuit de modulation 5. Le circuit de charge 7 coopérant avec l'électrode de charge 6 permet de charger les gouttes destinées à l'impression.

Selon l'invention, un circuit électrique 59 mesure un temps de vol tv des gouttes utilisées pour la mesure de vitesse. Ce temps de vol tv est défini par la durée entre l'instant de charge de ces gouttes et l'instant de détection de leur passage à l'entrée du détecteur de vitesse 8. Un chronogramme du fonctionnement du détecteur 59 est présenté à la Fig. 15. Le nombre de gouttes du train utilisé pour la détection de vitesse étant connu (5 à la Fig. 15), un simple traitement des signaux de charge Vc(t) (la tension de charge Vc est appliquée sur l'électrode de charge pendant une demi-période goutte pour le cas représenté à la Fig. 15) et de détection de vitesse I(t), J(t) permet d'obtenir le temps tv. La distance Lt, Fig. 2, entre la buse 2 et l'entrée du détecteur 8 étant connue par construction, la distance Lb séparant la buse du lieu de formation et charge des gouttes s'obtient par la relation ci-dessous, qui met en oeuvre à la fois la vitesse de goutte V et le temps de vol tv, tous deux contrôlés par l'imprimante :

$$Lb = Lt - V.(tv - Tf) \quad (13)$$

où Tf est un temps de retard caractéristique du filtrage électronique et indépendant des autres paramètres.

L'expérience montre par ailleurs que, la vitesse des gouttes étant fixée par la régulation décrite précédemment, il existe une relation unique liant la qualité de l'encre à la buse (mesurée par la pression Pe\*) et la longueur de brisure Lb, permettant d'assurer une formation et une charge de gouttes optimales. Le circuit de régulation de la formation des gouttes 59 agit sur l'amplitude du signal d'excitation du résonateur 4, afin de maintenir le lieu de brisure Lbopt, assurant une formation optimale des gouttes, fonction du type d'encre utilisé et de la qualité de l'encre circulant à la buse. Un autre avantage de l'invention réside dans le fait qu'on s'affranchit par un tel procédé de disparités éventuelles dans les caractéristiques des résonateurs, d'une machine à une autre.

Dans les moyens de contrôle décrits ci-dessus, tous les paramètres contrôlés sont mesurés (ou représentatifs des valeurs mesurables) au niveau de la buse. Ceci permet une régulation du fonctionnement de l'imprimante très précise. La précision atteignable par ces moyens de contrôle permet leur utilisation dans les imprimantes à jet d'encre utilisées pour les applications de marquage de haute qualité. Elle contribue, d'une manière générale, à améliorer la qualité de l'impression et la fiabilité des imprimantes à jet d'encre.

50 Le tableau suivant donne à titre indicatif des valeurs pour trois modèles de tête d'impression selon l'invention :

		Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3
5	f			
	Fréquence goutte	125 kHz	83,33 kHz	62,5 kHz
10	R			
	Largeur fente électrode	0,6 mm	0,6 mm	0,6 mm
15	L			
	Longueur détecteur 8c	2 mm	2 mm	2,8 mm
20	Li			
	Longueur isolant	1 mm	1 mm	1,2 mm
25	Le			
	Longueur efficace de 8c	2,39 mm	2,375 mm	3,25 mm
	N			
	nombre de gouttes chargées	7	6	7
	ØB			
	Diamètre de buse	40 $\mu$ m	55 $\mu$ m	70 $\mu$ m

25

### Revendications

- 30 1) Dispositif de contrôle et de régulation d'une encre et de son traitement dans une imprimante à jet d'encre continu dans laquelle un jet d'encre continu (J) sortant d'une buse (2) est fractionné par un moyen de fractionnement (4, 5) en gouttelettes (G) équidistantes et équidimensionnelles, dans une électrode de charge (6) où lesdites gouttelettes sont sélectivement chargées électrostatiquement, lesdites gouttelettes passant ensuite entre des électrodes de déflexion (10) où elles sont déviées en fonction de leur charge, un détecteur (8) étant prévu entre l'électrode de charge (6) et les électrodes de déflexion (10), comportant un élément conducteur (8c) en deux parties symétriques par rapport à la trajectoire des gouttelettes (Gc), caractérisé en ce qu'il comprend un circuit pour mesurer la vitesse d'une gouttelette chargée (Gc), ou d'un train de gouttelettes chargées successives, passant dans le détecteur (8), ledit circuit comportant un moyen pour déterminer et traiter les dérivées première (I(t)) et seconde (J(t)) par rapport au temps de la charge induite dans l'élément conducteur (8c) par la gouttelette chargée (Gc), ou le train de gouttelettes chargées successives, passant dans le détecteur, afin de déterminer les instants d'entrée (T1) et de sortie (T2) de ladite gouttelette (Gc), ou dudit train de gouttelettes chargées successives, dans le détecteur (8), et par conséquent sa vitesse.
- 2) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la tension de charge sur l'électrode de charge (6) n'est appliquée que pendant une partie de la période de formation des gouttelettes utilisées pour la mesure de vitesse.
- 3) Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la tension de charge sur l'électrode de charge (6) n'est appliquée que pendant la moitié, environ, de la période de formation des gouttelettes utilisées pour la mesure de vitesse.
- 50 4) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'élément actif (8c) du détecteur (8) est protégé par un élément isolant (8i).
- 5) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le détecteur (8) comporte un élément actif (8c) satisfaisant à la condition :
- R < Le
- 55 où R est l'écartement des deux parties symétriques de l'élément actif (8c) et Le la longueur efficace du détecteur définie par la relation :
- Le = L + Li/2
- Le étant la longueur de l'élément actif (8i) et Li la longueur totale d'isolant mesurée suivant la trajectoire des

gouttes.

6) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le détecteur (8) comprend en outre une électrode de garde (8e).

7) Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen pour séparer une

5 gouttelette chargée (Gc) servant à réaliser une mesure de vitesse, par rapport à d'autres gouttelettes chargées, de telle sorte que ladite gouttelette chargée (Gc) soit précédée d'au moins n1 gouttelettes non chargées et suivie d'au moins n2 gouttelettes non chargées, n1 et n2 satisfaisant aux relations :

n1 > (Le + R)/(5 ØB) - 1, environ

n2 > (Lt + Le - Lb)/(5 ØB) - 1, environ,

10 où ØB est le diamètre de la buse (2),

Lt est la distance entre la buse (2) et l'entrée du détecteur (8), et

Lb est la distance entre la buse (2) et le lieu de formation des gouttes (G).

8) Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen pour séparer un train de N gouttelettes chargées successives servant à réaliser une mesure de vitesse, par rapport à

15 d'autres gouttelettes chargées, de telle sorte que ledit train de N gouttelettes chargées successives soit précédé d'au moins n1 gouttelettes non chargées et suivi d'au moins n2 gouttelettes non chargées, n1 et n2 satisfaisant aux relations :

n1 > (Le + SN/2)/λ - 1

n2 > (Lt + Le - Lb)/λ - 1/2 - N/2

20 où λ est la distance entre deux gouttelettes successives et

S est la longueur de la zone influencée électriquement par une goutte chargée (Gc).

9) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'au moyen de mesure de la vitesse des gouttelettes, est associé un moyen de commande de la charge des gouttelettes (Gc) utilisées pour la mesure de vitesse, afin qu'elles soient suffisamment peu chargées pour être récupérées dans la

25 gouttière (11) de l'imprimante.

10) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen de régulation (52) de la vitesse des gouttes agissant sur un moteur (51) entraînant une pompe (50) sur le circuit d'alimentation en encre de la buse (2) selon que la vitesse de goutte mesurée est inférieure (ou supérieure) à une valeur de consigne (Vo).

30 11) Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend un capteur de pression de l'encre (Pe\*) sur la canalisation (44, 45) entre le générateur de débit d'encre constant (43) formé de la pompe (50) et du moteur (51), et la buse (2), immédiatement en amont de la buse (2), afin de déduire la concentration de l'encre en fonction de ladite pression, d'une température d'utilisation déterminée et de la vitesse des gouttes.

35 12) Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que la canalisation entre le générateur de débit (43) et la buse (2) a un diamètre qui est environ dix fois supérieur au diamètre de la buse (2).

13) Dispositif selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que le rapport entre la longueur et le diamètre de l'orifice de la buse (2) est au moins égal à 1.

40 14) Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend encore un capteur de température (54) pour mesurer une température représentative de la température (Te\*) de l'encre à la buse (2).

45 15) Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend encore un moyen (55) pour réguler en permanence la qualité de l'encre en fonction des mesures de pression (Pe\*), de température (Te\*) et d'une courbe de consigne de la pression en fonction de la température, pour une vitesse de goutte donnée (Vo).

16) Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que la régulation de la qualité de l'encre s'opère dans un réservoir de mélange (46), à partir d'un réservoir d'encre fraîche (47), d'un réservoir de solvant (48) et d'un réservoir (49) d'encre recyclée à la gouttière (11), le moyen de régulation (55) actionnant sélectivement des électrovannes (56, 57, 58) respectivement sur les conduites entre, d'une part, 50 les réservoirs (47, 48, 49) et, d'autre part, le réservoir (46).

17) Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'encre dans le réservoir (47) a une concentration plus élevée que la valeur nominale d'utilisation.

18) Dispositif selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que le moyen de régulation (55) comprend un circuit de traitement prenant en compte la qualité de l'encre à l'instant présent et l'historique 55 de la qualité de l'encre depuis l'instant de mise en route de la machine.

