

# DISPOSITIF DE MESURE D'UN DEPLACEMENT

**PRESENTATION :**

On étudie un système électronique permettant de mesurer un petit déplacement rectiligne d'un objet.

Les applications sont nombreuses : mesure de cotes, de déformations, de vibrations, etc....

**PRINCIPE :**

On utilise la modification de l'amplitude et de la phase d'un signal sinusoïdal de fréquence constante, provoquée par le déplacement du noyau ferromagnétique d'un capteur inductif.

Le système est conforme au synoptique de la figure 1, page 1/9. (Toutes les parties ne seront pas étudiées).

Tous les amplificateurs opérationnels sont idéaux et alimentés sous  $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$

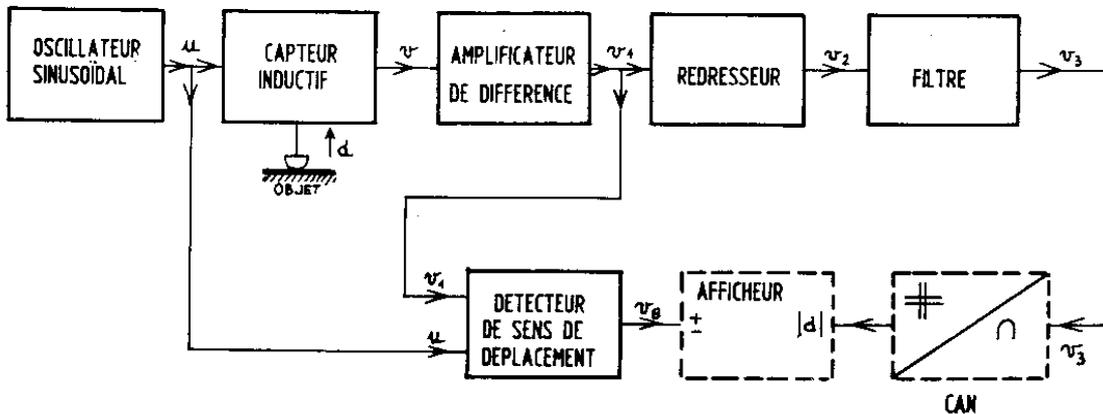


Figure 1 : **SYNOPTIQUE**

*Toutes les parties sont indépendantes sauf la synthèse.*

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE : Série : F2 ELECTRONIQUE		Session 1994	SP 202
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUEE	Durée : 4 h	Page : 1/9	SUJET
	Coef : 4		

## I - ETUDE DE L'OSCILLATEUR SINUSOIDAL :

Il est constitué d'un système à réaction représenté à la figure 2, page 7/9.

I-1) Système en boucle ouverte : I est ouvert.

On applique une tension sinusoïdale  $u_e$  de pulsation  $\omega$ .

Chaîne directe :

Exprimer l'amplification complexe en tension :  $\underline{H} = \frac{\underline{U}'}{\underline{U}_e}$  en fonction de  $R_1$  et  $R_2$ .

Chaîne de réaction :

On montre que la fonction de transfert complexe  $\underline{K} = \frac{\underline{U}}{\underline{U}'}$  s'écrit :

$$\underline{K} = \frac{1}{3 + j \left( x - \frac{1}{x} \right)}$$

avec  $x = RC\omega$

I - 2) Système en boucle fermée :

On supprime la source extérieure de tension  $u_e$  et l'interrupteur I est fermé.

I-2 - a) Quelle condition devront remplir  $\underline{H}$  et  $\underline{K}$  pour que le montage oscille sinusoïdalement à la fréquence  $f_E$  ?

Quelles relations devront alors satisfaire  $R, C$  et  $f_E$  d'une part,  $R_1$  et  $R_2$  d'autre part ?

I - 2 - b) Application numérique :  $R_2 = 10\text{k}\Omega$  ;  $R = 1,5 \text{ k}\Omega$

Calculer  $R_1$  et  $C$  pour obtenir une fréquence  $f_E = 3,5 \text{ kHz}$ .

