

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

11/88

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

GESTION D' ENERGIE

PAR UN SYSTEME

MICROPROGRAMME

Proposé par :

M^r M.HADDADI

Etudié par :

M^{rs} Z.Derreche

A.Mezenner

Dirigé par :

M^r M.HADDADI

PROMOTION: Janvier 1988

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT



PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

GESTION D'ENERGIE

PAR UN SYSTEME

MICROPROGRAMME

Proposé par :

M^r M. HADDADI

Etudié par :

M^{rs} A. Mezenner

Z. Derreche

Dirigé par :

M^r M. HADDADI

PROMOTION : Janvier 1988

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

وَالصَّلَاةِ
وَالسَّكِينِ
وَمِنَ الْجَاهِلِينَ
رَبِّ الْعَالَمِينَ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

REMERCIEMENTS



Nous remercions Monsieur M. HADADI pour nous avoir conseillé et suivi tout au long de notre travail
Nous remercions également MADAME HAMAMI de son aide matériel, ainsi que l'ensemble des professeurs de L'ENP auxquels nous devons notre formation.

Dédicaces

Je dédie le modeste travail à :

- * Mon frère aîné ;
- * Toute ma famille ;
- * mes amis(es) ;
- * Tous ceux qui œuvrent pour le progrès,
et le bien être du peuple Algérien.

A.E.B

Je dédie ce travail à :

- * Mon père
- * Ma mère
- * Mes frères et sœurs



- Sommaire -

CHAPITRE I

- Introduction	1
A Caractéristiques d'un generateur photovoltaïque	2
A-1. Caractéristique courant - tension	2
A-2. Caractéristique puissance - tension	3
A-4. Modification des caracteristiques	5
A-3. Point de fonctionnement optimal	3
B Structure des systemes a generateur photovoltaïques	5
B-1. Définition d'un systeme autonome	5
B-1. La structure triangulaire	5
B-2. Structure du systeme étudié	6

CHAPITRE II

- Transfert optimal de l'energie

A Elements d'interconnexion	8
A-1. Le convertisseur continu - continu	8
A-2. Modulateurs associés aux etages de puissance	17
A-2.1. Modulateur PWM Auto - oscillant	18
A-2.2. Modulateur PWM numerique	20
A-3. Régulations	20
A-3-1. Regulation en boucle locale	21
A-3-2. Regulation en boucle globale	22
B Recherche du point de fonctionnement optimal	23
B-1. MPPT (Maximum Power Point Tracking)	23
B-2. Methode de modulation - Detection synchrone	24
B-3. Methode a derivation de puissance et commande analogique	26
B-4. Methode à derivation de puissance a commande numerique	28
B-5. Algorithme de recherche du MPP	29

A - Objet de l'étude	34
B - Etude de la carte principale	36
B.1. Schema synoptique	36
B.2. Organisation de la zone memoire	38
B.3. Circuit de decodage d'adresse	39
B.4. Organisation interne du Compteur programmable	40
C - Circuit d'acquisition	46
C.1. Le convertisseur analogique - numerique	46
C.2. Le multiplexage des grandeurs analogiques	48
C.3. Les capteurs de tension et courant	49
D - Circuit d'affichage.	50

CHAPITRE IV

1 - INTRODUCTION : LOGICIEL	54
2 - Traitement des interruptions	54
* <u> </u> IRQ	
* <u> </u> NMI	
3 - Moniteur du systeme	56
4. Organigramme d'acquisition	60
5. Organigramme d'affichage	61
6. Organigramme pour l'ordre de priorité	62
7. Organigramme de décodage de l'ordre de priorité	64
8. Organigramme de Gestion	
9 - Organigramme du MPPT	66
V - Conclusion	67
- Annexe	

L'énergie solaire serait une énergie nouvelle, qui pourra prendre un jour une place très importante parmi les sources d'énergie exploitable par l'homme. Vu le rendement relativement faible des cellules et leur coût élevé, on doit minimiser les pertes de conversion du mieux que l'on peut, et ceci grâce à une gestion d'énergie qui s'avère indispensable.

L'évolution des techniques mettant en oeuvre des circuits de logique programmée a orienté notre choix vers un organe de commande central, développé autour d'un microprocesseur. L'élaboration des signaux de commande, leur nature et leur action ont dû être repensées puisque, initialement, des dispositifs analogiques où la logique cablée étaient utilisés pour ces réalisations.

- Introduction



A - Caractéristiques d'un générateur photovoltaïque

A-1 . Caractéristique courant - tension

A-2 . Caractéristique puissance - tension

A-3 . Modification des caractéristiques

A-4 . Point de fonctionnement optimal

B - Structure des systèmes à générateurs photovoltaïques

B-1. - Définition d'un système autonome

B-2. - La structure triangulaire

B-3. - Structure du système étudié

A - GENERATEURS PHOTOVOLTAIQUES - Caractéristiques -

* Définition et constitution

Les générateurs photovoltaïques sont réalisés par l'association de plusieurs modules, On désigne sous le nom de "module" une association de photopiles disposées sur une surface plane et connectées en série pour obtenir une tension normalisée sur les bornes.

Pour augmenter la puissance disponible, il est nécessaire d'associer en série et en parallèle des cellules élémentaires, Une association en série permettra une tension de fonctionnement plus élevée au niveau de la charge, Un groupement en parallèle conduira à des courants plus élevés.

Une association de cellules en série, en parallèle ou en série- parallèle, permet d'obtenir la puissance : $P_t = nP_c$ où P_t est la puissance totale, P_c est la puissance d'une cellule et n le nombre de cellules.

Schema equivalent d'un générateur photovoltaïque.

Un générateur photovoltaïque peut être représenté par le schéma de la figure .1- :

Une source de courant shuntée par une diode.

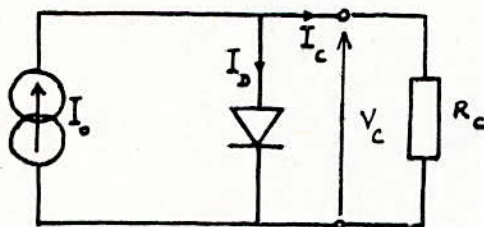


fig-1-

La source de courant fournit un courant I_0 proportionnel à l'éclairement E et égal à :

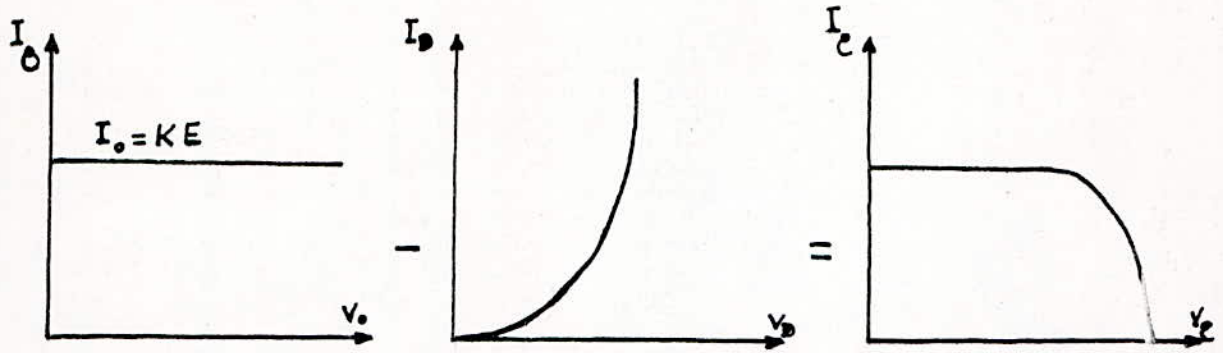
$$I_0 = I_D + I_c \quad \text{d'où} \quad : \quad I_c = I_0 - I_D$$

A-1. Caractéristique courant - tension

La caractéristique courant - tension d'un générateur photovoltaïque résulte

de la superposition de deux caractéristiques.

