

ETUDE ET REALISATION D'UN NOUVEAU FILTRE PASSIF

E. Asséo, M. Benedetti, J. Guillet

(Alimentations Tekelec)

1. MOTIVATION

L'expérience provenant de l'utilisation des alimentations Tekelec (en particulier de la T704) nous a montré:

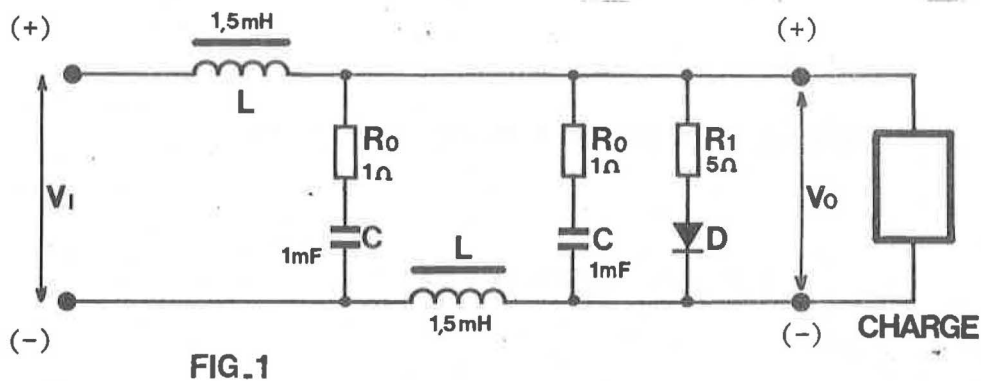
- d'une part l'intérêt d'avoir une symétrie du filtre passif aussi parfaite que possible (amélioration de la précision et de la stabilité du courant dans la descente du programme) tout en conservant les caractéristiques de filtrage et de vitesse actuelles,
- d'autre part l'intérêt d'éliminer les problèmes causés par la présence d'une résistance d'amortissement refroidie par l'eau et couplée d'une façon continue aux bornes de sortie du filtre passif.

2. ETUDE DU FILTRE EXISTANT

A partir de la motivation précédente, avec l'idée de conserver le plus possible les composants actuels, la première nécessité est d'avoir une bonne connaissance des caractéristiques du filtre existant. Pour cela on a à déterminer:

- a) sa réponse en fréquence
- b) sa réponse impulsionnelle
- c) les sollicitations en tension, courant et puissance des différents composants.

Le schéma du filtre actuel est le suivant (figure 1):



2.1 Réponse en fréquence (a):

Pour obtenir la réponse en fréquence (amplitude et phase) on a utilisé, avec le calculateur HP 9820A, le programme CNAP (Calculator Network Analysis Program). On a toujours considéré trois cas:

1. Sans charge et diode D court-circuitée, c'est-à-dire avec effet permanent de la résistance d'amortissement R_1 (Planche 1);
2. Sans charge et diode D et résistance R_1 enlevées (sans amortissement: comportement du filtre quand la tension s'inverse; planche 1);
3. Amortissement branché (comme dans le premier cas) mais circuit chargé par les charges limites données par les spécifications de l'alimentation (planche 2).

Les conclusions de cette analyse sont les suivantes:

- sur la planche 1:

cas 1: filtre avec amortissement:

- . L'atténuation de l'harmonique 1 du redressement (600 Hz) est de 30 db.
- . L'atténuation en haute fréquence se produit avec une pente de 40 db par décade.
- . La fréquence de coupure F_0 se situe aux environs de 100 Hz.

- . A 50 Hz, on a une amplification de +3 db.
- . La réponse en fréquence présente un maximum M_m égal à +5 db à la fréquence de 75 Hz.

cas 2: *filtre sans amortissement*:

- . La réponse en basse et haute fréquence par rapport à F_0 est la même que dans le cas 1 mais le maximum M_m est égal à +8 db.

- sur la planche 2:

cas 3: *filtre avec amortissement et différentes charges*:

- . La situation la plus défavorable se présente lorsque le circuit est ouvert (pas de charge). En effet ce cas correspond à un maximum de réponse à 50 Hz et de valeur M_m .

Les études qui suivent seront faites pour ce cas le plus défavorable et avec amortissement.

2.2 Réponse impulsionnelle

Pour l'analyse de la réponse impulsionnelle et des sollicitations de tension et courant des différents composants du filtre, on a appliqué le programme ECAP II (Electronic Circuit Analysis Program) au circuit de la figure 2. Les détails du programme et les résultats obtenus sont consignés dans les planches 3 à 10.

Conclusions concernant la réponse impulsionnelle:

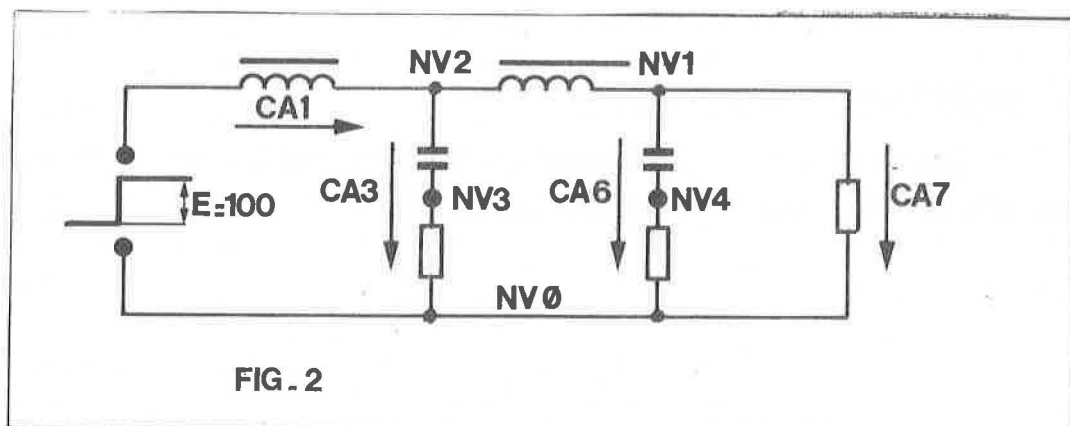


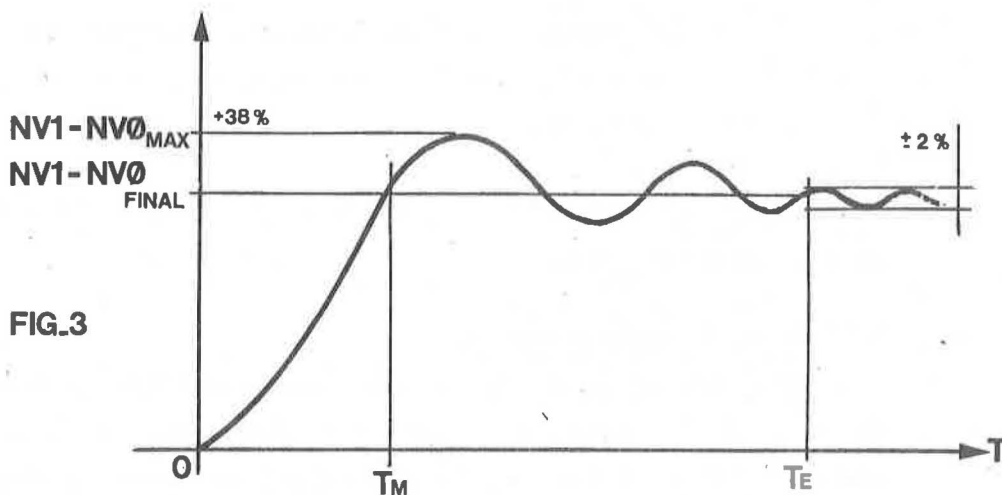
FIG. 2

Planches 4 et 5 = réponse en tension entre les noeuds NV_1 et NV_ϕ :

- le facteur de surtension est égal à (figure 3):

$$\frac{(NV_1 - NV_\phi)_{\text{Max}} - (NV_1 - NV_\phi)_{\text{Final}}}{(NV_1 - NV_\phi)_{\text{Final}}} = 38\%.$$

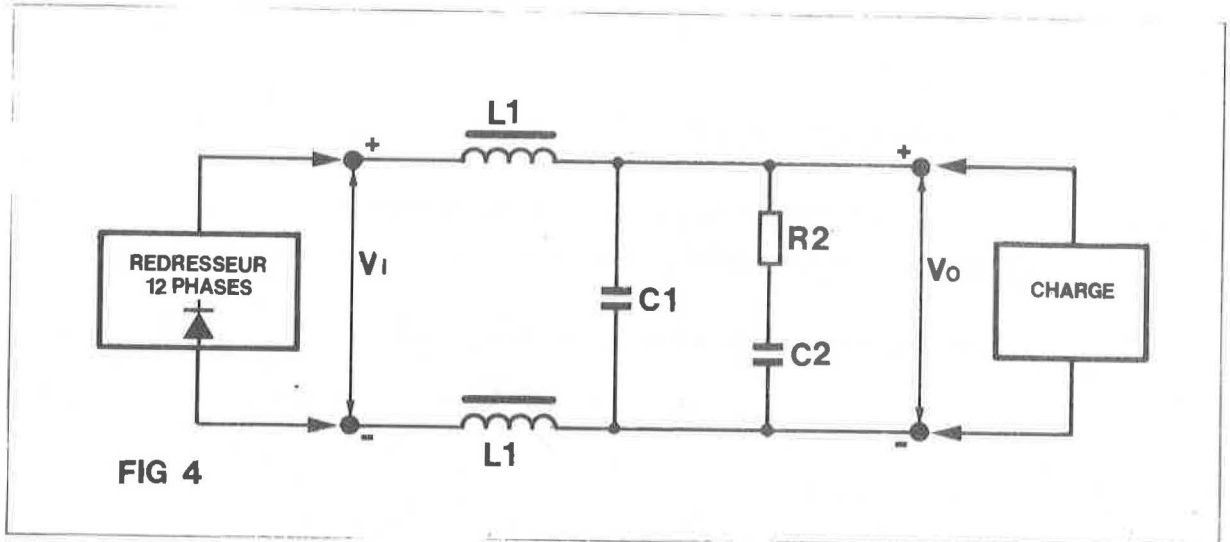
- le temps d'établissement pour atteindre la valeur finale à $\pm 2\%$ est égale à $T_E = 22,5$ ms,
- le temps de montée jusqu'au premier passage par la valeur finale est $T_m = 3$ ms



Les conclusions concernant les sollicitations des composants seront exprimées plus loin.