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE : Série : F2 ELECTRONIQUE		Session 1994	SP 202
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUEE	Durée : 4 h	Page : 2/9	SUJET
	Coef : 4		

## II - ETUDE DU CAPTEUR : (fig 3, page 7/9).

Description : On utilise un transformateur particulier supposé parfait :

- \* L'enroulement primaire est alimenté (ou excité) par la tension sinusoïdale  
 $u = \hat{U} \sin 2 \pi f t$  , d'amplitude  $\hat{U}$  constante et de fréquence  $f = f_E = 3,5$  kHz constante.
- \* Les deux enroulements secondaires identiques sont bobinés de façon que  $v_A$  et  $v_B$  soient toujours en phase avec  $u$  . Seule l'amplitude de  $v_A$  et  $v_B$  change en fonction du déplacement du noyau.
- \* L'objet, grâce au palpeur interposé, transmet son déplacement  $d$  au noyau ferromagnétique mobile du transformateur. Il modifie ainsi le couplage magnétique entre les différents enroulements.

La position  $d$  sera considérée comme constante pendant la mesure.

II - 1) Ecrire la relation liant  $v$  à  $v_A$  et  $v_B$  .

II - 2) Amplitude du signal de sortie  $v$  : (notée  $\hat{V}$  ) .

La caractéristique du capteur  $\hat{V} = f(d)$  est donnée à la figure 4-a) page 7/9.

Déterminer graphiquement le coefficient  $k = \frac{\hat{V}}{|d|}$  , préciser son unité.

II - 3) Phase du signal  $v$  :

On rappelle que les tensions  $v_A$  et  $v_B$  sont en phase avec la tension d'entrée  $u$  .

$\varphi$  représente le déphasage de la tension de sortie  $v$  par rapport à la tension d'entrée  $u$  . La caractéristique  $\varphi = g(d)$  est donnée à la figure 4-b, page 7/9.

Justifier les deux valeurs de  $\varphi$  .

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE : Série : F2 ELECTRONIQUE		Session 1994	SP 202
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUEE	Durée : 4 h	Page : 3/9	SUJET
	Coef : 4		

**III - ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR DE DIFFERENCE** : (fig 5, page 8/9) .

Il se compose de deux étages.

Les amplificateurs opérationnels fonctionnent en régime linéaire.

III -1) PREMIER ETAGE :

III - 1 - a) Exprimer l'intensité  $i$  du courant traversant  $R_4$  en fonction de  $v$  et  $R_4$  , puis en fonction de  $v'$ ,  $R_3$  et  $R_4$  .

III - 1 - b) En déduire la relation entre  $v'$  et  $v$  .

III -2) DEUXIEME ETAGE :

Exprimer  $v_1$  en fonction de  $v_C$  et  $v_D$ , en déduire la relation entre  $v_1$  et  $v'$

III - 3) ENSEMBLE COMPLET :

On pose  $v_1 = A_V \cdot v$

\* Expliciter le coefficient d'amplification  $A_V$  .

\* Application numérique :  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$  ; calculer  $R_4$  pour obtenir  $A_V = 5,0$ .

**IV - ETUDE DU REDRESSEUR** : (fig 6, page 8/9).

L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.

$v_1$  est une tension sinusoïdale d'amplitude  $\hat{V}_1$  .

IV -1) On considère une alternance positive de  $v_1$  :

\* Préciser l'état des diodes  $D_1$  et  $D_2$  .

\* Déterminer les expressions de  $v_F$  et  $v_G$  .

IV - 2) On considère une alternance négative de  $v_1$  .

Mêmes questions qu'au IV - 1) .

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE : Série : F2 ELECTRONIQUE		Session 1994	SP 202
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUEE	Durée : 4 h Coef : 4	Page : 4/9	SUJET

IV - 3) L'étage soustracteur élabore la tension  $v_2 = v_G - v_F$  .

IV - 3 - a) Déterminer l'expression de  $v_2$  en fonction de  $v_1$  .

IV - 3 - b) Donner l'allure et la fréquence de  $v_2(t)$  .