- Celle d'un generateur de courant constant (pour un eclairement constant).
- Celle d'une diode.



Le courant direct de la diode varie en fonction de la temperature selon la

$$\text{formule : } I_D = I_S \exp\left(\frac{qV}{KT} - 1\right)$$

Le premier quadrant (V_c, I_c) positif correspond au cas ou la cellule peut fournir de l'energie. Les caractéristiques "utile" d'une cellule sont

representées en fig.2. dans le plan (I_0, V_0) fig 2-a. et dans le plan (P, V_0)

fig 2. b -

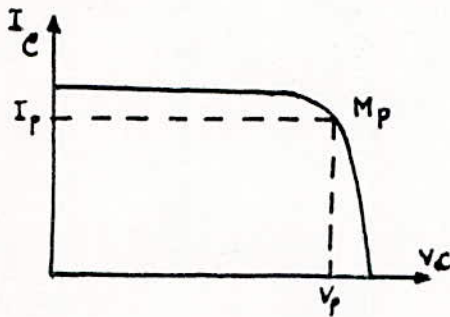


fig 2. a -

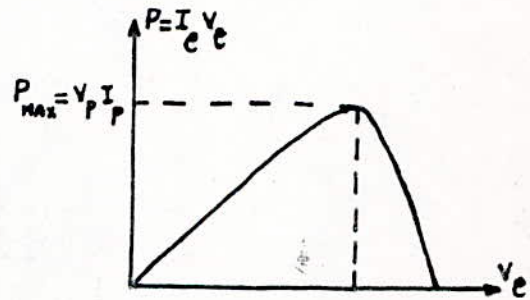


fig 2. b -

A.2. Caractéristique puissance - tension

La tension delivrée par le generateur photovoltaïque est egale à : $V_c = R_c I_c$

D'autre part la puissance électrique delivrée par le CPV est egale à :

$$P = V_c \times I_c$$

La caractéristique $P = f(V)$ est representée en fig 2. b.

A.3. Point de fonctionnement optimal

La puissance électrique delivrée par la cellule fig 2. b est maximale pour un

point de fonctionnement M_p situé dans le coude de la caractéristique courant - tension.

La position de ce point dépend de l'éclairement et de la température, Ses coordonnées sont définies par :

- Une tension V_p fonction de la température et dépendant très peu de l'éclairement.
- Un courant I_p fonction de l'éclairement et dépendant très peu de la température.

A.4 . Modification des caracteristiques

On a vu precedement que le courant direct de la diode varie en fonction de la temperature selon la formule : $I_D = I_S \exp \left(\frac{qV}{KT} - 1 \right)$

donc pour une charge et un eclairement invariables, la tension V_c varie en fonction de la temperature.

$$V_c = R_c I_c \approx R_c (I_o - I_D) = R_c \left\{ I_o - I_S \left(\frac{qV}{KT} - 1 \right) \right\}$$

Donc les caracteristiques du GPV dependent essentiellement de deux parametres :

l'eclairement et la temperature fig.3.

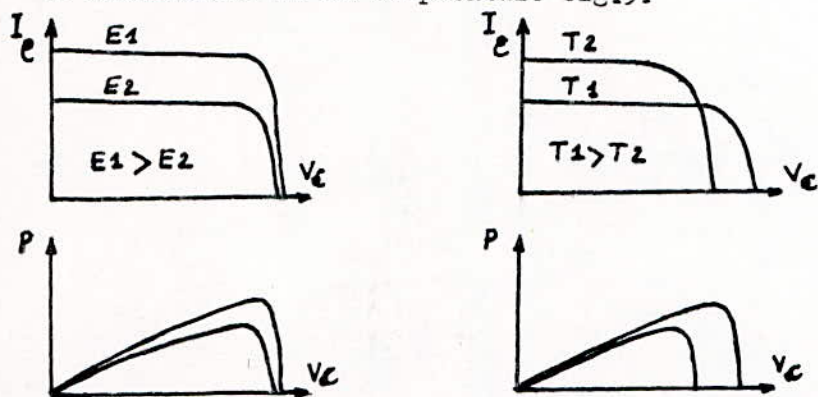


fig 3.a

fig 3.b

3.a : en fonction de l'eclairement.

3b : en fonction de la temperature.

B - Structure des systemes a generateur photovoltaiques

B-1 . Systeme autonome a structure triangulaire.

On definit un systeme autonome comme l'association de generateurs et de recepteurs, avec ou sans elements de stockage, qui fonctionne sans echange d'energie avec le milieu exterieur.

L'orsque l'energie electrique produite par le ou les generateurs n'est pas directement utilisees dans le recepteur, ou d'une facon generale, quand les puissances instantanees du generateur et du recepteur ne sont pas identiques, il est necessaire de disposer d'un elemnt de stockage. L'association generateur-recepteur - element de stockage peut alors se faire suivant une structure dite "triangulaire". (fig. 4) .

Il est, dans ce cas, nécessaire de disposer d'un organe de gestion dont le rôle est de commander les transferts d'énergie réalisés par les différentes interconnexions entre les éléments du système (représentées par des interrupteurs) de façon à assurer une utilisation optimale de la puissance disponible à chaque instant.