3. DESIGNATION DU NOUVEAU FILTRE

Le schéma qui nous a paru le plus favorable vis à vis de la motivation exprimée au début est le suivant (figure 4):



3.1 Avantages

Ce schéma permet d'obtenir:

- a) Pour chacune des entrées en provenance du redresseur, une impédance égale vis à vis de la terre d'où diminution du bruit induit dans la charge.
- b) L'élimination des problèmes d'amortissement fonction de la polarité de la tension de sortie (plus de diode D_1 en série avec la résistance R_1 d'amortissement: figure 1).
- c) En ne conservant qu'un amortissement dynamique (R_2, C_2), l'élimination de la dissipation continue dans la résistance.

3.2 Désavantage:

En conservant les mêmes valeurs d'inductance que sur le filtre actuel, avec ce schéma on est conduit à devoir augmenter sensiblement la valeur totale des capacités

$$\left[C_1 + C_2 \text{ (figure 4)} \gg 2 C \text{ (figure 1)} \right]$$

pour obtenir une réponse semblable.

Nota: Si nous ne voulions pas réutiliser les inductances actuelles, il serait plus rationnel de jouer aussi avec les valeurs de L_1 pour obtenir une solution économique.

3.3 Calculs des composants du nouveau filtre

A partir des conclusions des paragraphes 2.1 et 2.2 et des courbes de filtres normalisés (planches 11 et 12) (référence 1).

- On choisit la courbe $m = 0,3$ pour avoir $M_m + 5$ db.
- L'atténuation à 600 Hz doit être de -30 db

$$\omega(600 \text{ Hz}) = 2\pi \times 600 = 3770 \frac{\text{radian}}{\text{seconde}} \quad (1)$$

- Sur la courbe $m = 0,3$ (planche 11) pour une atténuation de -30 db on a $\bar{\omega} = 10 \omega_0$, (2)

- de (1) et (2) nous tirons:

$$\omega_0 = \frac{\omega}{10} = \frac{3770}{10}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_2}} \rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega_0^2 L}$$

L est (connue) = $2L_1 = 3$ mH,

$C_2 = 2,3 \text{ mF}$	$L_1 = 1,5 \text{ mH}$
------------------------	------------------------

$$C_1 = C_2 m \rightarrow C_1 = 0,3 \times 2,3 = 0,7 \text{ mF}$$

$C_1 = 0,7 \text{ mF}$

$$R_2 = 2 \sqrt{\frac{L}{C_2}} = 2,28 \Omega$$

$R_2 = 2,28 \Omega$

4. ETUDE DEFINITIVE DU FILTRE AVEC LES VALEURS CALCULES

Afin d'établir une comparaison entre les deux systèmes, le nouveau filtre a été soumis aux mêmes études que l'ancien.

Réponses en fréquence - planche 13

- L'atténuation de l'harmonique 1 du redresseur (600 Hz) est de 29 db.
- L'atténuation en haute fréquence se produit avec une pente de 40 db par décade.
- La fréquence de coupure F_0 se situe aux environs de 100 Hz.
- A 50 Hz on'a une amplification de +3 db.
- La réponse en fréquence présente un maximum M_m égale à + 4 db à la fréquence de 75 Hz.

Réponse impulsionnelle

- Le même programme ECAP II a été appliqué au schéma du nouveau filtre, figure 5. Les détails du programme et les résultats obtenus sont consignés dans les planches 14 à 20.

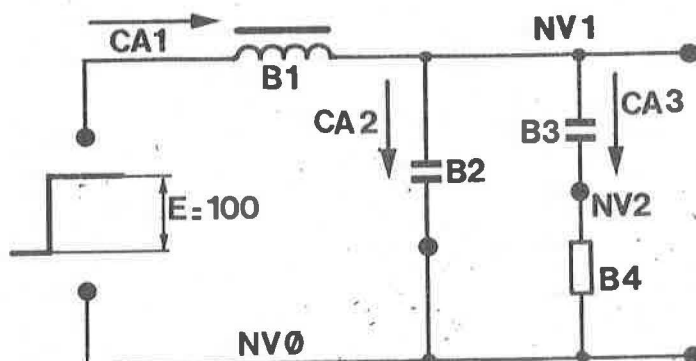


Fig. 5

Conclusions concernant la réponse impulsionnelle

Planche 14 et 15 = réponse en tension entre les noeuds NV1 et NVO

- Facteur de surtension: 40%
- Temps d'établissement pour atteindre la valeur finale à + 2%: 23 ms
- Temps de montée jusqu'au premier passage par la valeur finale: 3,25 ms.

Sollicitation des composants

En analysant les diagrammes de courant et tension dans chaque élément, on voit que les sollicitations sont approximativement les mêmes pour les deux filtres, ce qui nous conduit à utiliser les mêmes éléments.

Essais

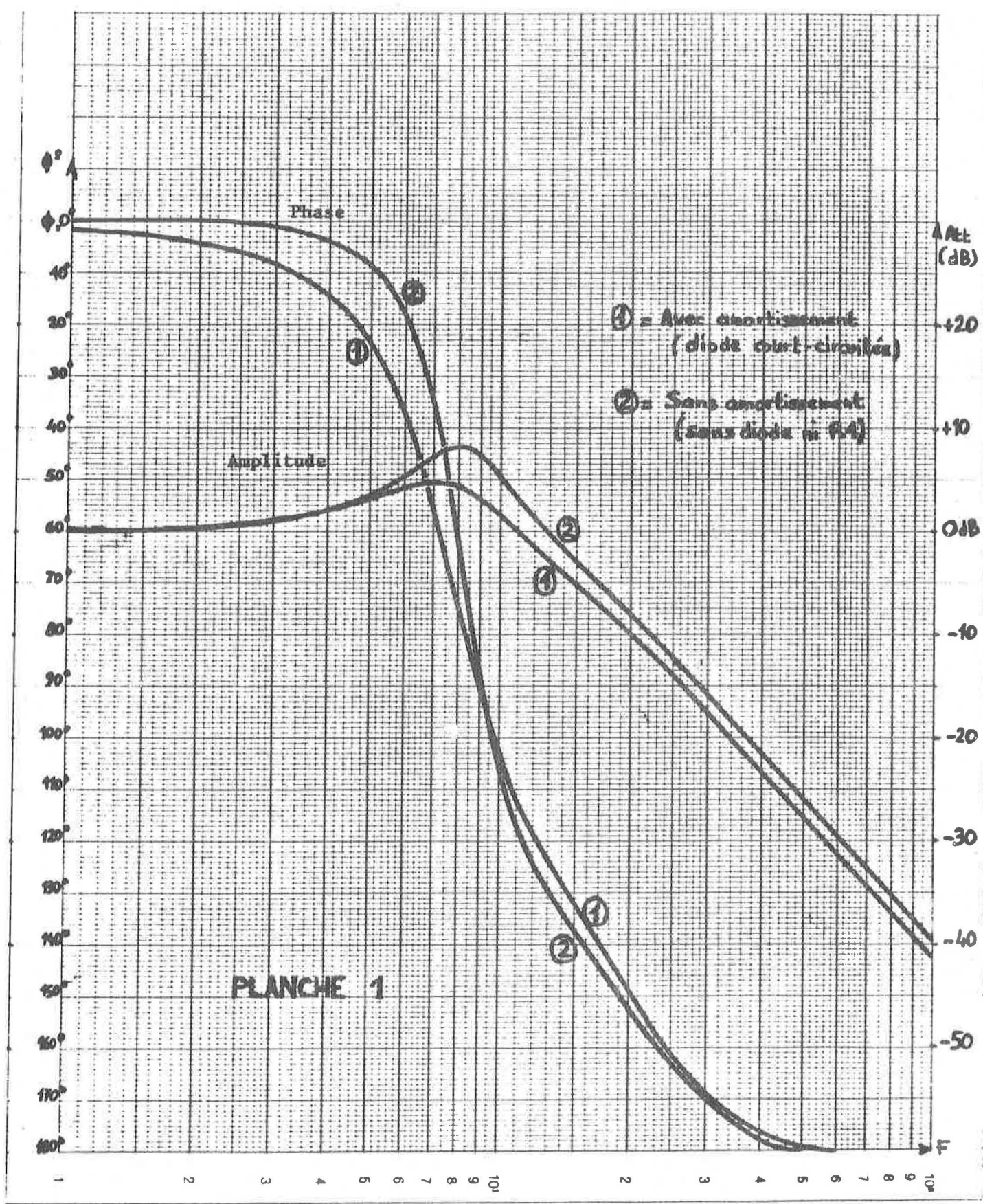
Le nouveau filtre a été essayé avec succès et son comportement donne entière satisfaction. Voir ci-après les photos comparatives des deux filtres.