19) Dispositif selon l'une des revendications 1 à

18, caractérisé en ce qu'il comprend encore un moyen (59) pour déterminer la distance entre le lieu de formation des gouttes (G) et la buse (2), et pour agir sur l'amplitude du signal d'excitation du moyen (5)

servant à former lesdites gouttes (G) pour que la distance (Lb) assure une formation optimale des gouttes, fonction du type d'encre utilisé et de la qualité de l'encre circulant à la buse.

5

10

15

20

25

30

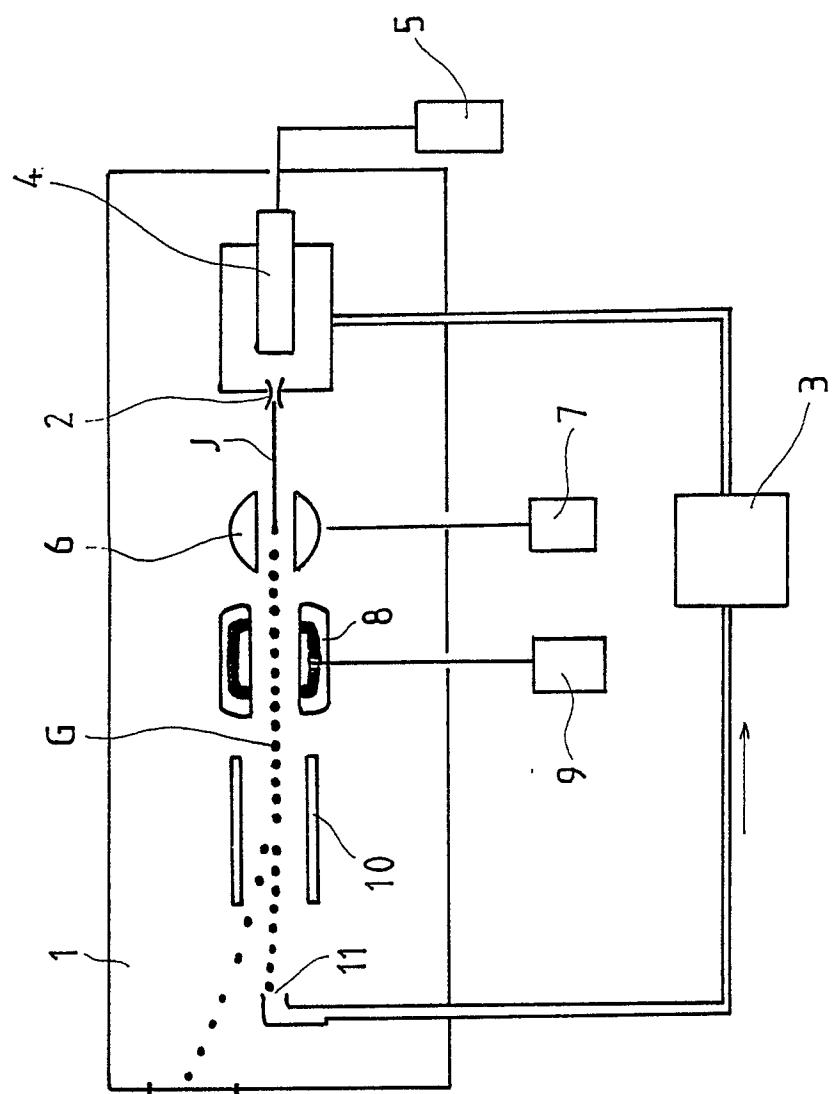
35

40

45

50

55



11

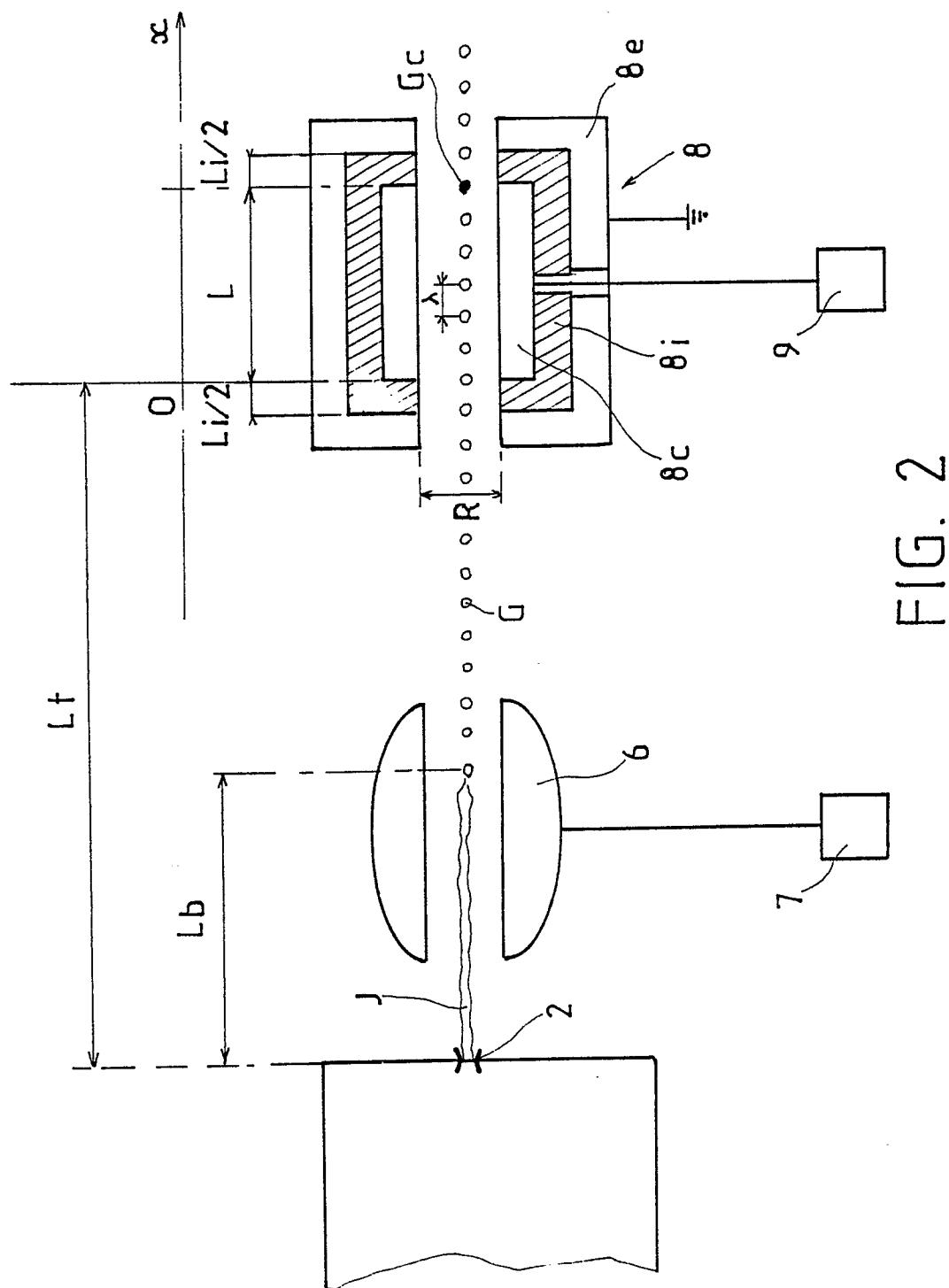


FIG. 2