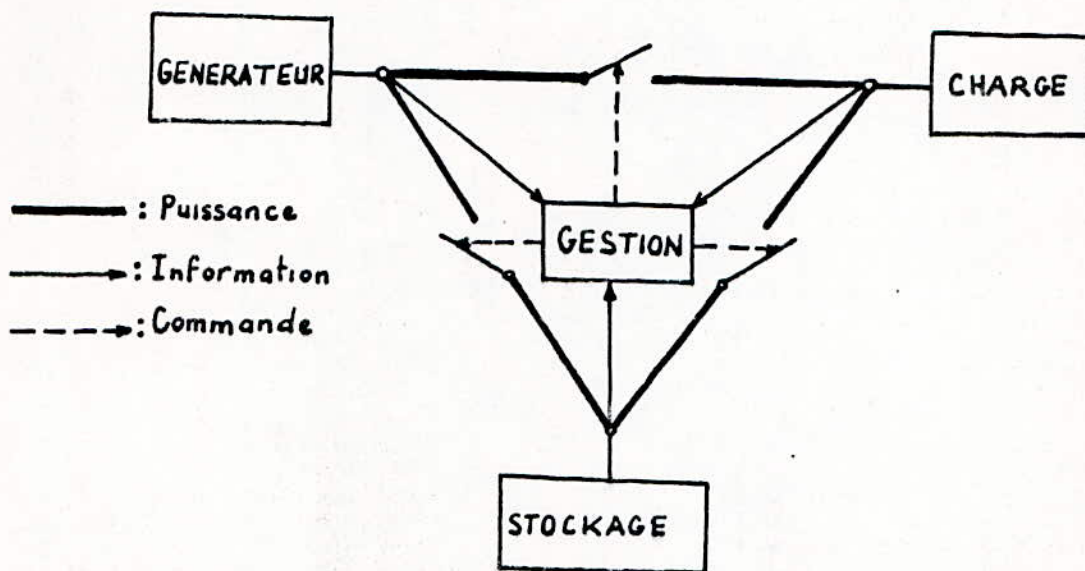
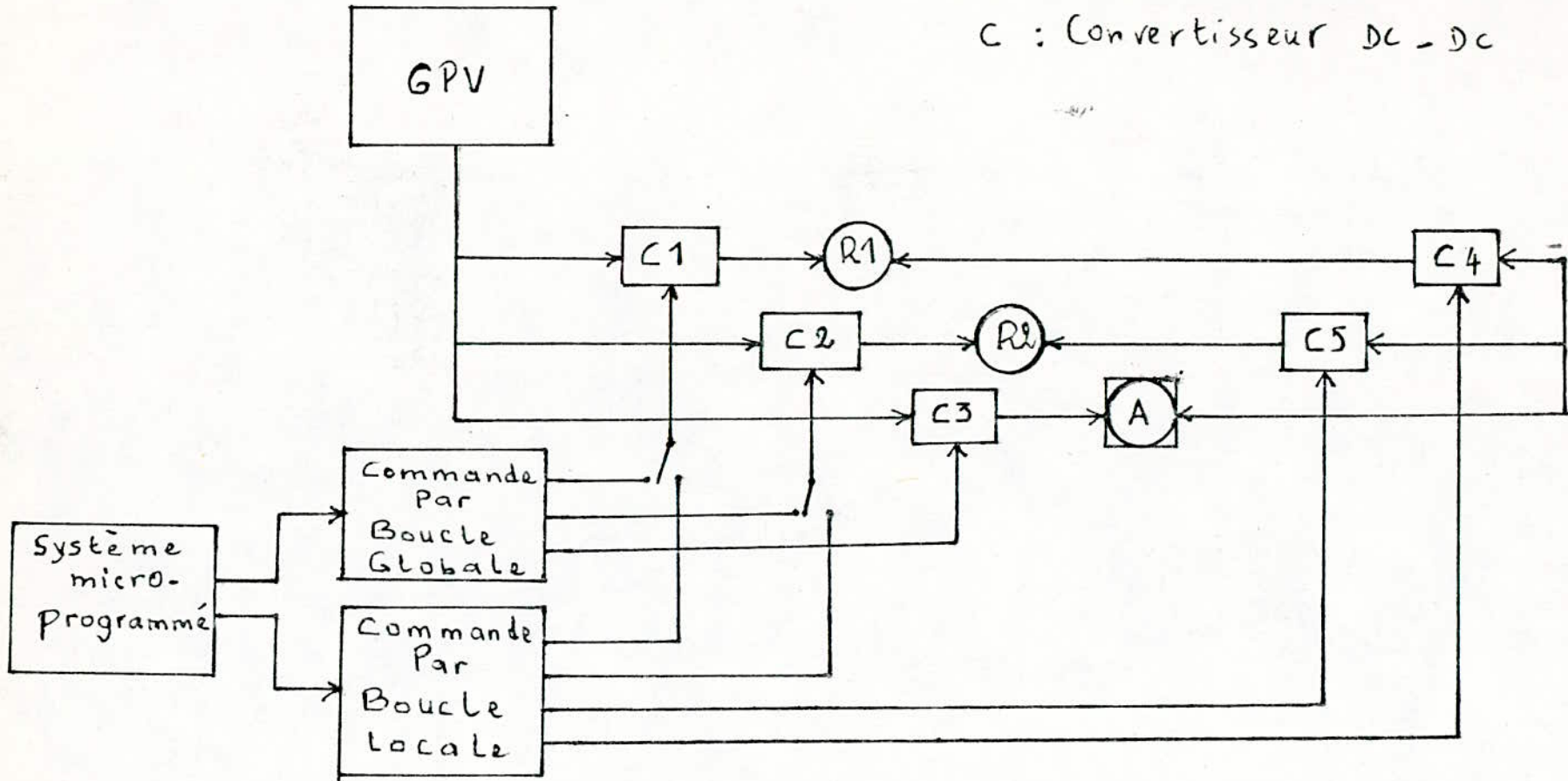


fig.4- Systeme autonome à structure triangulaire.

GPV : Générateur PhotoVoltaïque
R : Récepteur
A : Accumulateur
C : Convertisseur DC-DC



B.2. Structure Du système Etudié

, CHAPITRE II

-- A -- ELEMENTS D'INTERCONNEXION

- a - 1 Le convertisseur continu - continu
- a - 2 Modulateur associes aux etages de puissance
- a - 2 - 1 Modulateur P W M auto - oscillant
- a - 2 - 2 Modulateur P W M numerique
- a - 3 Regulation
- a - 3 - 1 Regulation en boucle locale
- a - 3 - 2 Regulation en boucle global

-- B -- RECHERCHE DU POINT DE FONCTION OPTIMAL M P P T
(Maximum power point tracking)

- b - 1 MPPT
- b - 2 Methode de modulation - Detection synchrone
- b - 3 Methode a derivation de puissance et commande analogique
- b - 4 Methode a derivation de puissance a commande numerique
- b - 5 Algorithme de recherche du M P P (Maximum power point)

Le rôle de ces éléments est de transférer ^{l'énergie} électrique
soit du générateur photovoltaïque vers le récepteur
ou vers la batterie, Dans le cas où la puissance
disponible au générateur est suffisante, soit dans
le cas contraire, de la batterie vers le récepteur.

- a - 1 - Le convertisseur continu - continu

L'utilisation d'un convertisseur entre le générateur
G P V et la charge s'impose, en raison du double rôle
qu'il joue ; il permet :

- D'assurer le transfert optimal de l'énergie du générateur
vers la charge (qui ne lui est pas adaptée) ainsi dans le
cas d'une charge résistive fig 5 le point de fonction-
nement M (fig 6) est l'intersection entre $I_e = F(V_e)$
du G P V et la droite $I_e = \frac{1}{R_{ch}} V_e$ de R ch

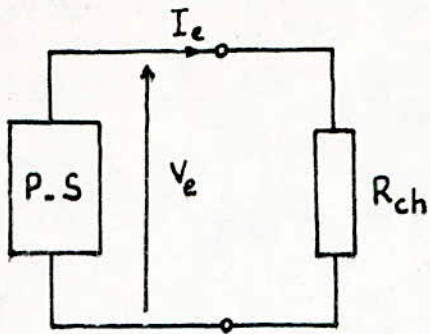


Fig 5

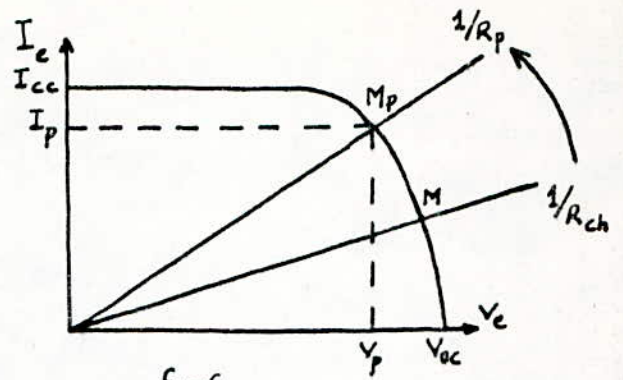


Fig 6

Le générateur ne fournit une énergie maximale que si le point de fonctionnement est constamment en M_p , or ce point dépend de deux paramètres variables ; l'éclairage et la température, le fonctionnement optimal ne peut être obtenu qu'en adaptant en permanence la charge vue par le G P V à la position du point M_p , ainsi le convertisseur est commandé de façon à réaliser toujours l'adaptation d'impédance. bien entendu ceci n'est possible qu'à partir d'un certain seuil minimal d'éclairage