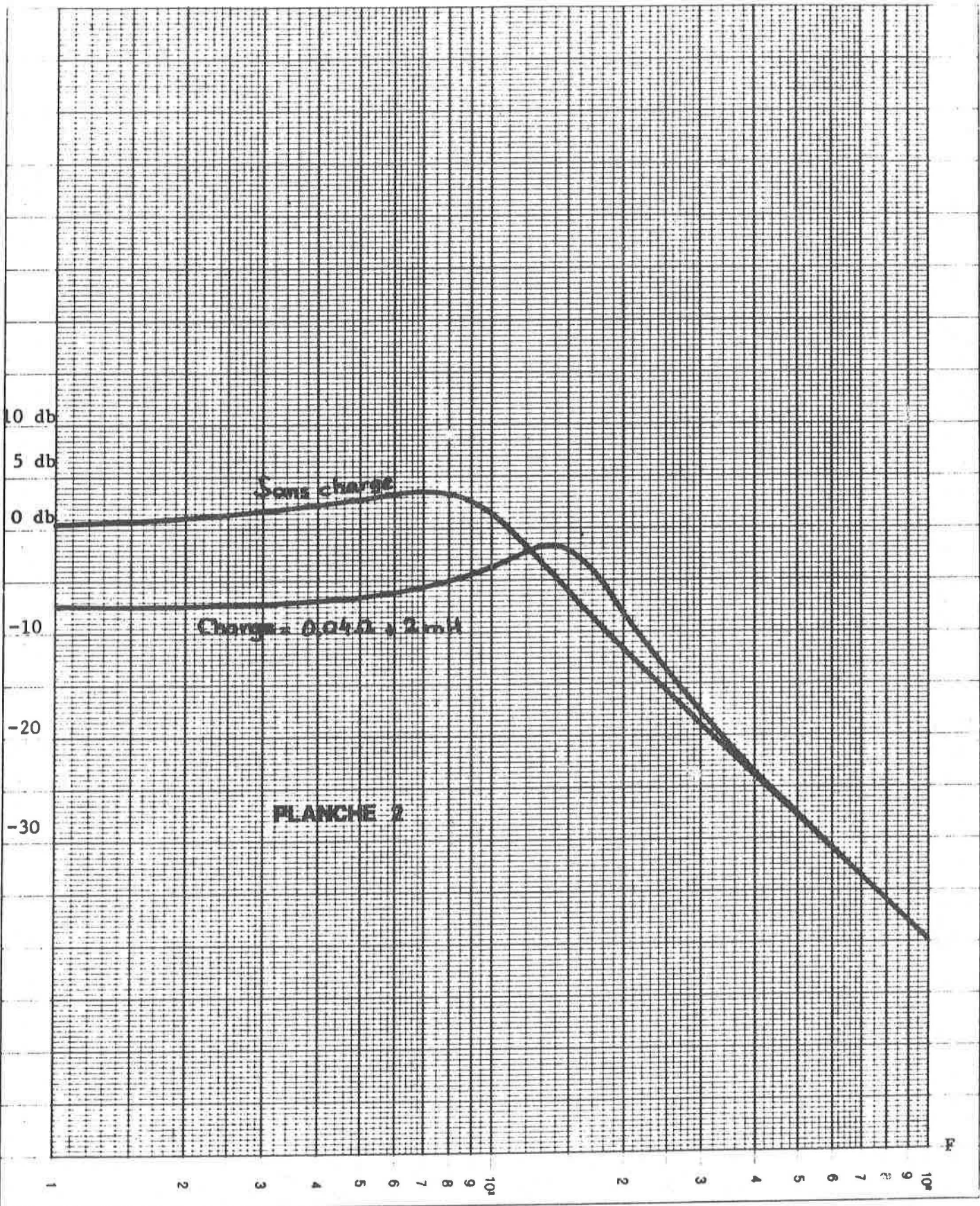
Référence

1. A High Current Low Pass Filter for Magnet Power Supplies, by Walter F. Pragg, 7th February, 1969, Argonne National Laboratory, WFP-5.

Annexes : Planches 1 à 21.

Distribution : (ouverte)





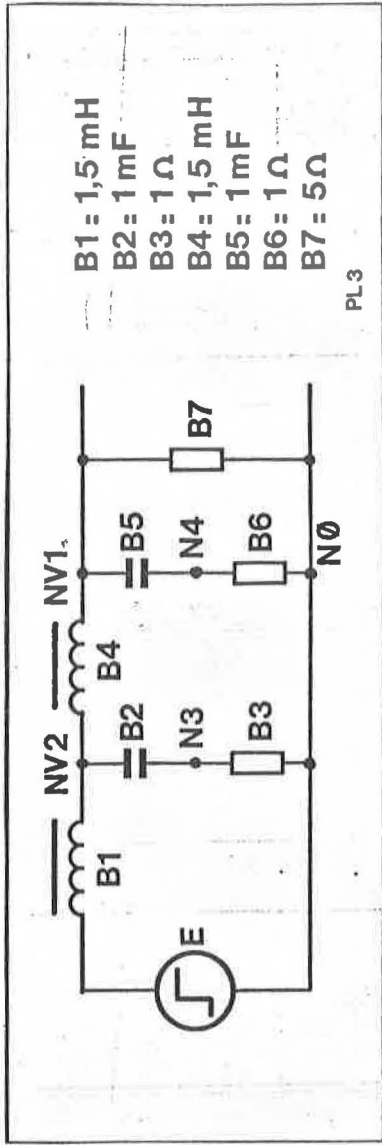
DATA FROM CASE

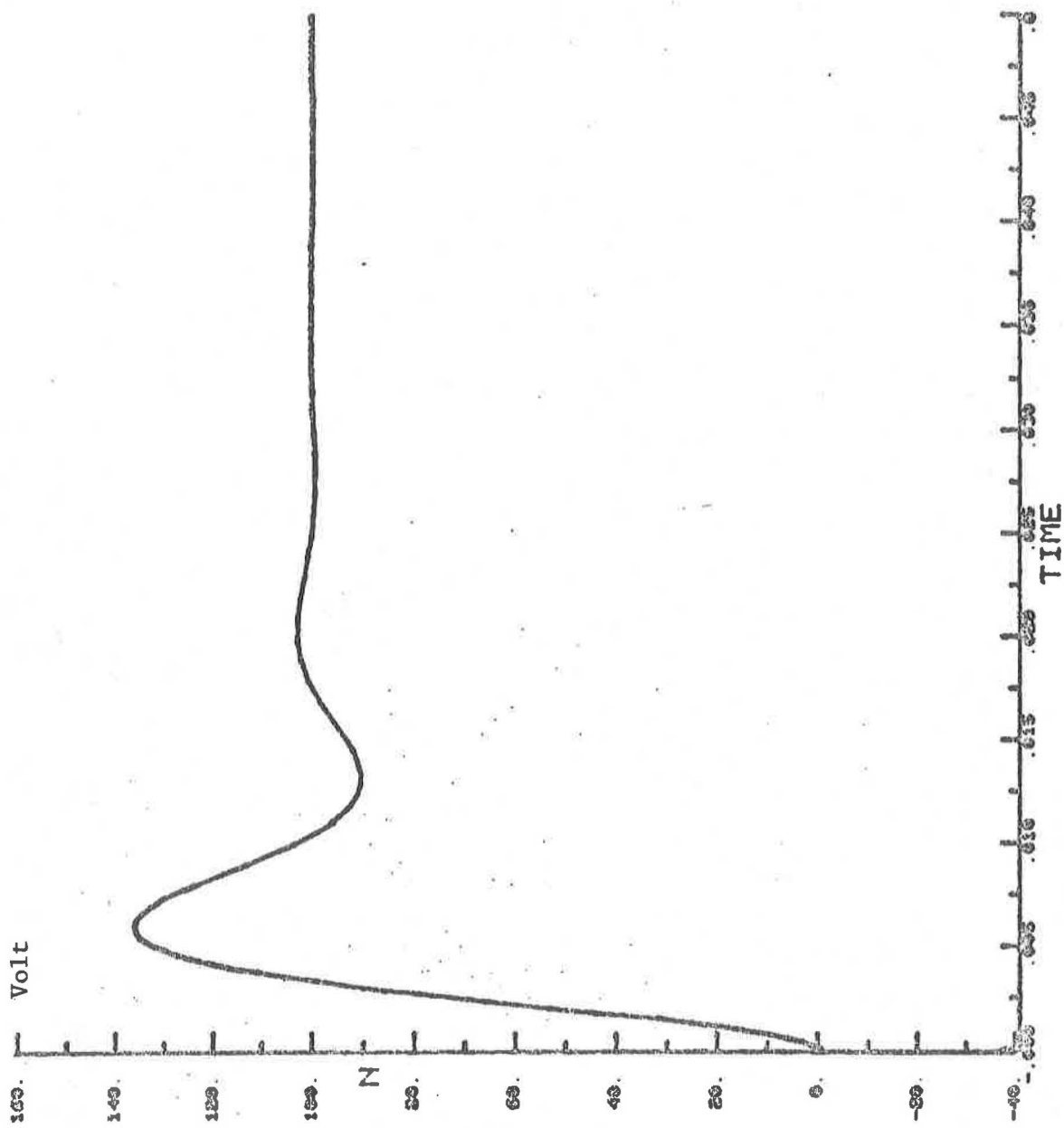
```

C          PRINT ACTUAL
C          C=1 E=0.1
C          TECHNIQUE ANALYSIS
C          NO. 23. L=1.E-3 , G=100.
C          NR. 23. C=1.E-3 R=1
C          NI. 23. L=1.EE-3
C          NI. 43. C=1.E-3
C          NI. 63. R=1
C          NI. 83. G=1
C          TIME STEP =1.E-4
C          OUTPUT INTERVAL =10
C          FINISH TIME =.00 E-3
C          PRINT: VOLTAGES, CURRENTS
C          EXECUTE
  
```

T = 0.