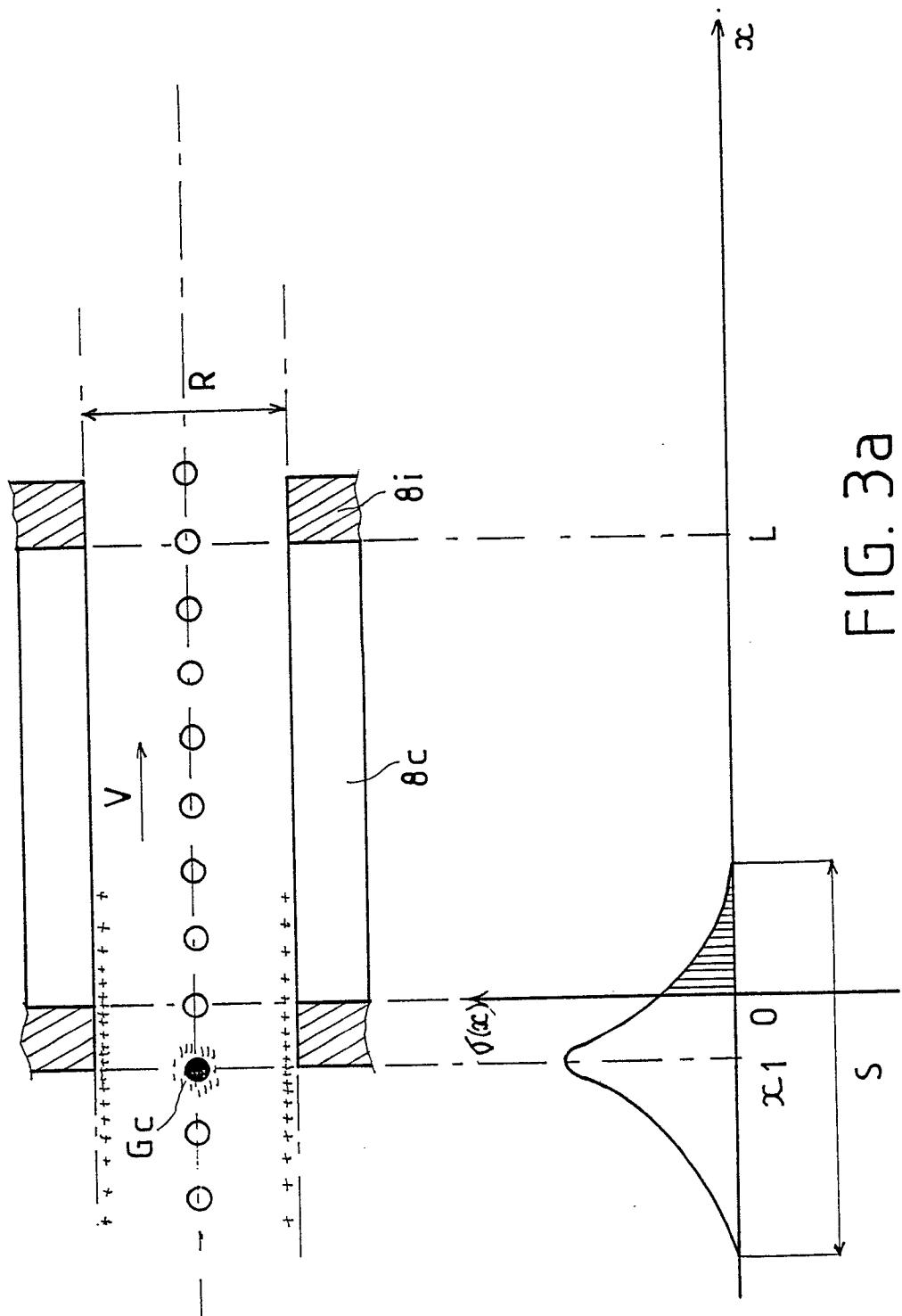


FIG. 3a

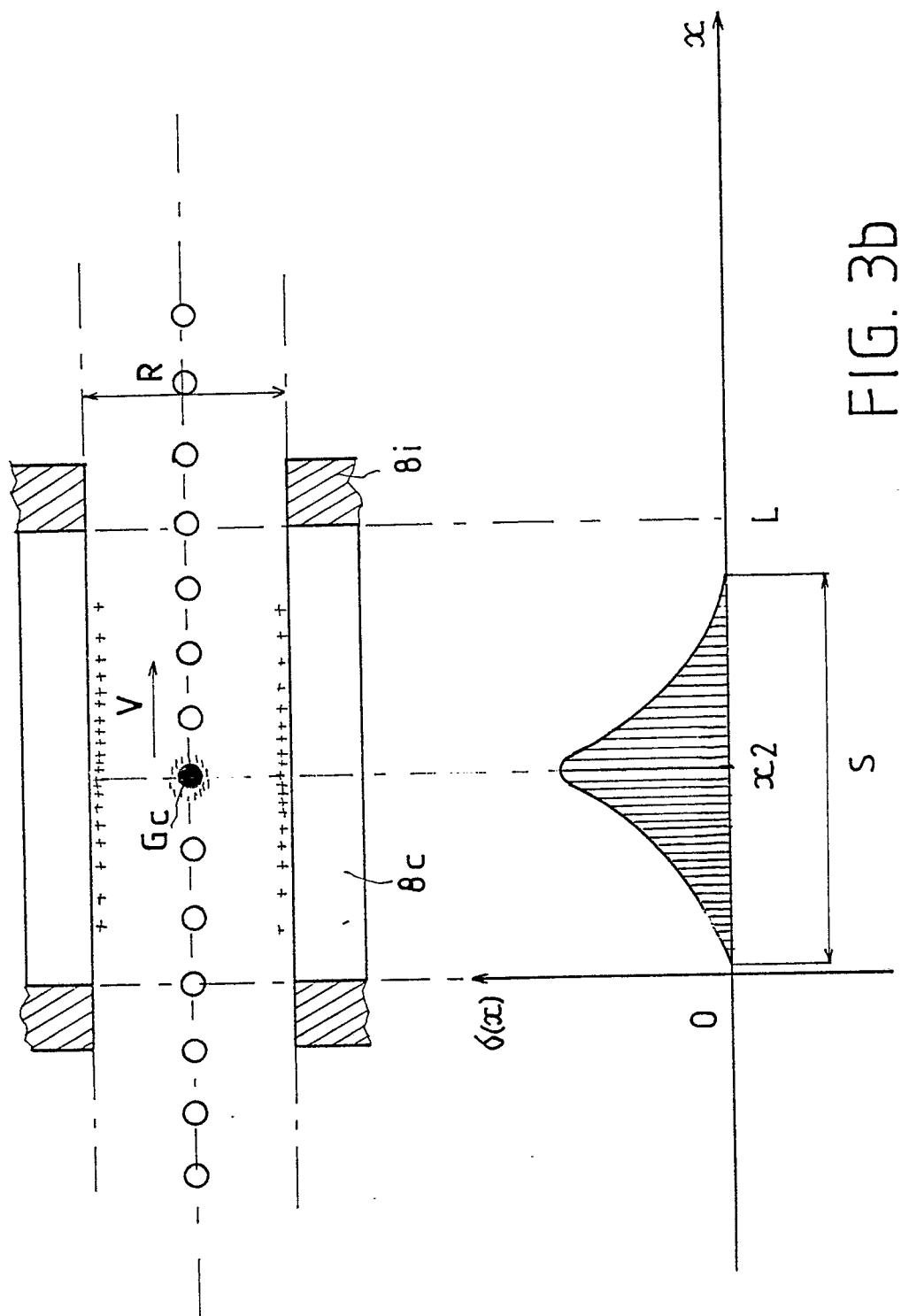


FIG. 3b

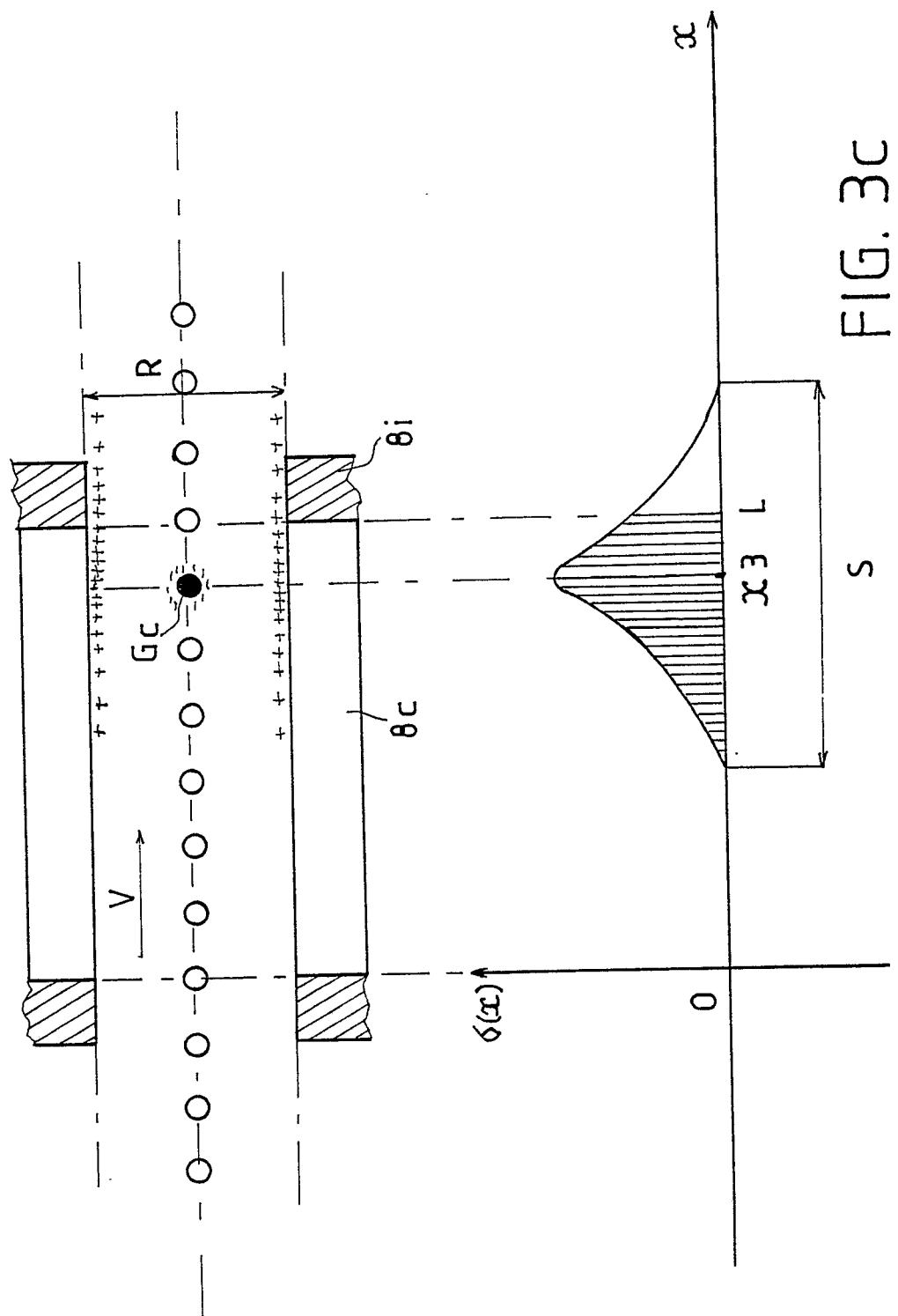


FIG. 3C

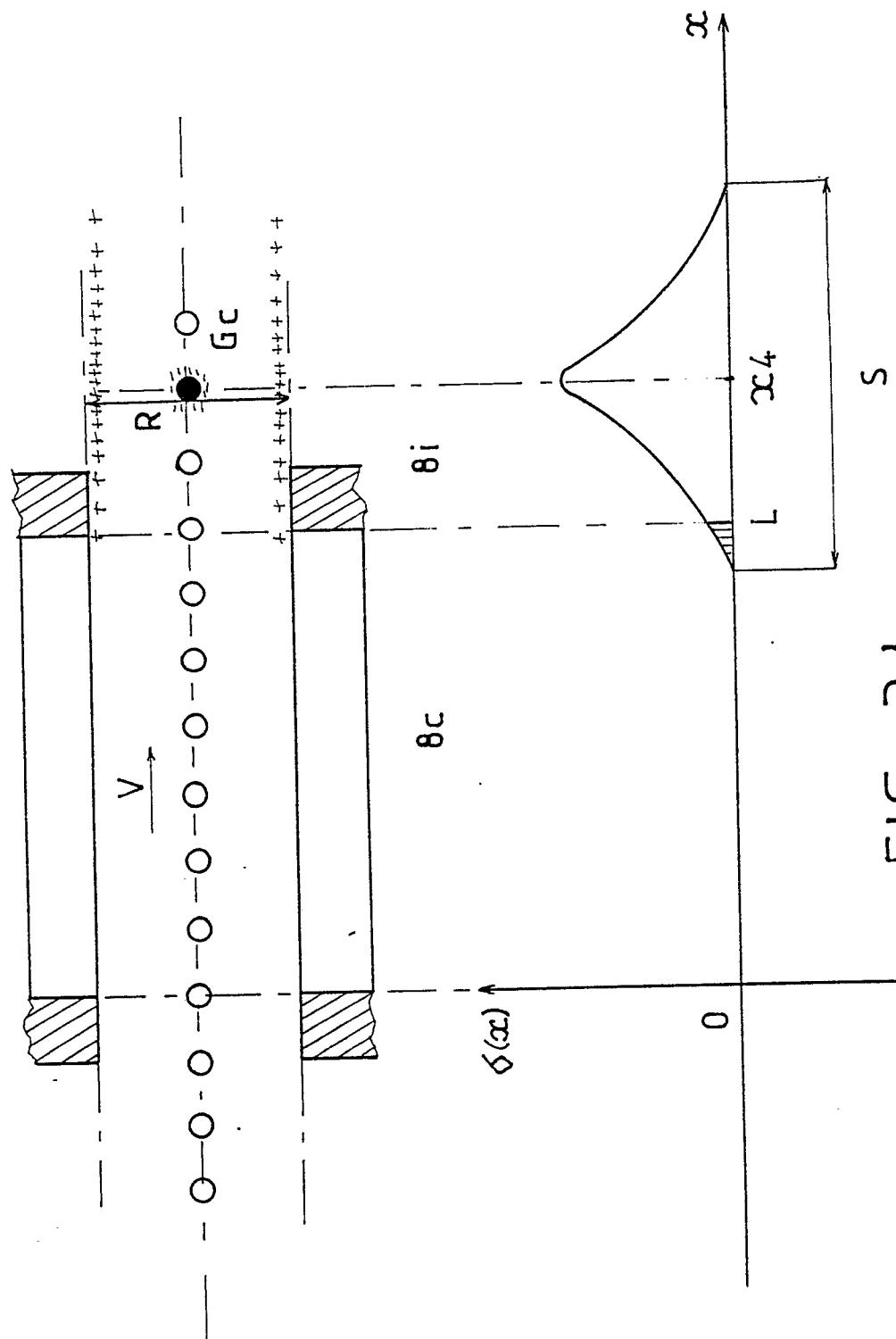


FIG. 3d

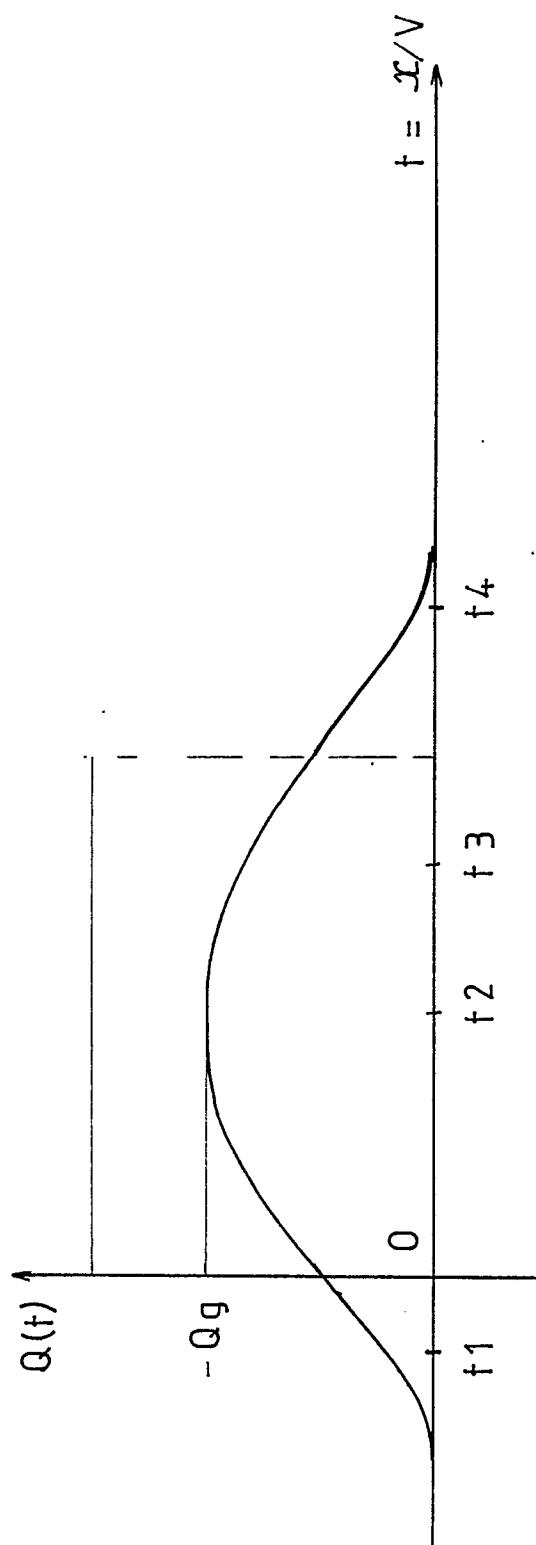
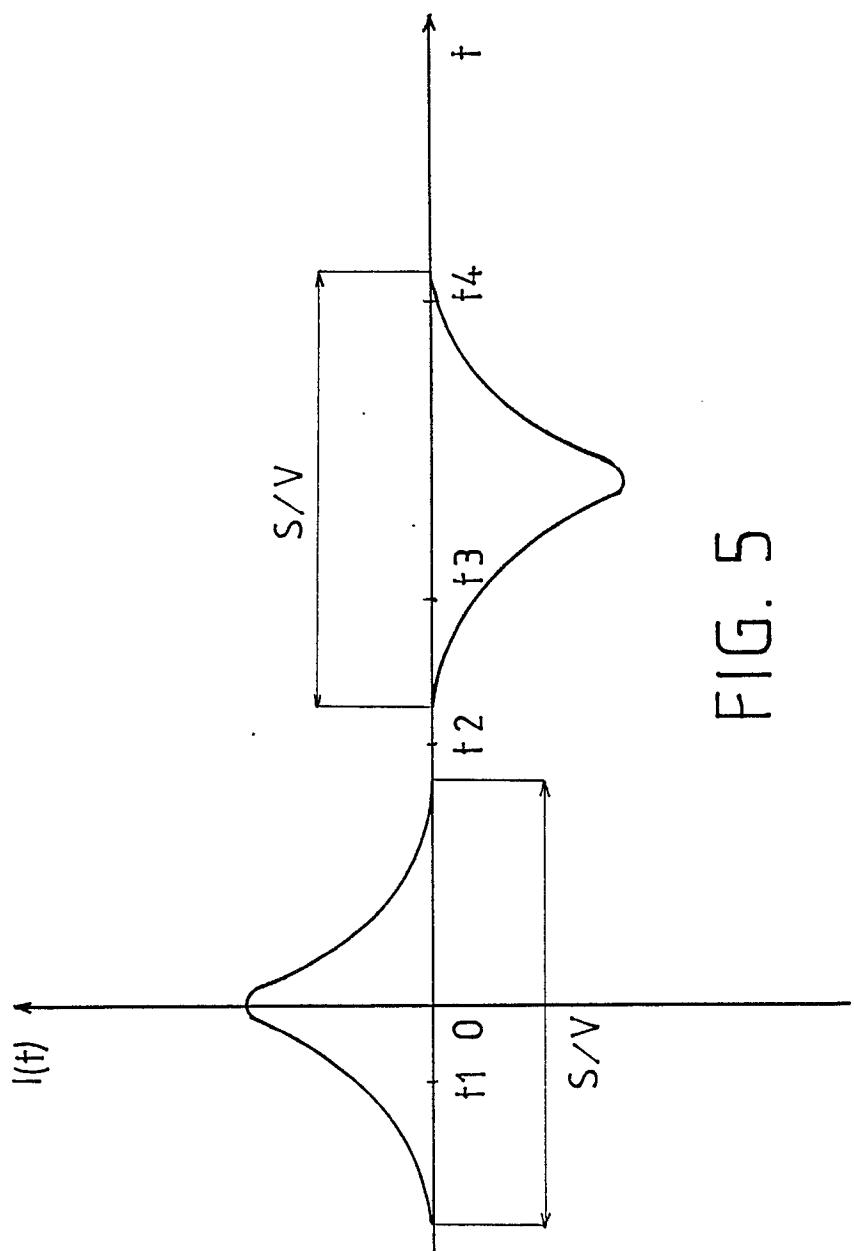