- Il réalise aussi la mise en forme d'une grandeur de sortie

Notre application nécessite un convertisseur CC - CC abaisseur de tension ou "BUCK CONVERTER".

en appelant r le rapport cyclique du signal de commande les propriétés de transformation de ce convertisseur sont :

$$V_s = f(I_s)$$

$$V_s = r V_e$$

$$r = \frac{TON}{T}$$

Si le convertisseur est bien dimensionné, les pertes dues aux transferts sont négligeables, on peut écrire alors :

$$V_s I_s = V_e I_e \quad \text{et} \quad V_s = r V_e$$

$$\text{on déduit} \quad : \quad I_s = \frac{I_e}{r}$$

$$\text{le générateur voit une charge} \quad : \quad R_e = \frac{V_e}{I_e} = \frac{1}{r^2} \frac{V_s}{I_s}$$

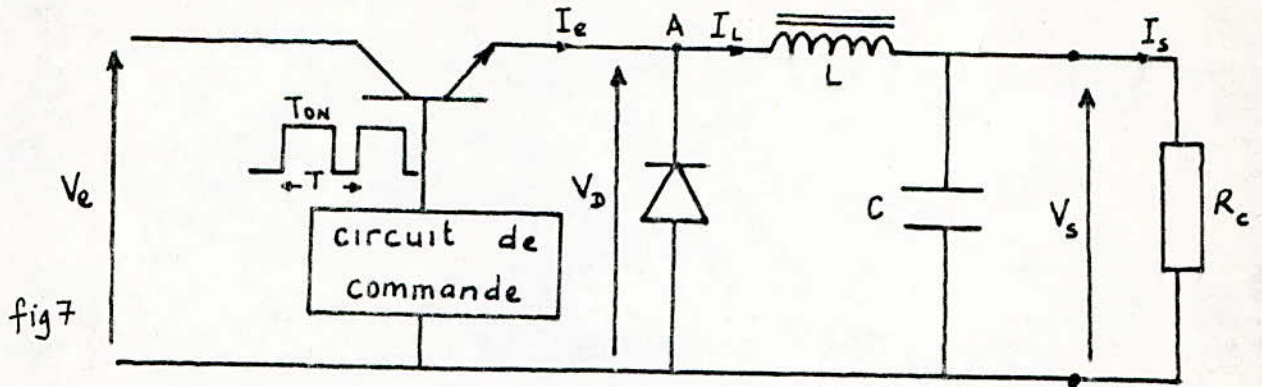
$$\text{pour une charge résistive} \quad : \quad V_s = R_s I_s$$

$$\text{soit} \quad : \quad R_e = \frac{R_s}{r^2}$$

la commande de r , permet d'agir sur la charge vue par le générateur,

le convertisseur possède bien les propriétés d'un adaptateur d'impédance.

Le schema simplifier du regulateur à deconpage est representé par la fig 7



Si nous supposons que l'inductance L a une resistance negligeeant la tension de saturation lorsque le transistor conduit, une tension $V_e - V_s$ est

appliquée aux bornes de cette inductance le courant croit de façon line-

$$\text{aire : } I_L = \frac{V_e - V_s}{L} T + I_{\min} ; 0 \leq t \leq t_{\text{on}} \quad (1;1)$$

quand T est bloqué , le potentiel du point A (qui etait égal à V_e quand T conduisait) chute à zéro , la bobine s'oppose a toute variation

brusque du courant , la tension a ses bornes est alors $-V_s$, l'energie stockée pendant t_{on} est deversée dans le reseau de sortie, jouant le rôle

de filtre, constitué par un condensateur en parallèle

sur la charge ; le courant décroît selon la loi

$$I_L = I_{\max} - \frac{V_S}{L} (t - T_{\text{on}}) \quad T_{\text{on}} \leq t \leq T \quad (1 ; 2)$$

selon que le courant de sortie I_S est important ou non, il peut se produire deux possibilités :

Conduction continue

la self n'est pas totalement déchargée, lorsque le transistor entre à nouveau en conduction les expressions de I_L (1.1) et (1.2) restent valable

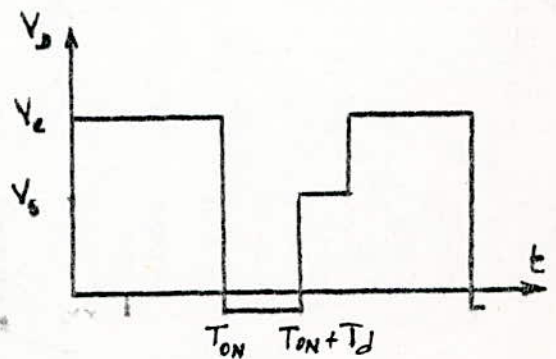
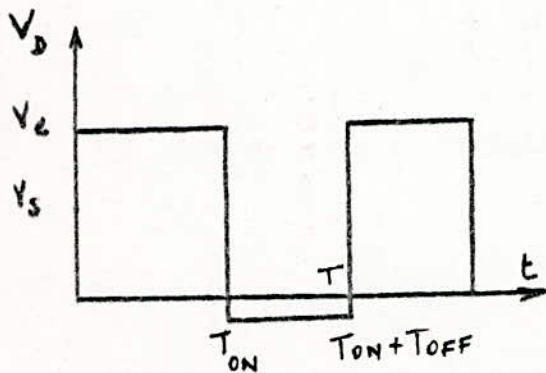
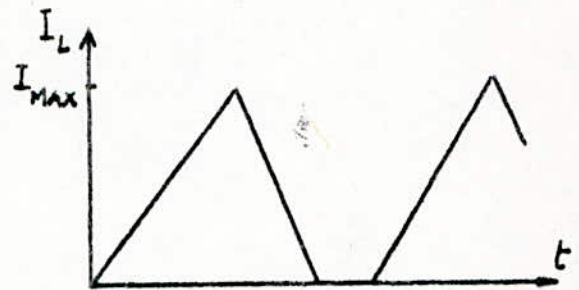
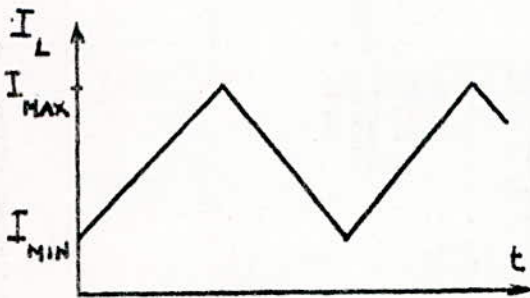
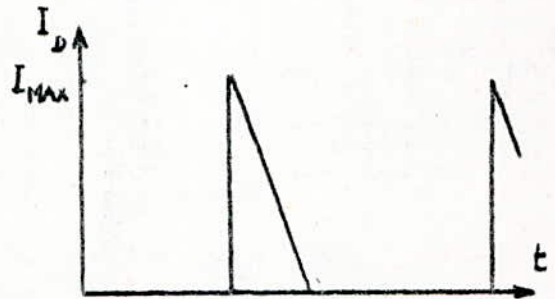
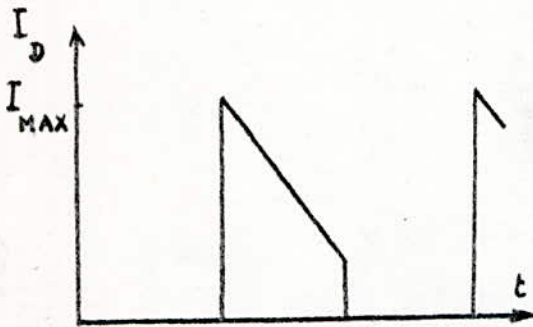
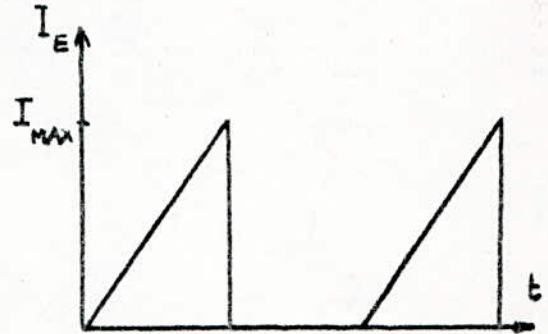
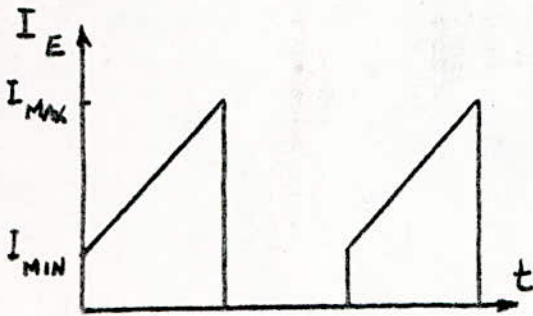
Conduction discontinue :