SCAN AT PAGE . 2 - CONTAINS *



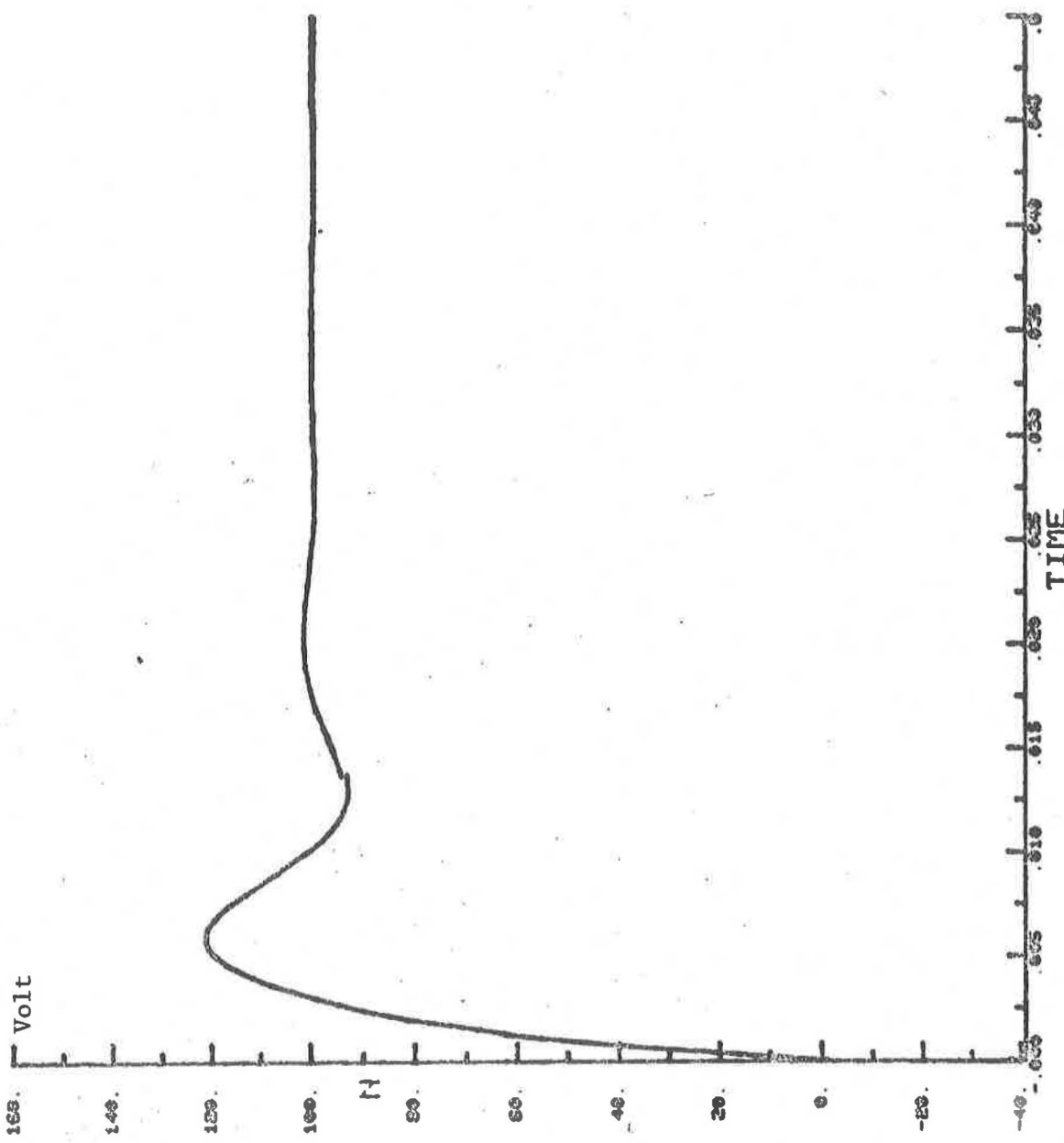


GRAPH OF NV 1 AGAINST TIME

10
 10 000
 1000 10000 2 00000
 10 000

Planche 5

Output voltage at NV1 for 100 V input



GRAPH OF NU 2 AGAINST TIME

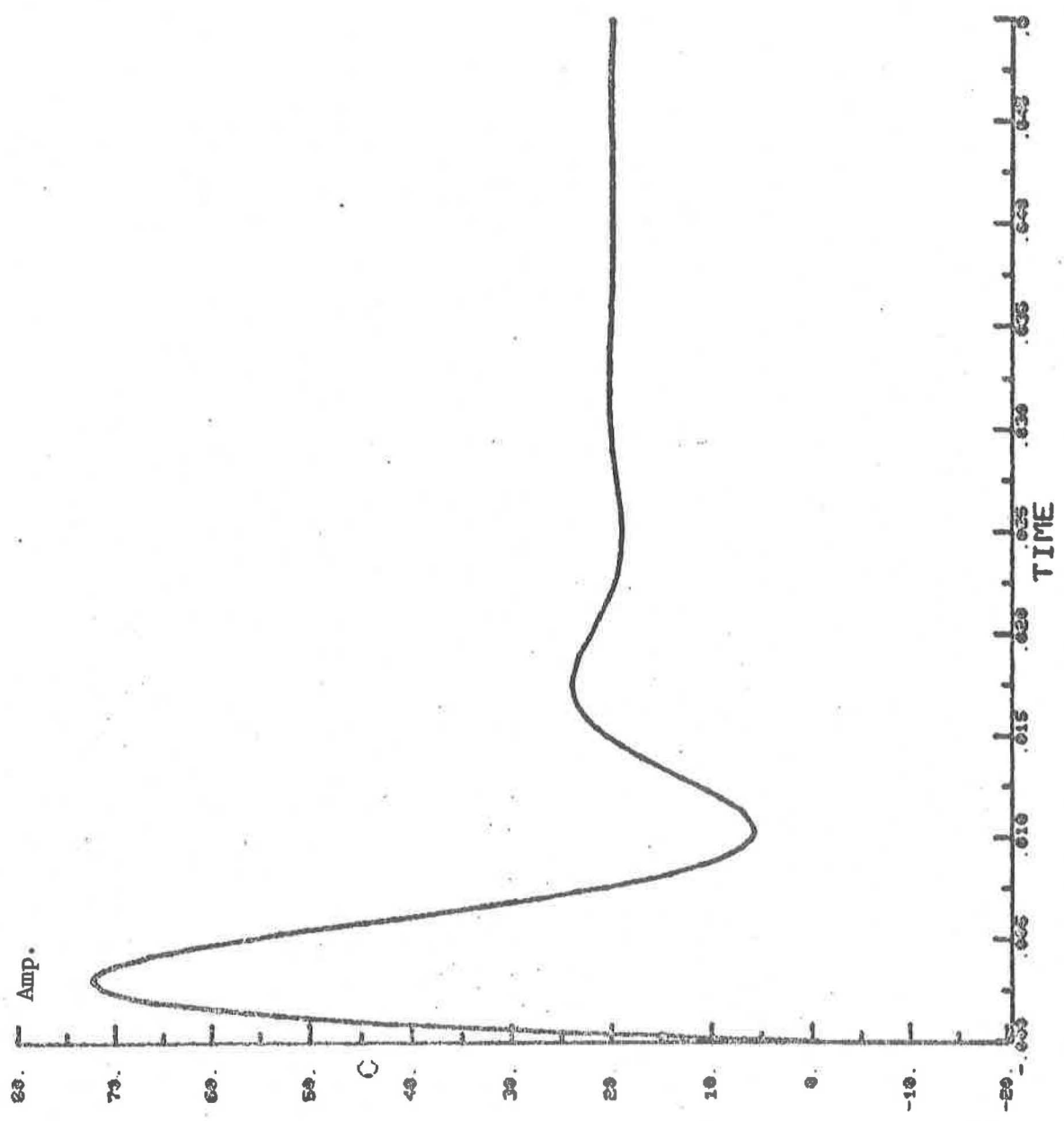
IN 010
 PLOT PROBE 1
 OUTPUT 2 CHANS
 TO 005