IV - 4) Quelle est la fonction réalisée par l'ensemble du montage de la fig 6, page 8/9 ?

**V - ETUDE DU FILTRE** : (fig 7, page 8/9) .

V- 1) Réponse du filtre en régime sinusoïdal :

V-1 - a) Préciser le rôle de l'amplificateur opérationnel.

V-1 - b) Etablir l'expression de la transmittance complexe

$$\underline{I} = \frac{V_3}{V_2} \quad \text{et la mettre sous la forme} \quad \underline{I} = \frac{T_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}$$

Préciser la valeur de  $T_0$  et exprimer  $f_0$  en fonction de  $R'$  et  $C'$  .

V- 1 - c) Que vaut le gain  $G = 20 \log |\underline{I}|$  pour  $f = 0$  ?

Comment évolue  $G$  lorsque  $f \rightarrow \infty$  ?

En déduire le type de filtrage réalisé.

V- 1 - d) Application numérique :

On donne  $R' = 1,2 \text{ k}\Omega$  et  $C' = 1,0 \text{ }\mu\text{F}$

Calculer  $f_0$  .

V- 2) Dans l'application envisagée, le signal  $v_2$  a une fréquence de 7,0 kHz.

On admet que la tension  $v_2$  d'amplitude  $\hat{V}_2$  et de pulsation  $\omega$  est décomposable de la façon suivante :

$$v_2 = V_{2\text{moy}} - \frac{4 \hat{V}_2}{3\pi} \cdot \cos \omega t + \dots$$

Expliquer pourquoi en sortie du filtre on obtient :  $v_3 = V_{2\text{moy}}$  .

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE : Série : F2 ELECTRONIQUE		Session 1994	SP 202
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUEE	Durée : 4 h	Page : 5/9	SUJET
	Coef : 4		

## VI - SYNTHESE DU FONCTIONNEMENT :

### VI -1) Mesure de l'amplitude du déplacement :

VI -1 - a) En utilisant les résultats des parties précédentes, montrer que la tension  $v_3$  est proportionnelle à l'amplitude du déplacement  $d$ , soit  
$$v_3 = K' \cdot |d| .$$

Expliciter la constante  $K'$  en fonction de  $k$  et  $A_V$ , sachant que

$$V_{2\text{moy}} = \frac{2 \hat{V}_1}{\pi} .$$

VI -1 - b) On s'intéresse aux deux déplacements extrêmes  $d = \pm 7,5 \text{ mm}$ .  
Compléter les graphes  $v$ ,  $v_1$  et  $v_3$  des parties a) et b) de la feuille-réponse page 9/9 en précisant les amplitudes des signaux demandés.

### VI - 2) Détection du sens de déplacement : (fig 8, page 8/9) .

Le signal  $v_3$  précédent ne permet pas de déterminer le sens (ou signe) de  $d$ .  
On utilise alors les valeurs extrêmes du déphasage  $\varphi$  de  $v_1$  par rapport à  $u$  comme information. (Les diodes  $D_3$  et  $D_4$  sont idéales)

L'opérateur logique (ou exclusif) est alimenté sous  $V_{CC} = 15 \text{ V}$ .

VI - 2 - a) Circuit de mise en forme : (1er étage, fig 8, page 7/9).

On s'intéresse au circuit de tension d'entrée  $u$ , l'autre circuit, de tension d'entrée  $v_1$  étant identique.

Pour chaque alternance de  $u$ , déterminer les tensions  $v_4$  et  $v_6$ .

Compléter ensuite les graphes  $v_6$  et  $v_7$  sur les parties a) et b) de la feuille-réponse page 9/9.

VI - 2 - b) Détecteur de phase : (2ème étage, fig 8, page 8/9).

\* Déterminer la tension  $v_8$  pour les deux cas suivants :

\*  $v_1$  et  $u$  en phase.

\*  $v_1$  et  $u$  en opposition de phase.

\* Préciser alors quelle valeur de  $v_8$  déclenchera l'affichage du signe + du déplacement ?