la self se charge entièrement avant que le transistor entre à nouveau en conduction, les expressions (1.1) et (1.2) deviennent alors :

$$I_L = \begin{cases} \frac{V_e - V_S}{L} t & , \quad 0 \leq t \leq T_{\text{on}} \\ I_{\max} - \frac{V_S}{L} (t - T_{\text{on}}) & ; \quad T_{\text{on}} \leq t \leq T_{\text{on}} + T_d \end{cases}$$

MODE CONTINUE .

MODE DISCONTINUE .



formes d'ondes dans un convertisseur buck

Valeur moyenne du courant I_s de sortie

En conduction continue on a :

$$I_{\max} = \frac{V_e - V_s}{L} T_{\text{on}} + I_{\min} = \frac{V_s}{L} T_{\text{off}} + I_{\min}$$

$$\text{en deduit : } \frac{V_e - V_s}{L} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{T_{\text{on}}} = \frac{\Delta I}{T_{\text{on}}}$$

$$\text{et } \frac{V_s}{L} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{T_{\text{off}}} = \frac{\Delta I}{T_{\text{off}}}$$

$$I_s = I_{l \text{ moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T I_l(t) dt$$

$$= \frac{1}{T} \left[\int_0^{T_{\text{on}}} \left(\frac{V_e - V_s}{L} t + I_{\min} \right) dt + \int_{T_{\text{on}}}^T \left(I_{\max} - \frac{V_s}{L} (t - T_{\text{on}}) \right) dt \right]$$

$$\text{soit } I_s = \frac{1}{T} \left[\frac{\Delta I}{2 T_{\text{ON}}} \frac{T_{\text{on}}^2}{2} + I_{\min} \cdot T_{\text{on}} + I_{\max} \cdot T_{\text{off}} - \frac{\Delta I}{T_{\text{off}}} \frac{T_{\text{off}}^2}{2} \right]$$

$$= \frac{1}{T} \left[I_{\max} \frac{T_{\text{on}}}{2} - I_{\min} \frac{T_{\text{on}}}{2} + I_{\min} T_{\text{on}} + I_{\max} T_{\text{off}} - \frac{I_{\max}}{2} T_{\text{off}} + \frac{I_{\min} T_{\text{off}}}{2} \right]$$

$$= \frac{1}{T} \left[\frac{I_{\max}}{2} (T_{\text{on}} + 2T_{\text{off}} - T_{\text{off}}) + \frac{I_{\min}}{2} (2T_{\text{on}} - T_{\text{on}} + T_{\text{off}}) \right]$$

$$I_s = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2}$$

RAPPORT DE TRANSFERT $M = \frac{V_s}{V_e}$

$$V_s = V_d \text{ moy} = \frac{1}{T} \int_0^{T_{\text{on}}} V_e dt = V_e \cdot \frac{T_{\text{on}}}{T} \quad \text{f'où} : M = \frac{V_s}{V_e} = \frac{T_{\text{on}}}{T}$$

de cette expression il ressort que la tension de sortie depend bien du rapport

cyclique $r = \frac{T_{\text{on}}}{T}$

en conduction discontinue on a :

$$I_s = I_l \text{ moy} = \frac{1}{T} \left[\int_0^{T_{\text{on}}} \frac{V_e - V_s}{L} t dt + \int_0^{T_{\text{on}} + T_d} \left(I_m - \frac{V_s}{L} (t - T_{\text{on}}) \right) dt \right]$$

de même le courant maximal dans la self est :

$$I_{\text{max}} = \frac{V_e - V_s}{L} T_{\text{on}} = \frac{V_s}{L} T_d$$

on deduit : $\frac{V_e - V_s}{L} = \frac{I_{\text{max}}}{T_{\text{on}}}$; $\frac{V_s}{L} = \frac{I_{\text{max}}}{T_d}$

$$I_s = \frac{I_m}{2T} (T_{\text{on}} + T_d)$$

de l'expression de I_{max} on tire

$$(V_e - V_s) T_{\text{on}} = V_s T_d \quad \text{soit} : V_e T_{\text{on}} = V_s (T_d + T_{\text{on}})$$

$$\text{d'où} \quad T_{\text{on}} + T_d = \frac{V_e}{V_s} T_{\text{on}}$$

$$\text{d'où l'expression de } I_s : I_s = \frac{I_m}{2} \cdot \frac{V_e}{V_s} \cdot \frac{T_{\text{on}}}{T}$$

Calculons $M = \frac{V_s}{V_e}$

en combinant les expressions de I_s et I_{\max} , on aura :

$$I_s = \frac{(V_e - V_s) \cdot V_s}{2L \cdot V_s} \cdot \frac{T_{\text{on}}}{T}$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{(V_e - V_s)}{2LI_s} \cdot \frac{T_{\text{on}}^2}{T} = V_e \left(1 - \frac{V_s}{V_e}\right) \frac{T_{\text{on}}^2}{2LI_s T}$$

$$\text{soit : } M = V_e \left(1 - M\right) \frac{T_{\text{on}}^2}{2LI_s T} \text{ d'où } M = \frac{1}{1 + \frac{2L T_s T}{V_e T_{\text{on}}^2}}$$

ou bien en faisant apparaitre $r = \frac{T_{\text{on}}}{T}$

$$M = \frac{1}{1 + \frac{2L I_s}{T r^2 V_e}}$$

la condition limite entre les deux modes de fonctionnement est obtenue en faisant
égaliser les deux rapport de M des deux modes et on obtient

$$\frac{2L}{R} \leq 1 - \frac{V_s}{V_e}$$

la condition d'infériorité impose la conduction discontinue et celle de supériorité

impose la conduction continue

naturellement on a choisi le mode continu car la commande est restreinte à l'éla-

boration de T_{on} uniquement, contrairement au mode discontinu où d'autres para-

mètres interviennent, ce qui complique la commande.