Planche 6

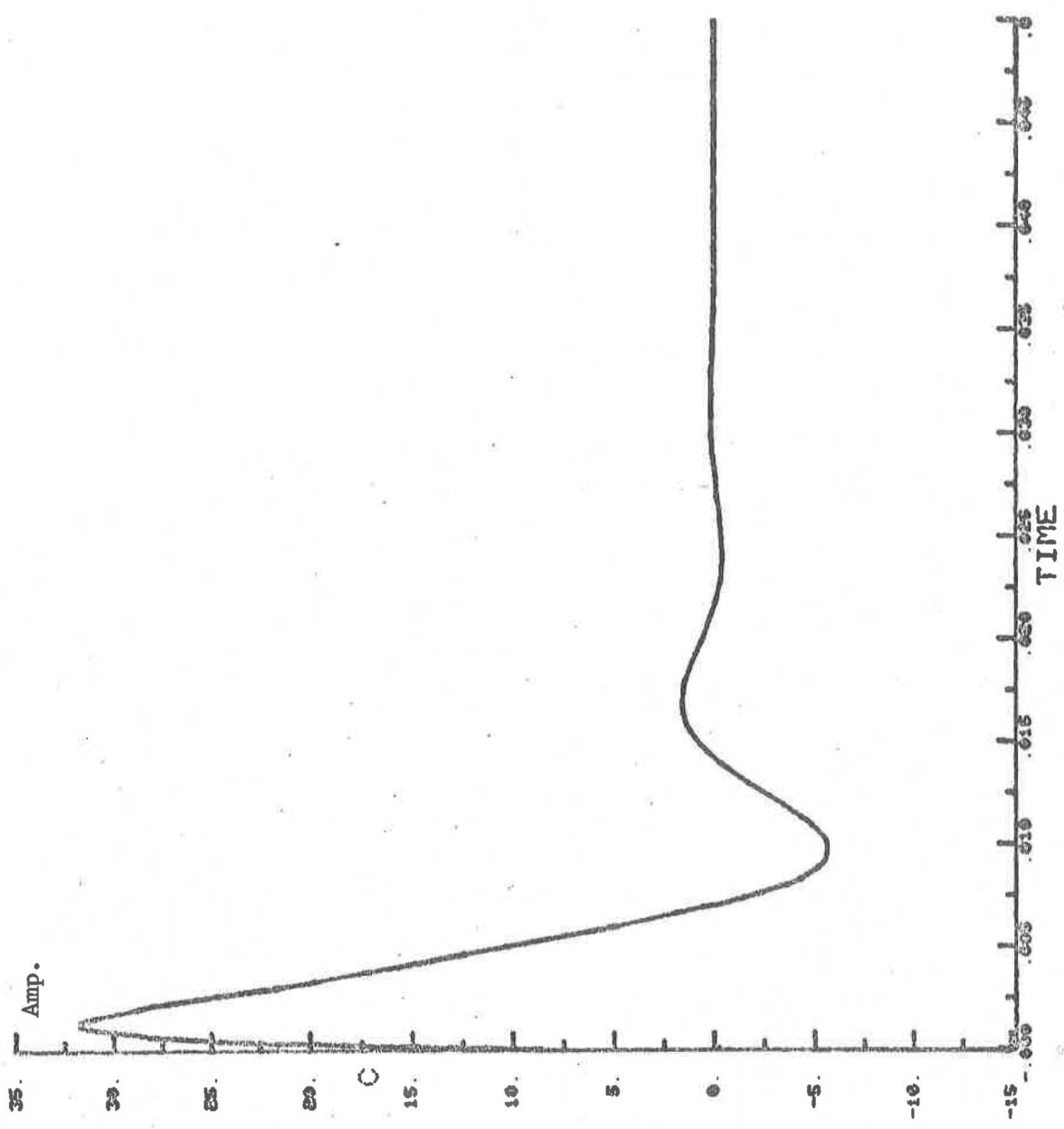
.Voltage at NV2

TO CLO - 2
PLAT PAPER 2
WINDING 2
TO CLO - 2

11



GRAPH OF CA 1 AGAINST TIME

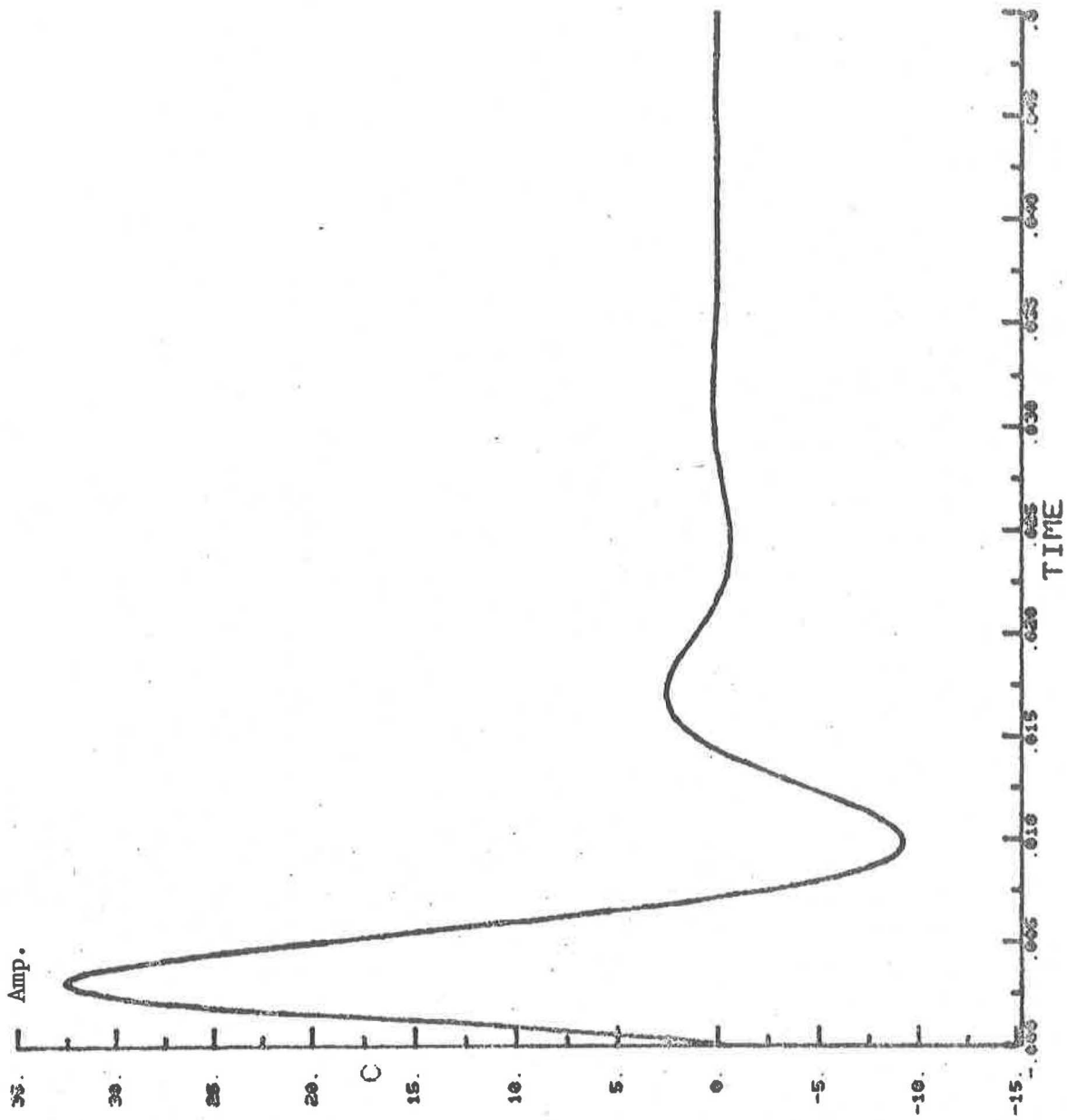


GRAPH OF CA 3 AGAINST TIME

PLU 200
 PLOT FROM 3

(1) (3)