\* Représenter  $v_8$  sur les parties a) et b) de la feuille-réponse page 9/9.

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE : Série : F2 ELECTRONIQUE		Session 1994	SP 202
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUEE	Durée : 4 h	Page : 6/9	SUJET
	Coef : 4		

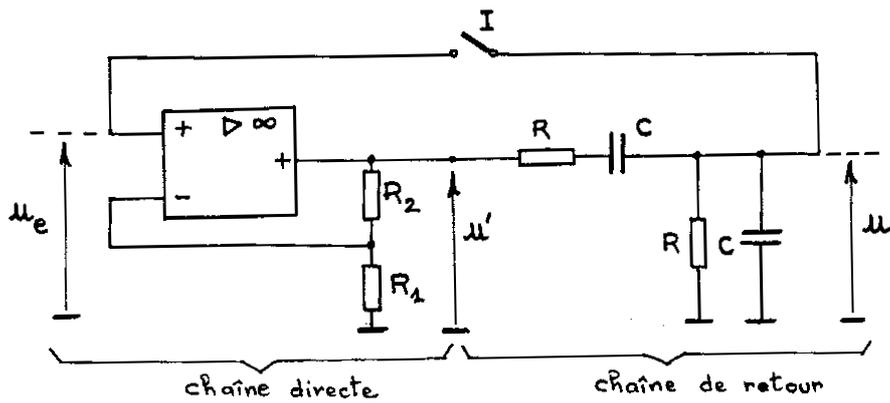


figure 2

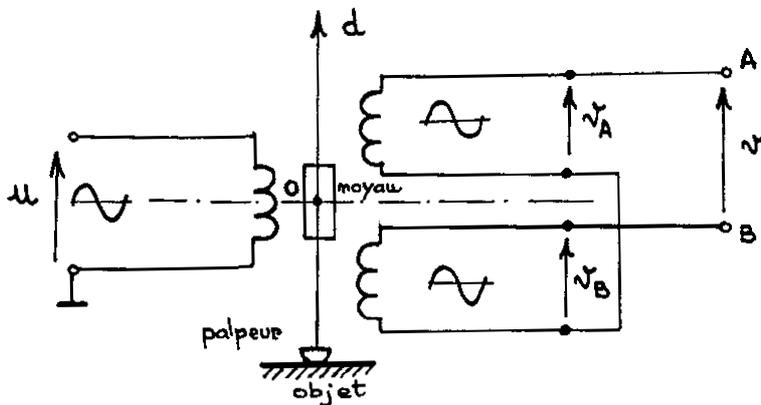


figure 3

$\hat{v}$  : amplitude de  $v$

$\varphi$  : déphasage de  $v$  par rapport à  $u$ .

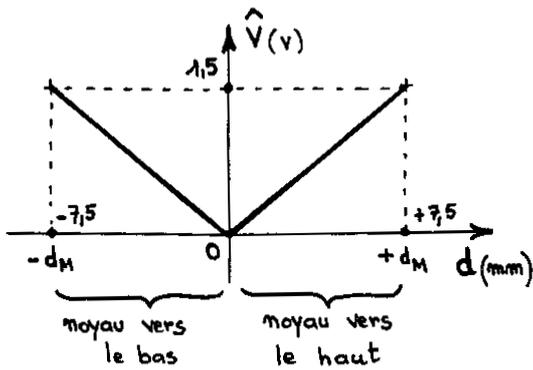


figure 4. a)

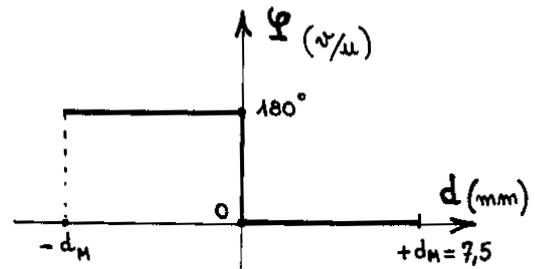


figure 4. b)

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE : Série : F2 ELECTRONIQUE		Session 1994	SP 202
Epreuve : PHYSIQUE APPLIQUEE	Durée : 4 h	Page : 7/9	SUJET
	Coef : 4		