FIG. 4



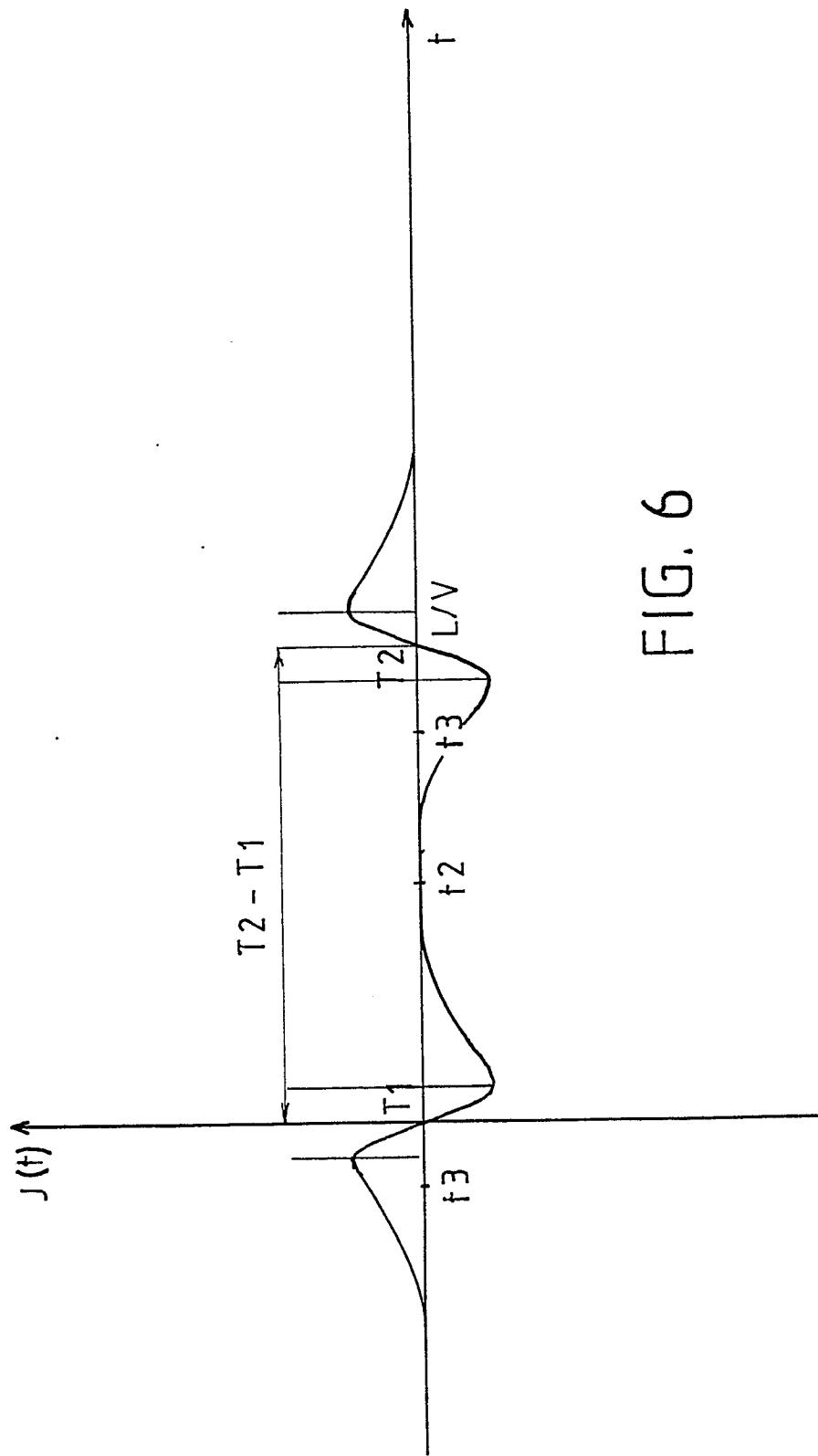
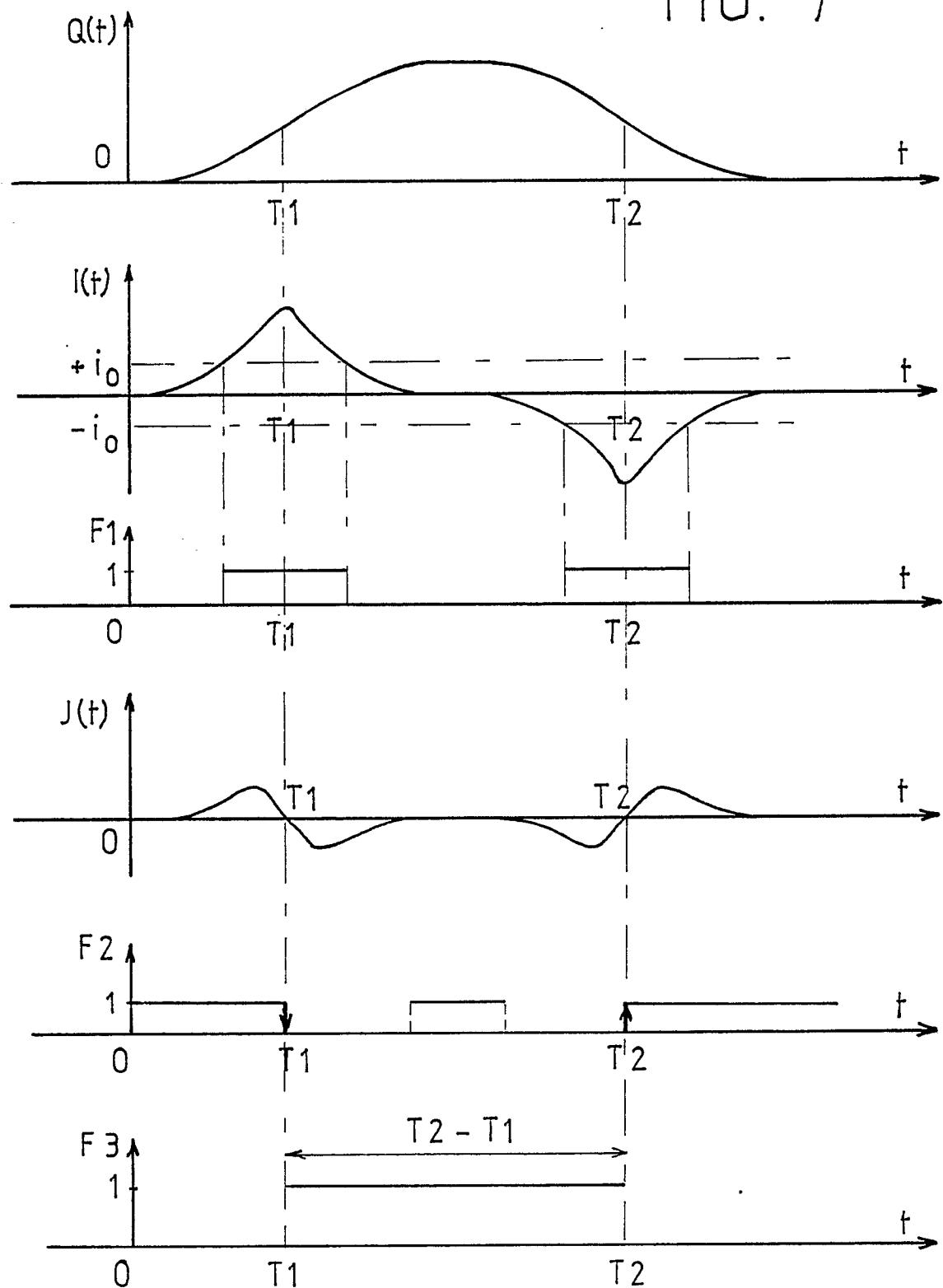