Planche 8
 Current in resistor B3



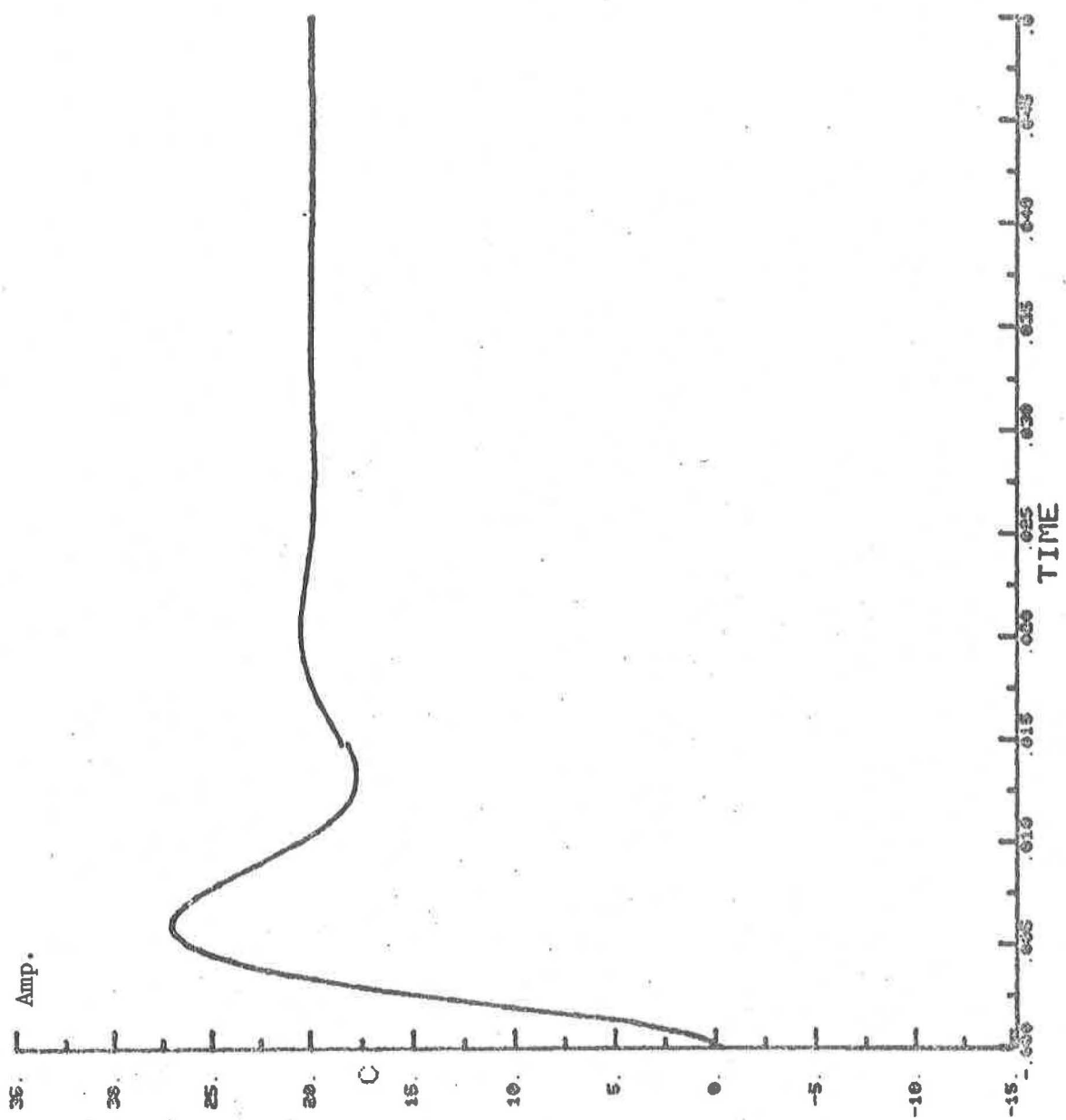
GRAPH OF CA 6 AGAINST TIME

PL 603 -
PLOT PAGE 4

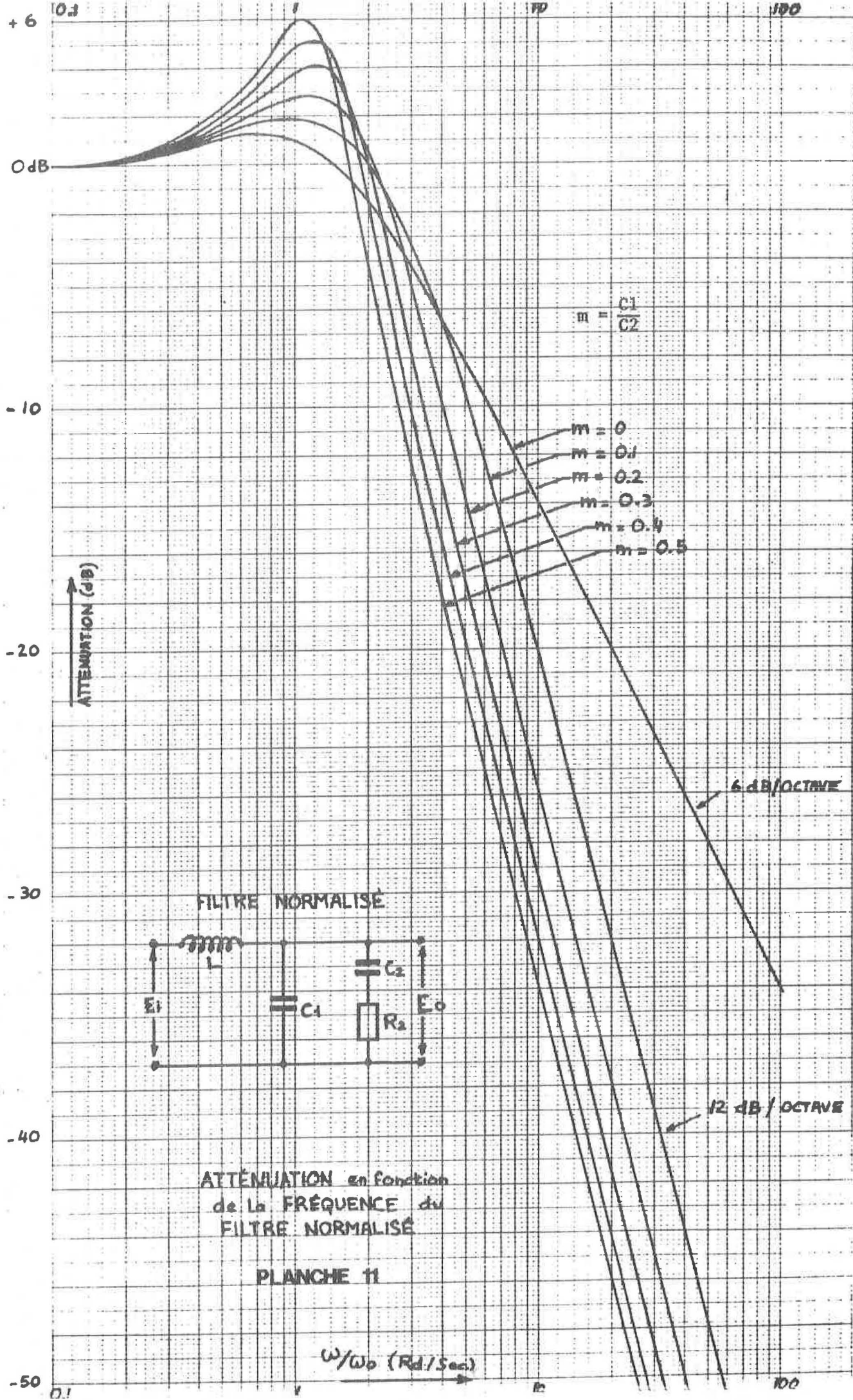
4 6

PU 412
POT FREE 5

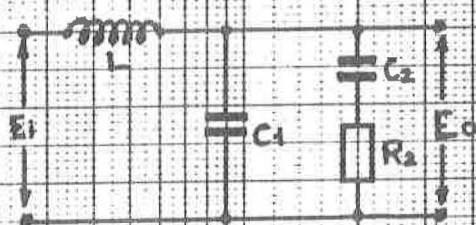
A 7