Les tensions de sortie des différents types de convertisseurs continu - continu susceptibles d'être utilisés dépendent des temps respectifs de conduction (T_{on}) et de blocage (T_{off}) du transistor interrupteur. L'action de commande devra donc se faire sur ces temps à partir d'un signal de commande généralement issu d'une boucle de contre-réaction.

Il existe de nombreuses manières de réaliser cette modulation .

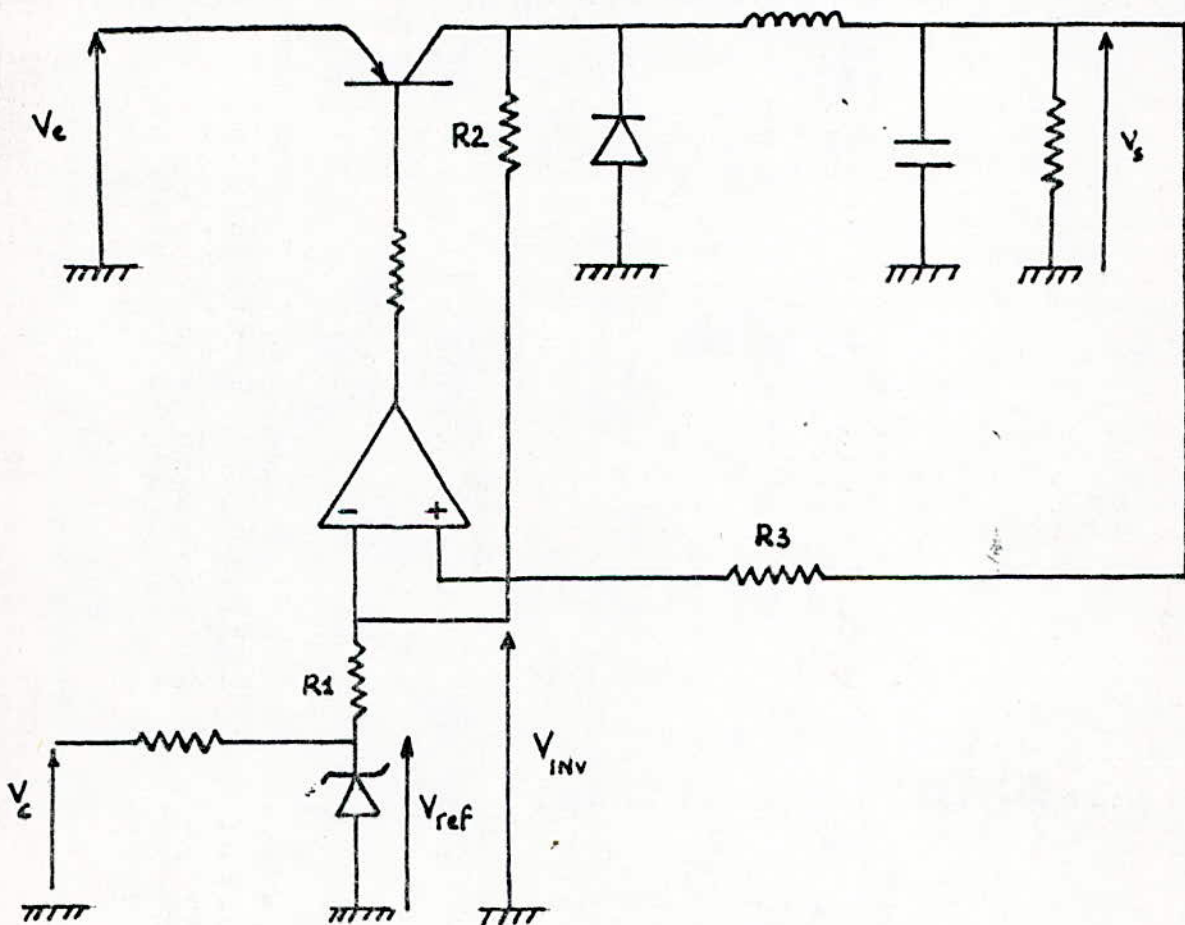
En particulier :

- On peut utiliser un circuit spécifique qui définit les instants de fermeture et d'ouverture du composant interrupteur à partir d'une tension de commande : l'information est alors transmise de façon analogique sous forme de tension entre l'organe de gestion et le modulateur associé au convertisseur dans une boucle de régulation locale.

On peut aussi définir ces instants directement à partir d'une information sous forme numérique. Lorsqu'on en dispose,

L'information est alors transmise sous forme d'un signal à rapport cyclique variable entre le modulateur numérique associé à l'organe de gestion et le convertisseur qui ne dispose pas dans ce cas d'une boucle de régulation locale.

à - 2 & 1 Modulateur P W M auto-ovillant.



Ce modulateur se caractérise par la simplicité de sa mise au point. Il est constitué d'un amplificateur différentiel monté en comparateur dont on supposera le gain infini, du réseau R1, R2, R3 et d'une tension de référence obtenue aux bornes d'une diode zener.

Le blocage ou la saturation du transistor T du circuit de puissance est obtenu par la tension de sortie du comparateur.

La tension sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur est :

$$V_{inv} = \frac{R2 V_{ref} + R1 V_D}{R1 + R2}$$

Si le transistor T est saturé cette tension devient

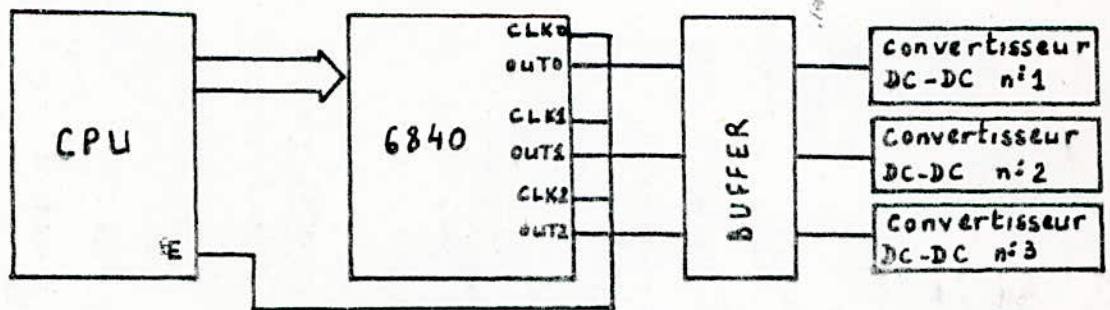
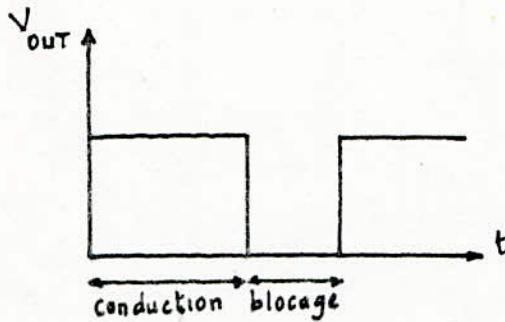
$$V_{inv} = \frac{R2 V_{ref} + R2 E}{R1 + R2}$$