FIG. 6

FIG. 7



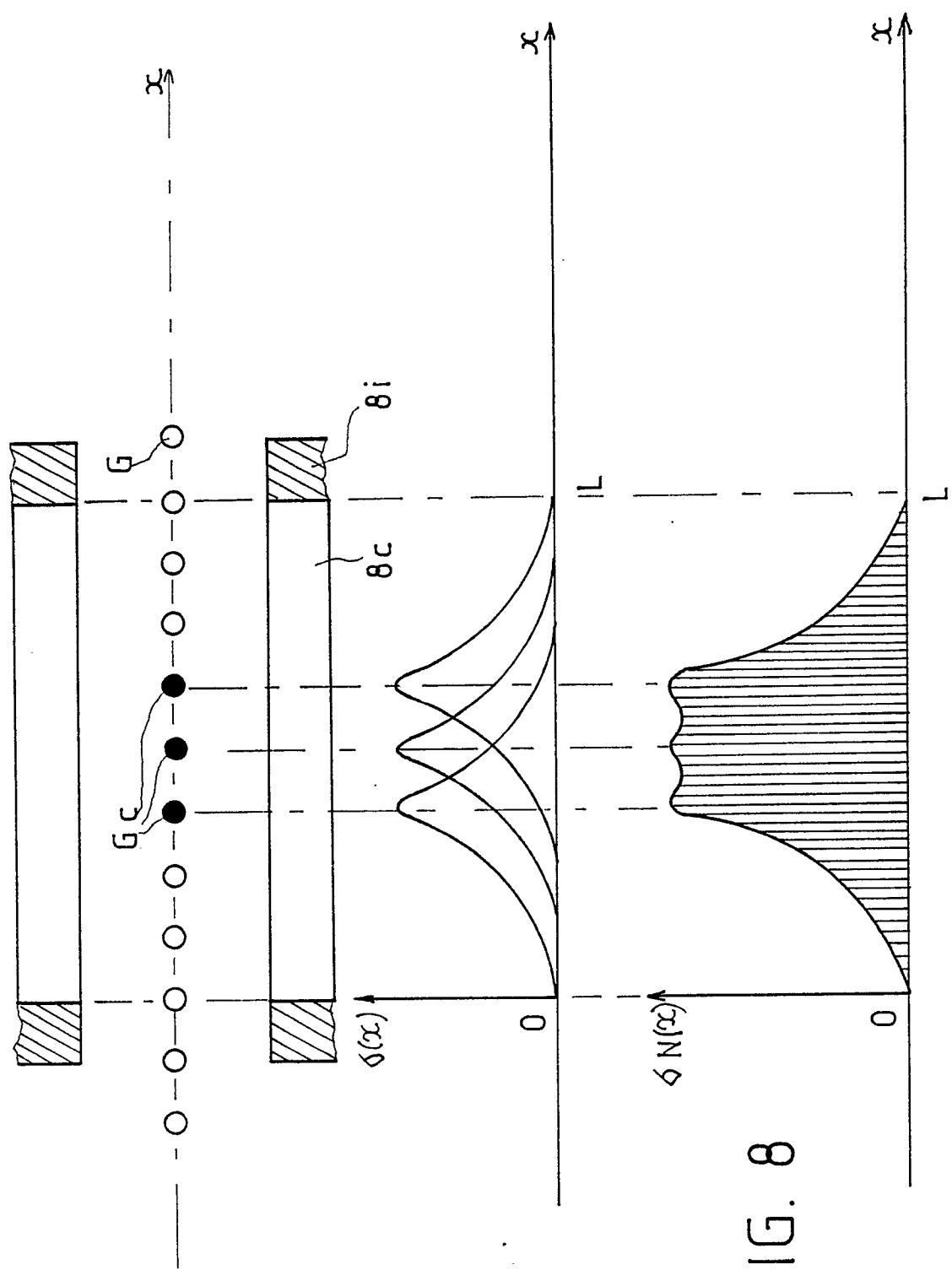


FIG. 8

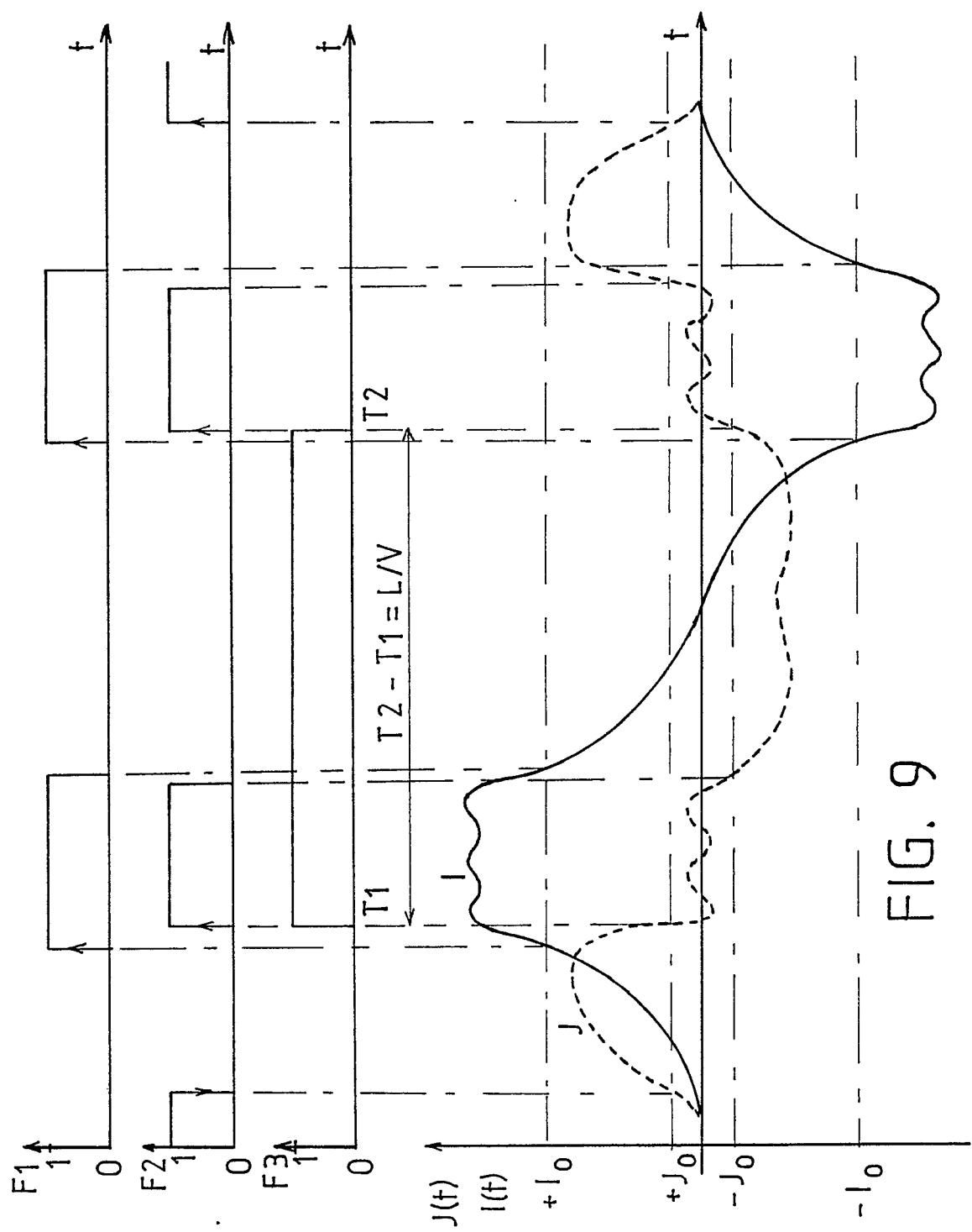


FIG. 9