GRAPH OF CA 7 AGAINST TIME



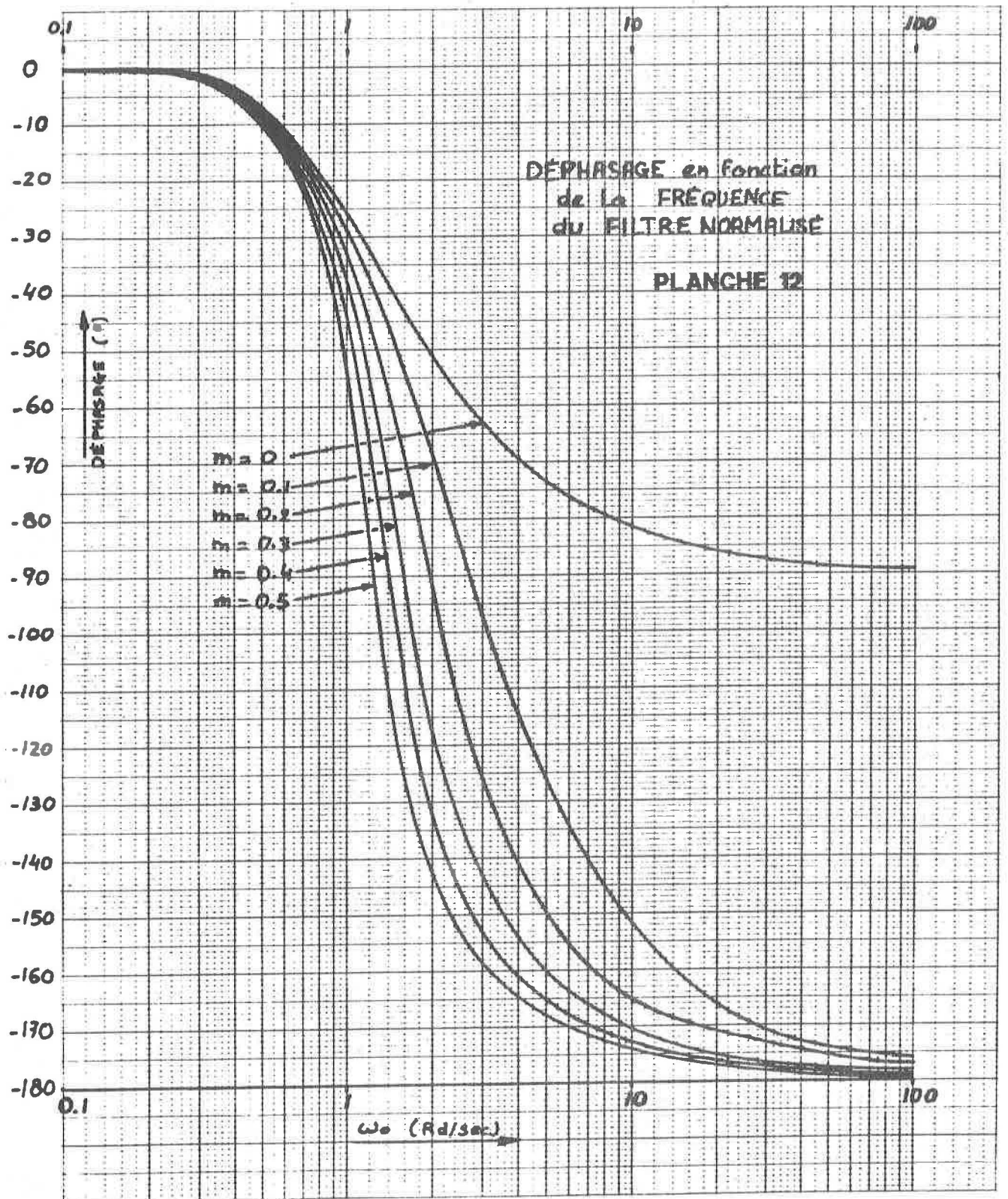
FILTRE NORMALISÉ

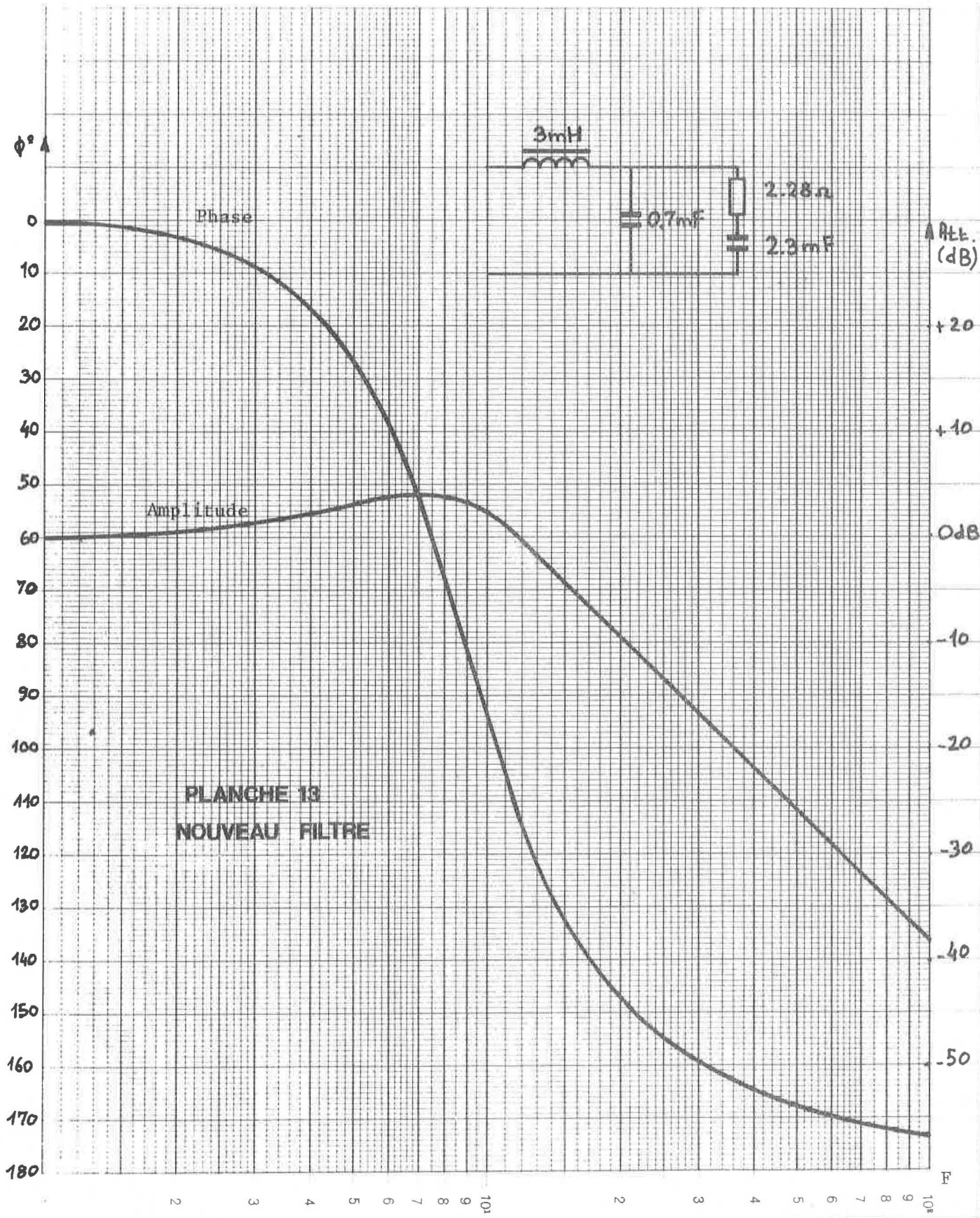


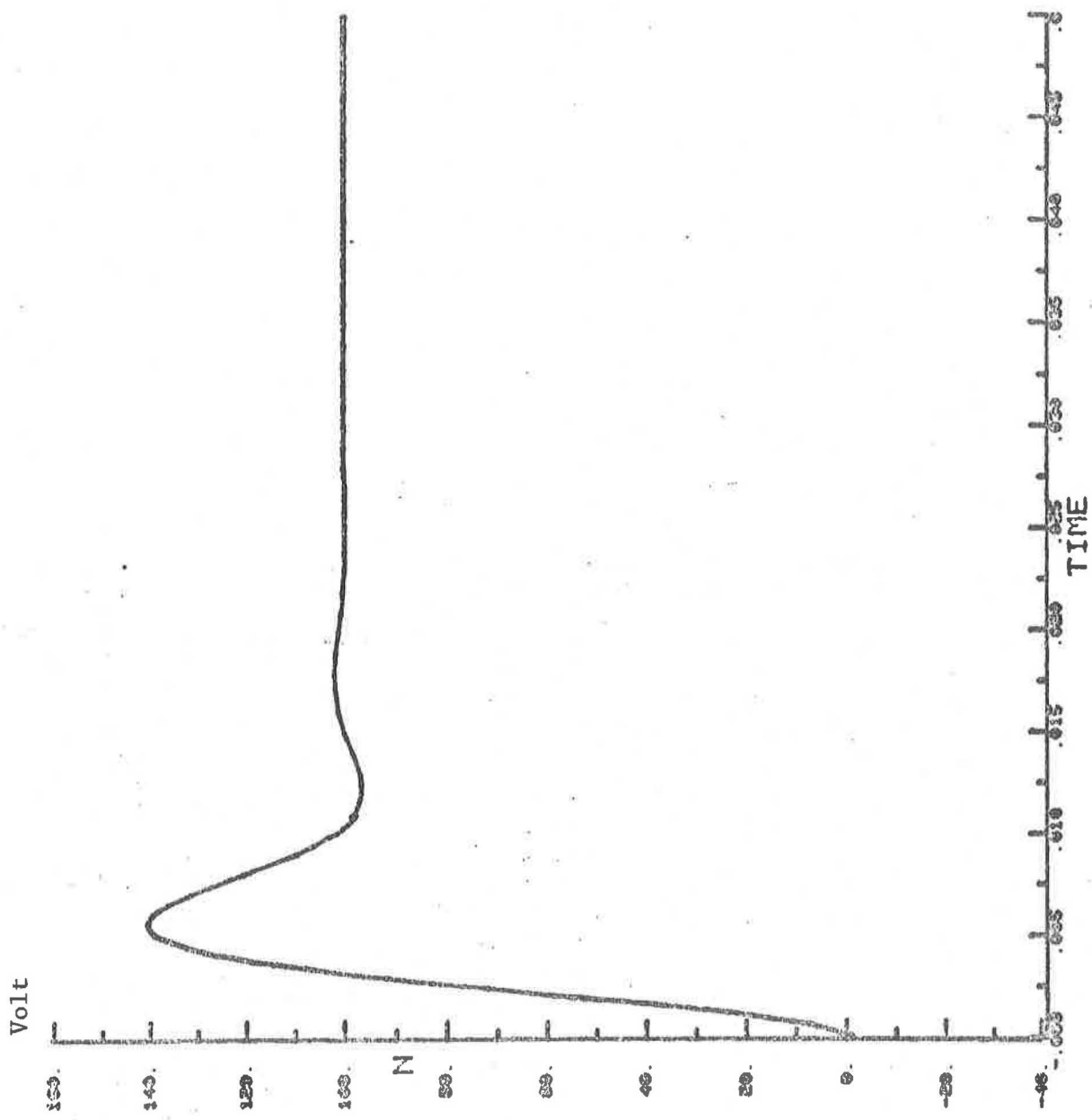
ATTÉNUATION en fonction de la FRÉQUENCE du FILTRE NORMALISÉ

PLANCHE 11

ω/ω_0 (Rad/Sec)