et quand le transistor T_p est bloqué

$$V_{inv} = \frac{R2 V_{ref} - R1 V_{DSAT}}{R1 + R2}$$

A.2.2. Modulateur P W M numerique

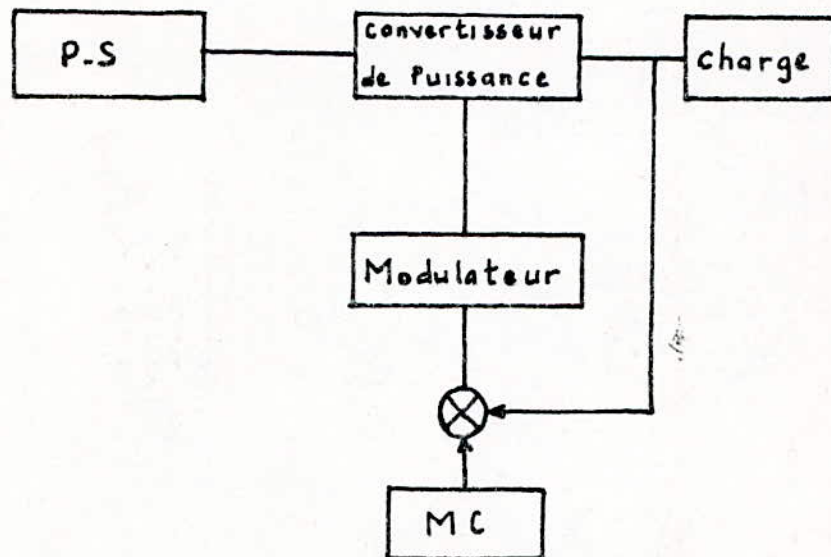
Ce modulateur est plus particulierement destiné a commander un composant interrupteur de type transistor bipolaire a partir d'une information sous forme numerique : un signal rectangulaire de rapport cyclique regulable est transmis a l'electrode de commande du composant. Nous l'avons realise avec trois compteurs integres dans un meme boitier le 6840 et servent a commander les trois convertisseurs continu-continu



A.3. Régulations :

a - 3 - 1 Regulation en boucle locale

Le signal de commande du composant interrupteur de chaque convertisseur peut être élaboré localement par un modulateur de largeur d'impulsion associé à une boucle locale asservissant la grandeur de sortie du convertisseur à la tension de référence qui lui était adressée par le microcalculateur . Nous dirons dans ce cas que l'interface entre le convertisseur et le microcalculateur est réalisé par une commande à boucle locale.

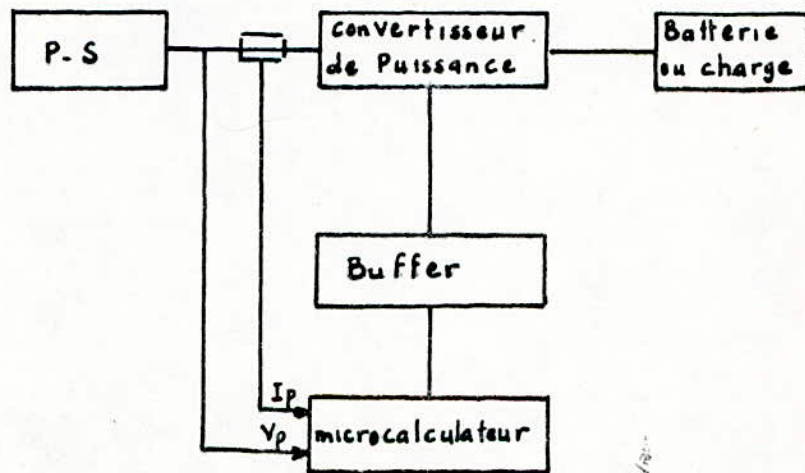


Convertisseur de puissance boucle locale ent tension

a - 3 - 2 Regulation en boucle globale.

Le signal de commande du composant interrupteur est élaboré au niveau du microcalculateur (par un circuit auxiliaire de façon a libérer l'unité centrale : Le compteur programmable).

Dans ce cas le rapport cyclique de ce signal est directement élaboré à partir des données acquises par le microcalculateur est réalisé par une commande à boucle globale.



Convertisseur de puissance boucle globale en courant.

B - Recherche du point de fonctionnement optimal

B.1 MPPT

Compte tenu du rendement assez faible de la conversion énergétique, il est important de pouvoir prélever le maximum d'énergie électrique disponible à chaque instant. Comme la position du point de puissance optimum est variable en fonction de l'ensoleillement, de la température et du vieillissement du générateur solaire, il faut faire une recherche du point de puissance maximal ("Maximum power point Tracking" ou "M P P T"). La connaissance de l'écart par rapport au point optimum nécessite une méthode d'exploration systématique de la caractéristique du générateur. Il existe plusieurs méthodes pour rechercher le point de puissance maximum du panneau solaire.

Les solutions les plus couramment utilisées peuvent se classer de la manière suivante.

b - 2 Methode de modulation - Detection synchrone.

L'exploration de la caractéristique instantanée du générateur photovoltaïque s'effectue en superposant au point de fonctionnement une fluctuation inusoidale de faible amplitude.

Les variations du courant aux bornes de la batterie et du signal modulant, nous renseignent sur la position du point de fonctionnement par rapport au point de puissance maximum.

Le signal d'écart par rapport à l'optimum s'obtient en opérant une demodulation synchrone des variations de courant de batterie par le signal modulant initial, donc de commander la correction en conséquence (fig 8)