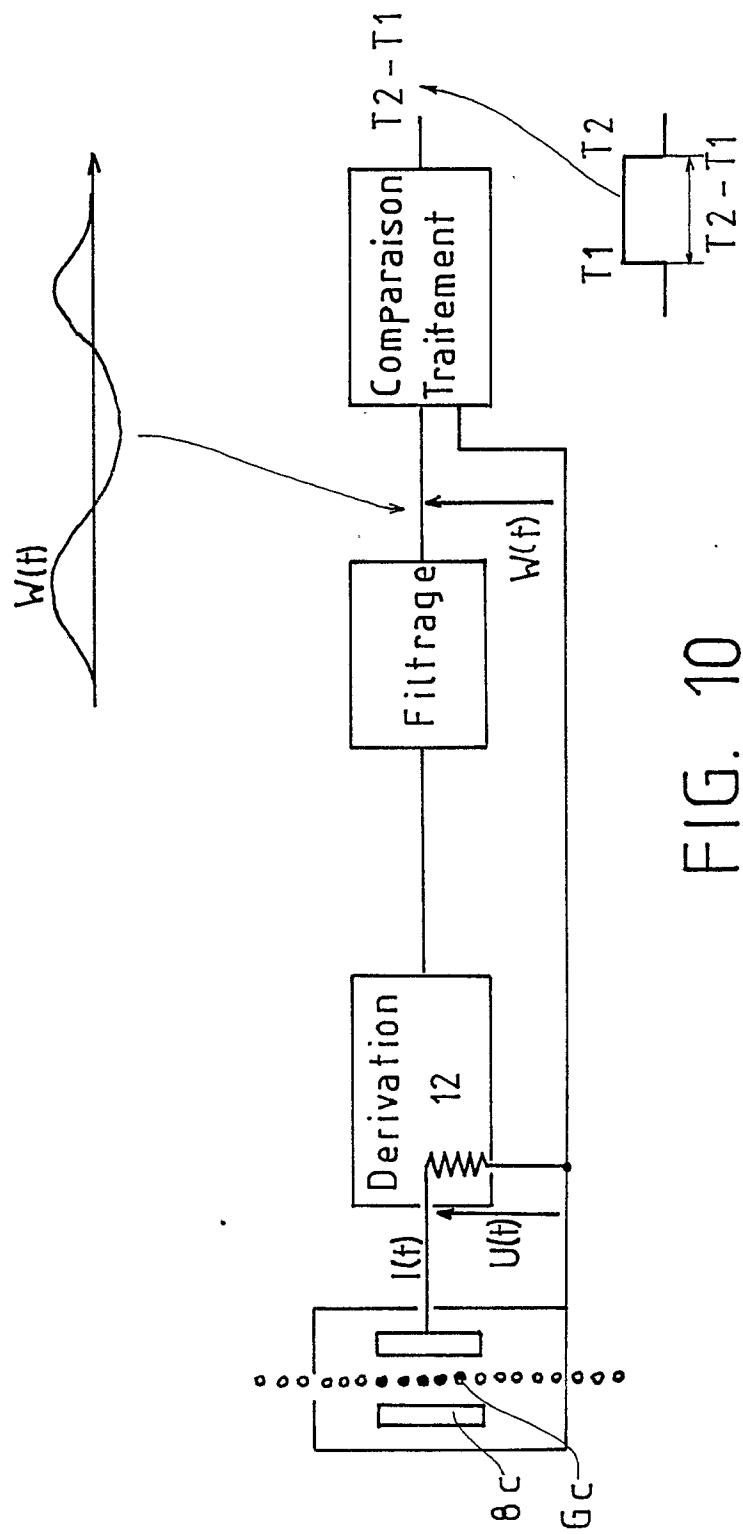


FIG. 10

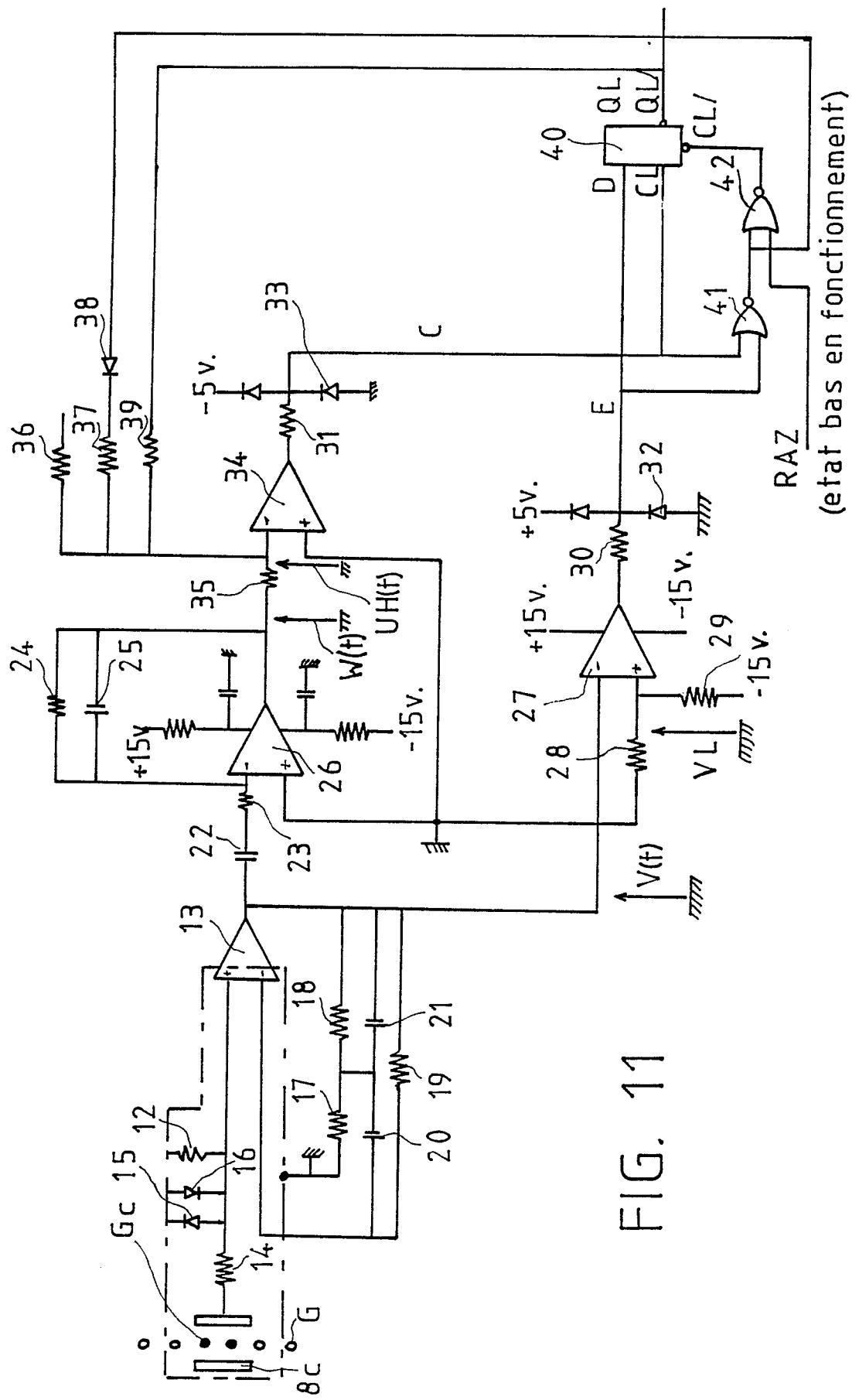
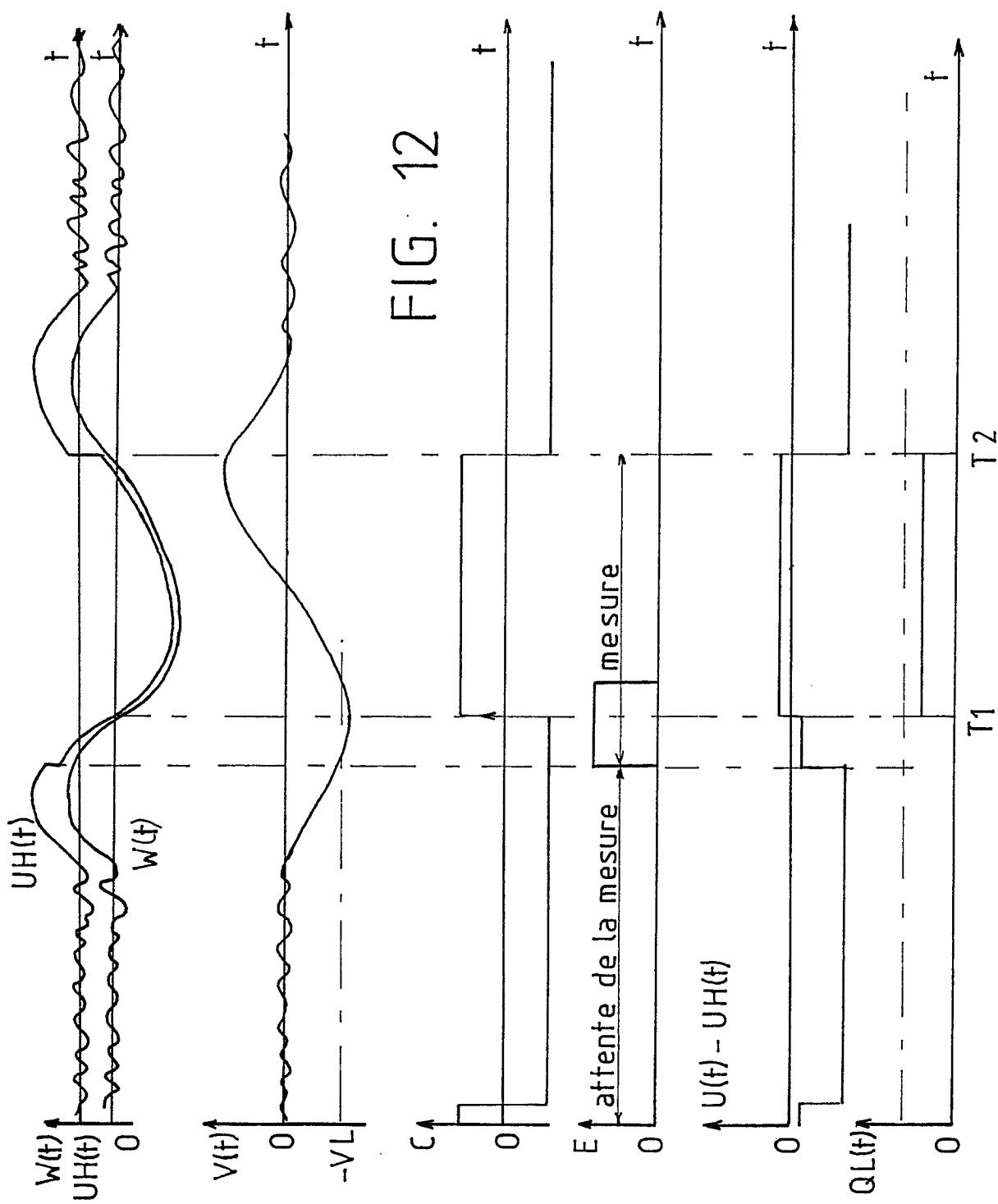