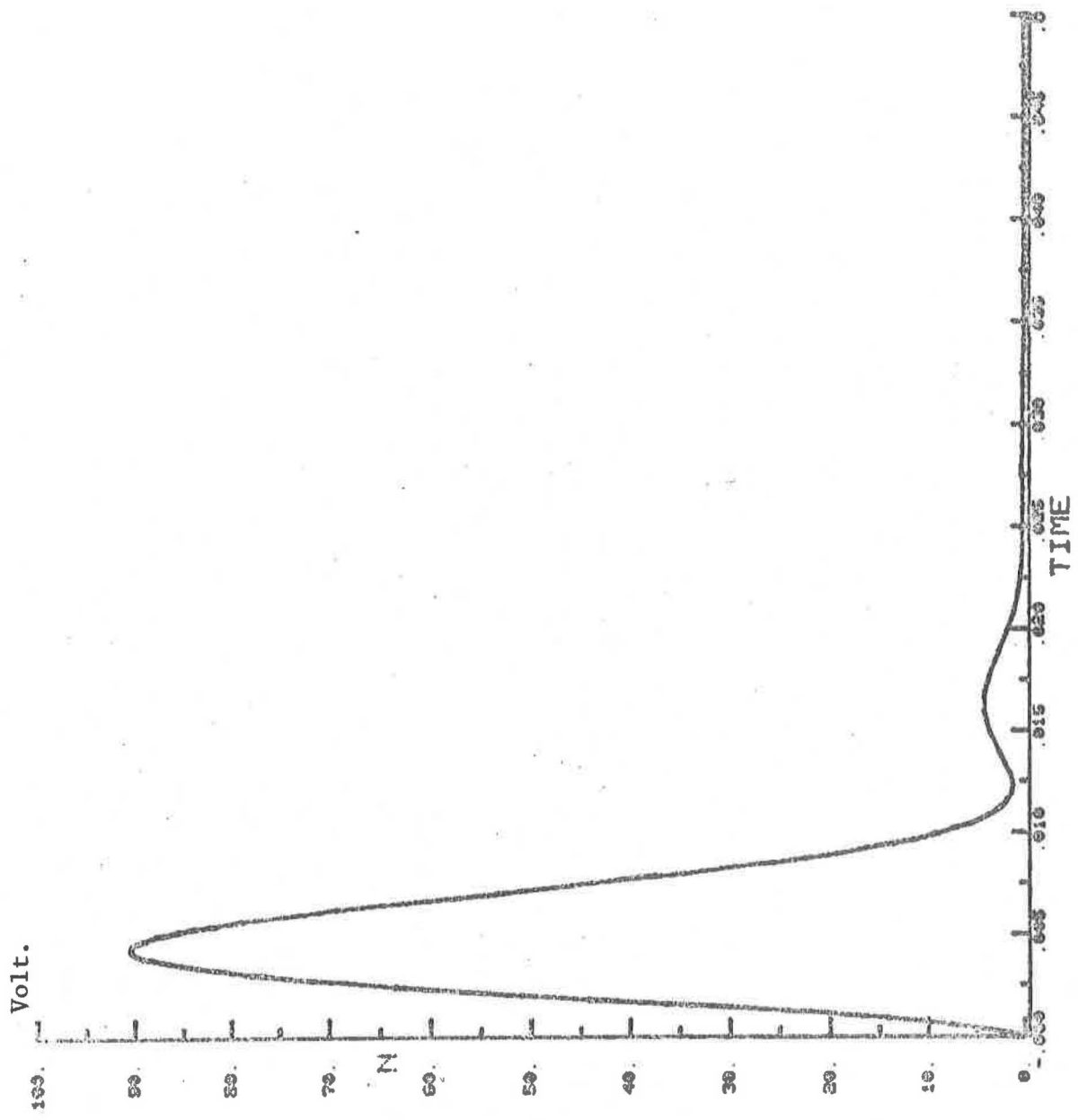




GRAPH OF NU 1 AGAINST TIME

75 0.05
PLC: PHASE 0

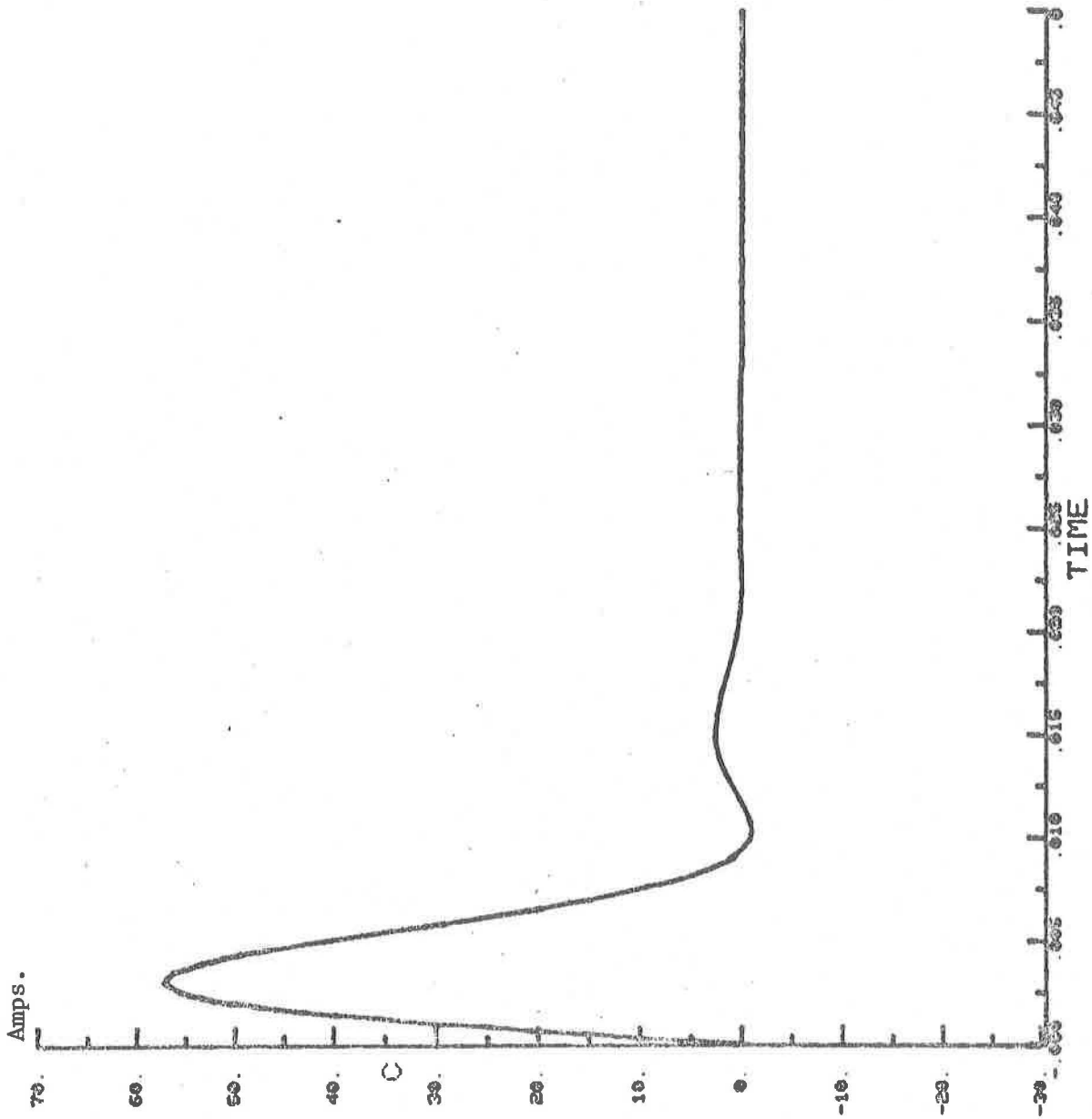
U 1



GRAPH OF NV 2 AGAINST TIME

1
 11
 K

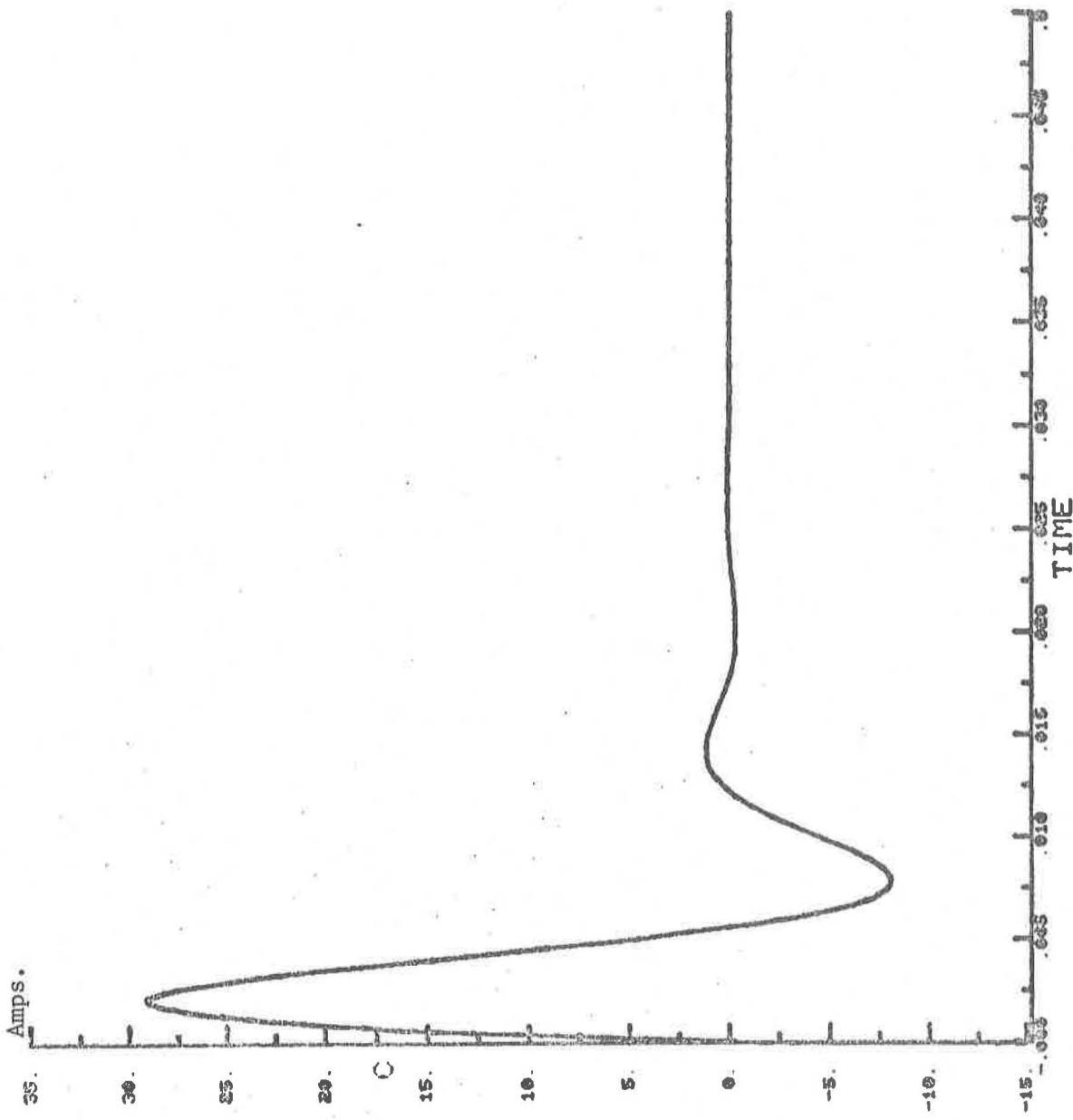
V O



GRAPH OF CA 1 AGAINST TIME

3
1000
1000

1



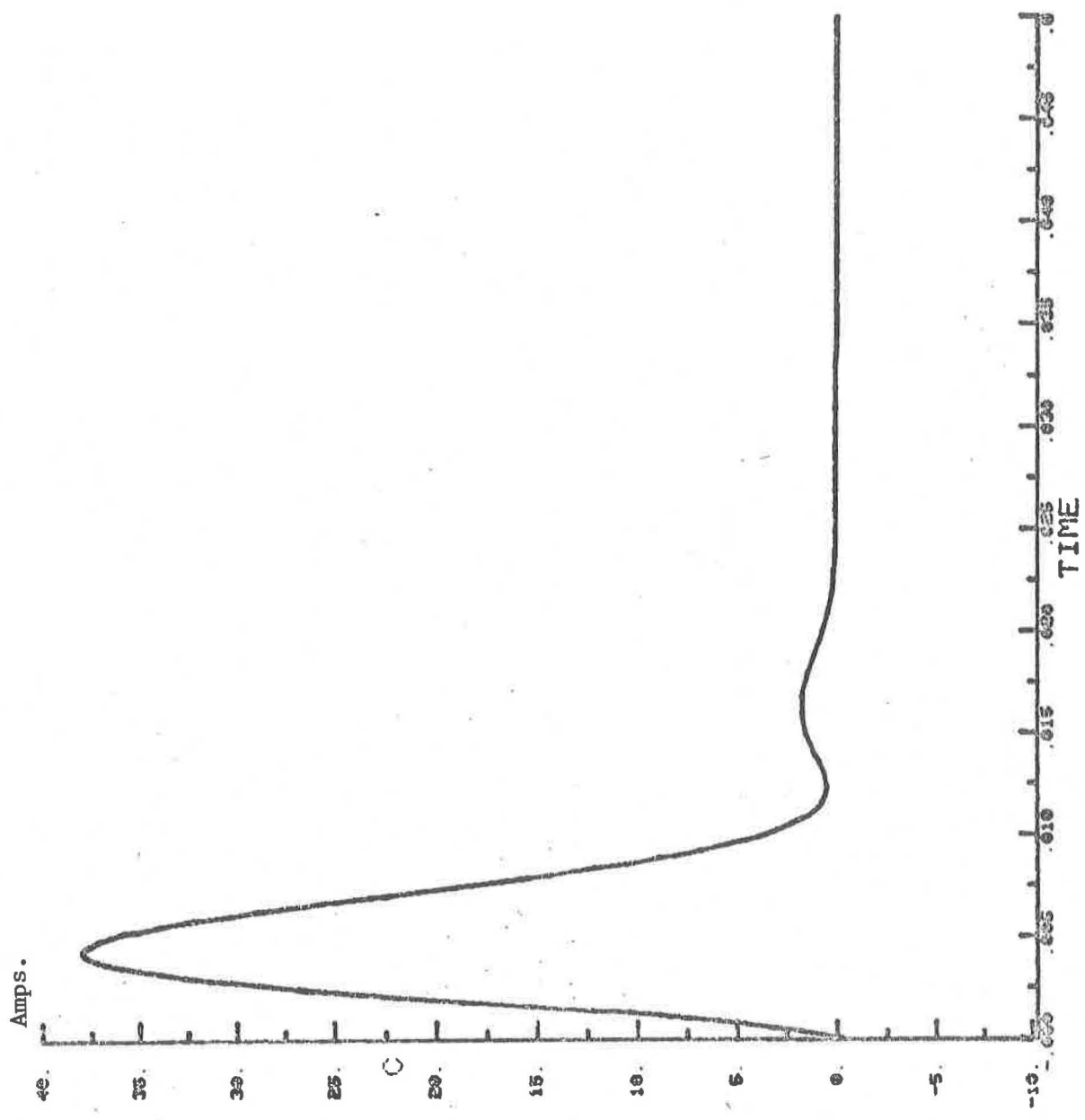
GRAPH OF CA 2 AGAINST TIME

19.01.1.1
POST PAID 3

12 2

10 770
PLU 7 7000 4
25-0100 2 CURSES
20 000 "

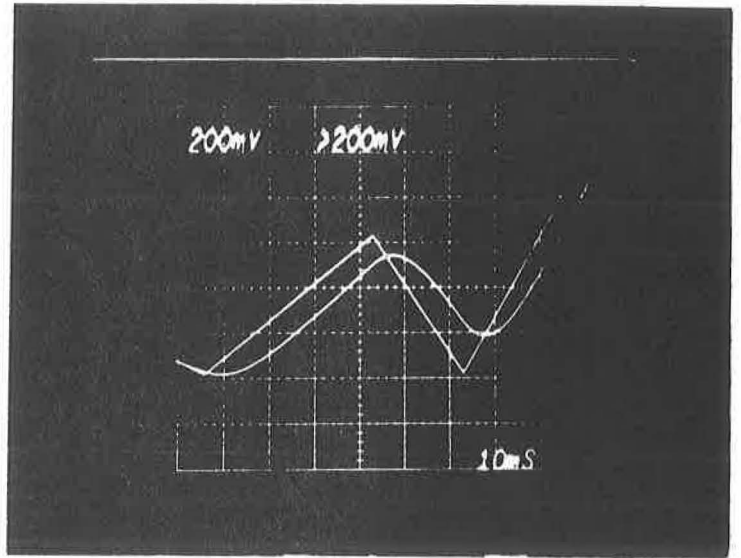
1 3



GRAPH OF CA 3 AGAINST TIME

Ancien filtre

Ref.
current



Nouveau filtre

Ref.
current