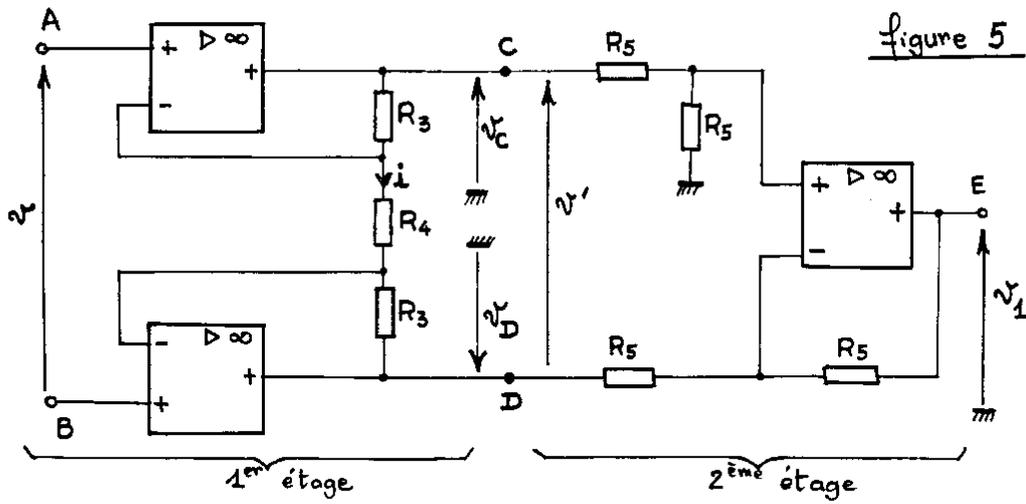


Figure 5

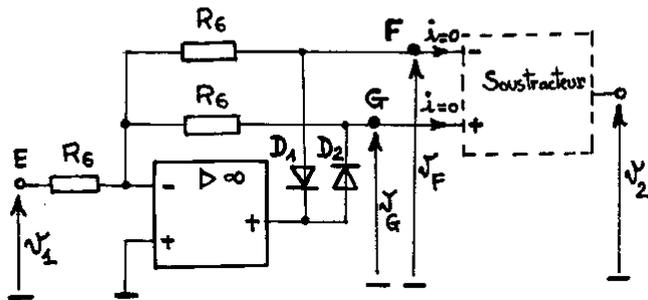


Figure 6

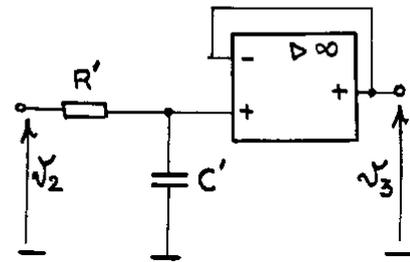


Figure 7

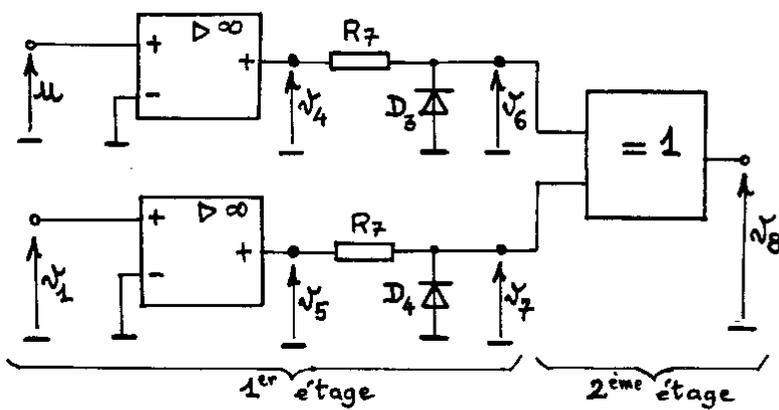
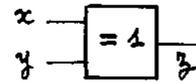