FIG. 11

FIG. 12



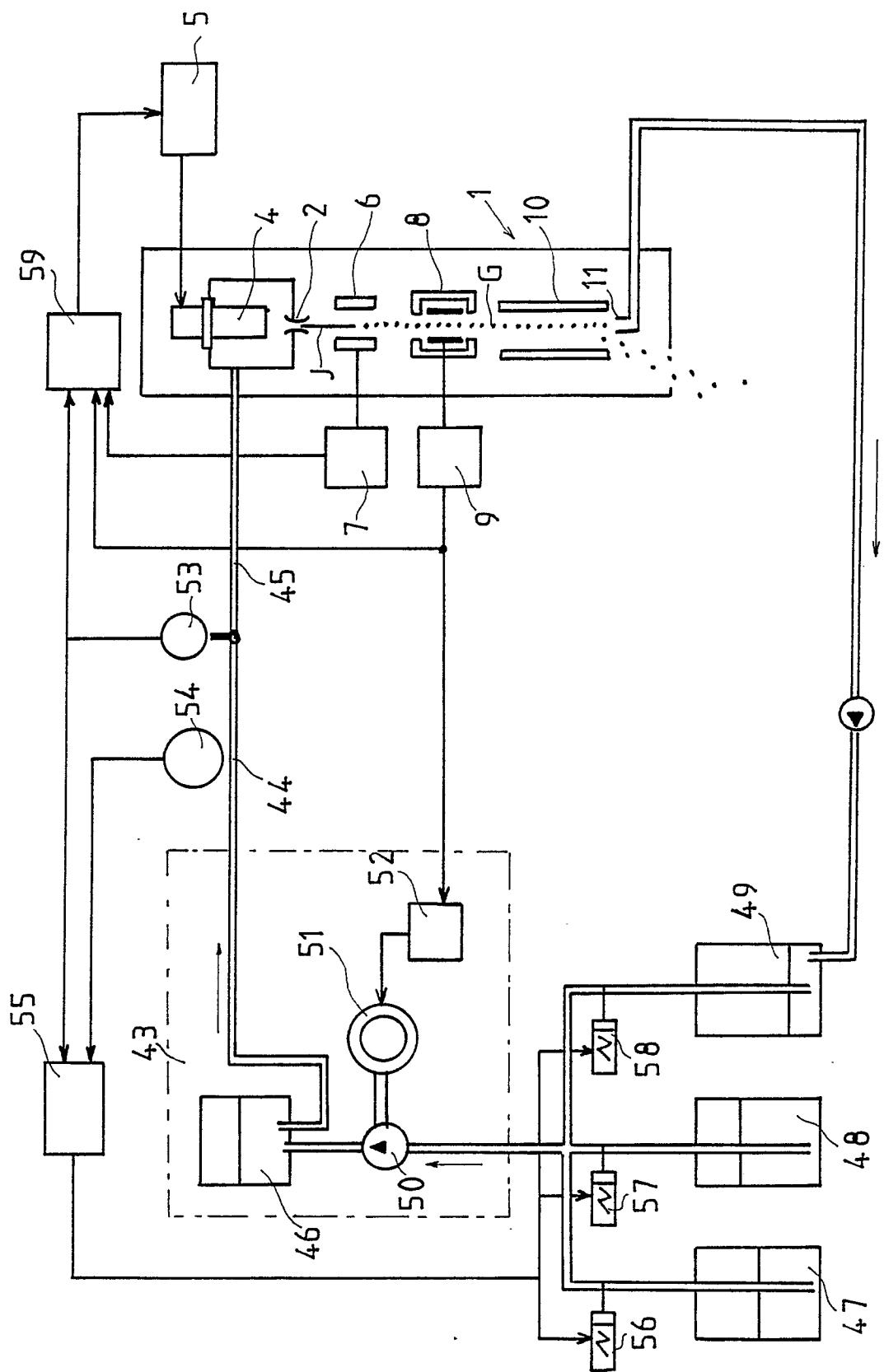


FIG. 13

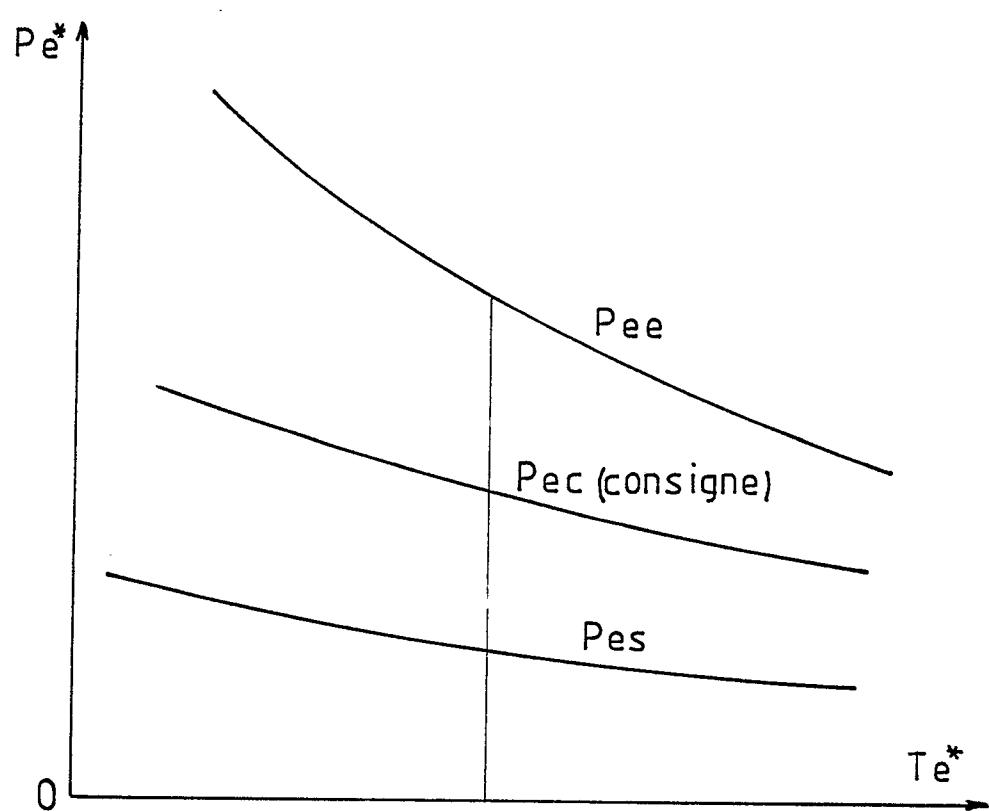
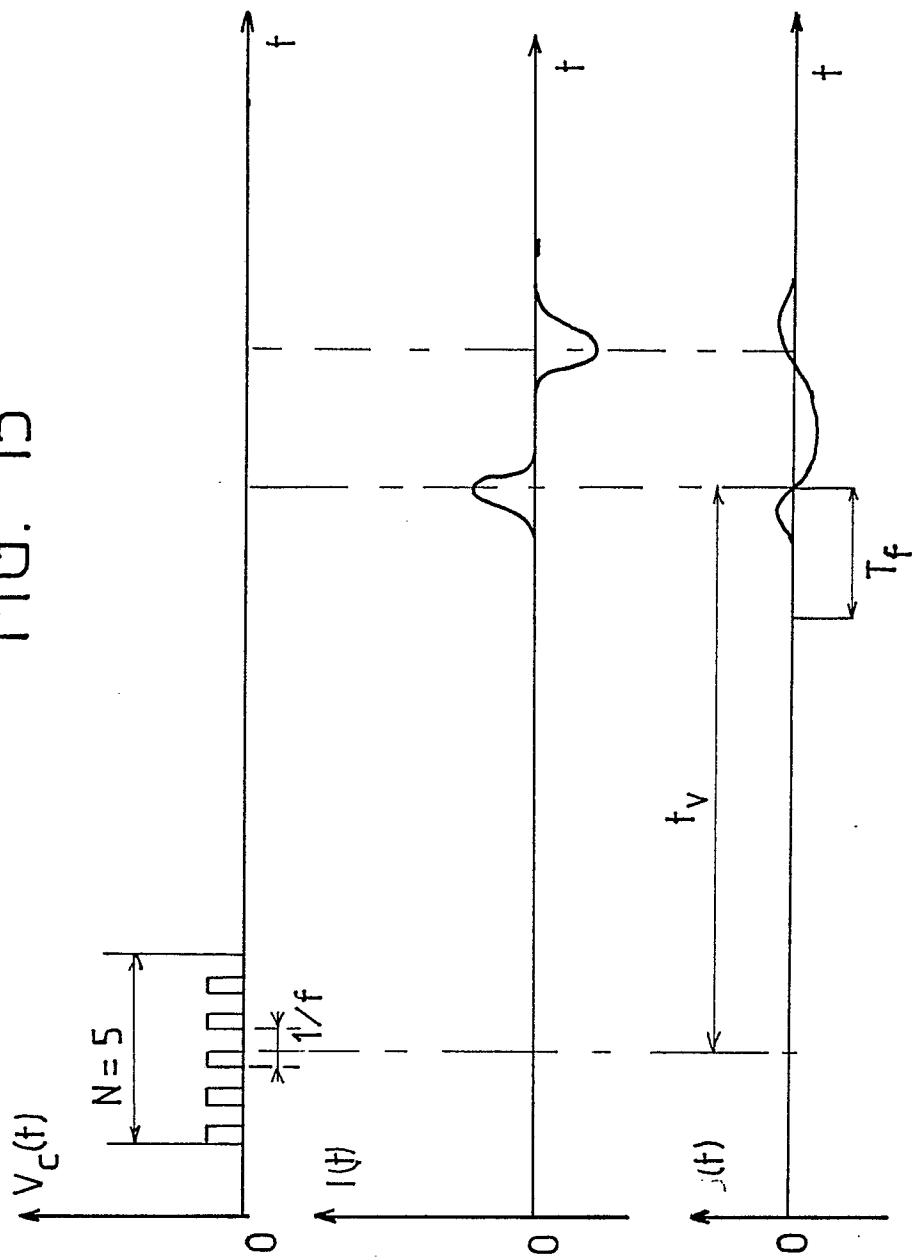


FIG. 14

FIG. 15





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	US-A-4 612 553 (KOHLER) * Figures; colonne 3, ligne 65 - colonne 5, ligne 33 * ---	1,2,7- 10	B 41 J 2/07
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 4, no. 49 (M-7)[531], page 135M7; & JP-A-55 19 514 (RICOH K.K.) 12-02-1980 ---	4,6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 10, no. 130 (M-478)[2187], 14 mai 1986, page 31M478; & JP-A-60 255 443 (RICOH K.K.) 17-12-1985 ---	1,10,16	
A	US-A-4 323 908 (LEE et al.) -----	1	
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)			
B 41 J G 01 D			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	11-12-1989	HERBELET J.C.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			