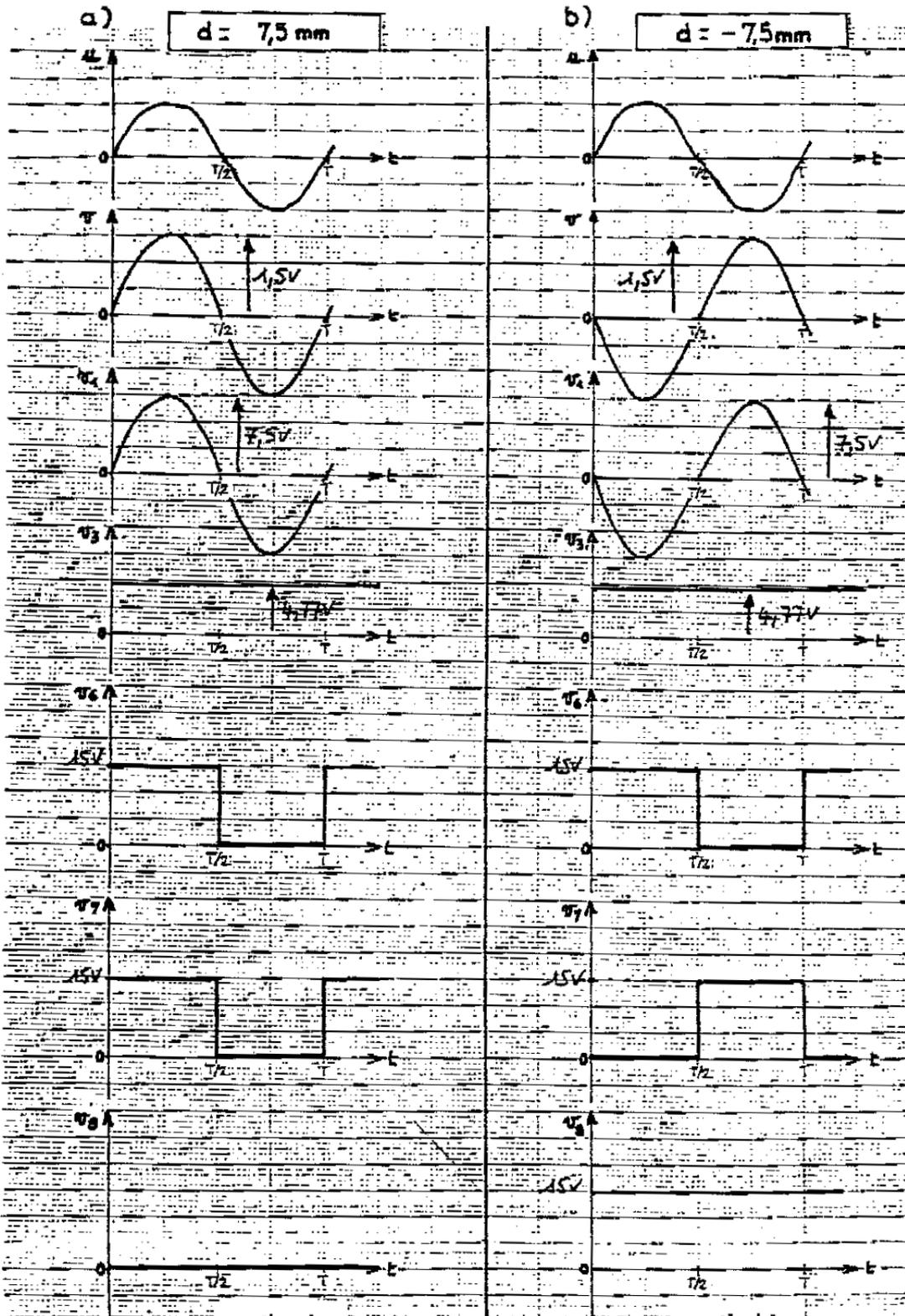
Figure 8



x	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- Table de vérité -

**FEUILLE-REPONSE** (à remettre avec la copie)



- partie a) -

- partie b) -

06