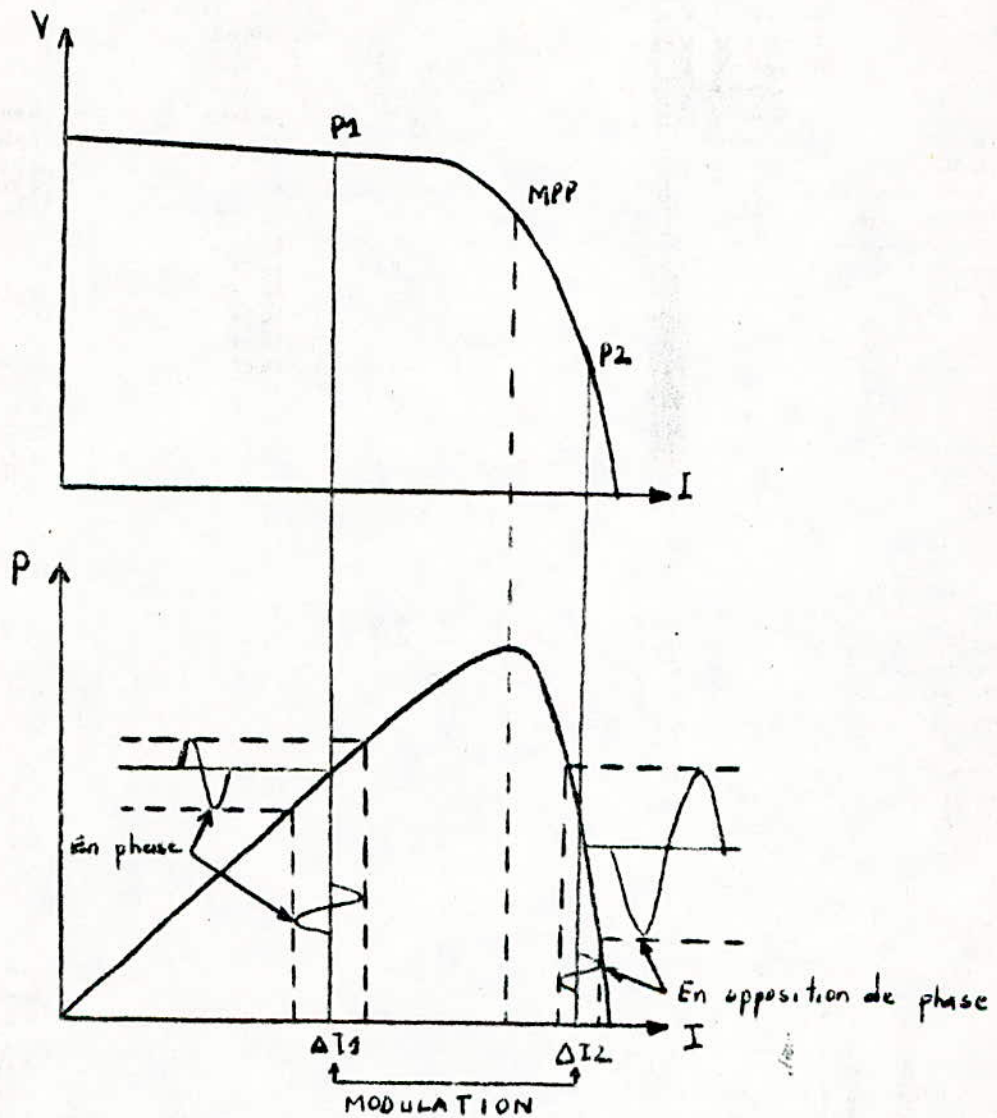


fig 8 : Changement de phase pour deux points de fonctionnement situés de part et d'autre de l'optimum.

B - 3 Methode à derivation de puissance

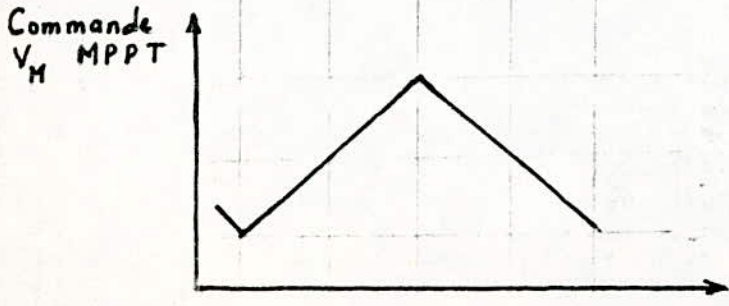
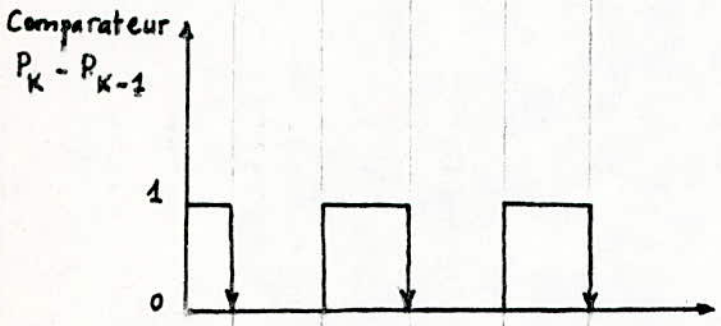
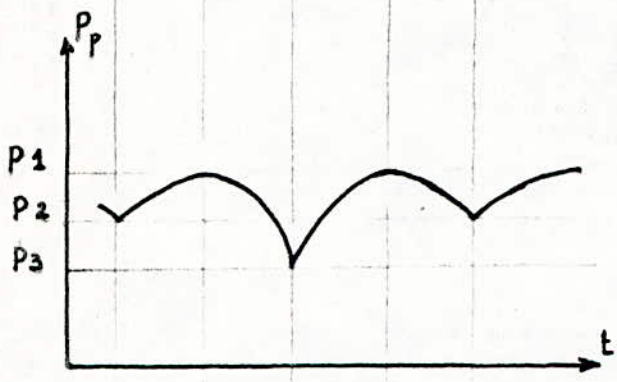
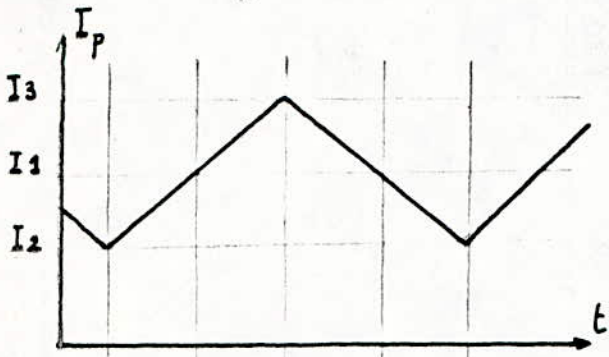
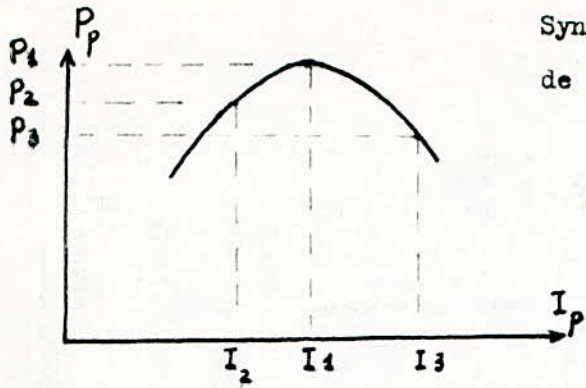
et commande analogique

On introduit dans cette methode un echantillonnage sur la puissance moyenne débitée par le générateur .

A chaque instant d'échantillonnage, on compare la valeur de la puissance fournie par le panneau solaire avec celle calculée à l'instant d'échantillonnage précédent.

Le sens de variation du point de fonctionnement est conservé si cette comparaison fournit un signal logique "1" (puissance en augmentation) dans le cas contraire on inverse le sens de variation du point de fonctionnement (la comparaison donne alors un signal logique "0")

Synoptique du fonctionnement à dérivation
de puissance à commande analogique



B - 3 Methode à derivation de puissance à commande numerique

Comme la precedante cette methode est basée sur le sens de variation de la puissance, mais la grandeur de commande est numerique et non analogique . On remarque que la variation du courant panneau se fait de façon discontinue ceci est dû au fait que la commande des convertisseur est discrète. Dans cette methode on mesure periodiquement le courant et la tension du panneau solaire afin de calculer la nouvelle puissance et ^{la} comparer avec la precedente pour pouvoir decider du sens de variation du courant panneau.

B - 5 Algorithme de recherche du MPP (maximum power point)

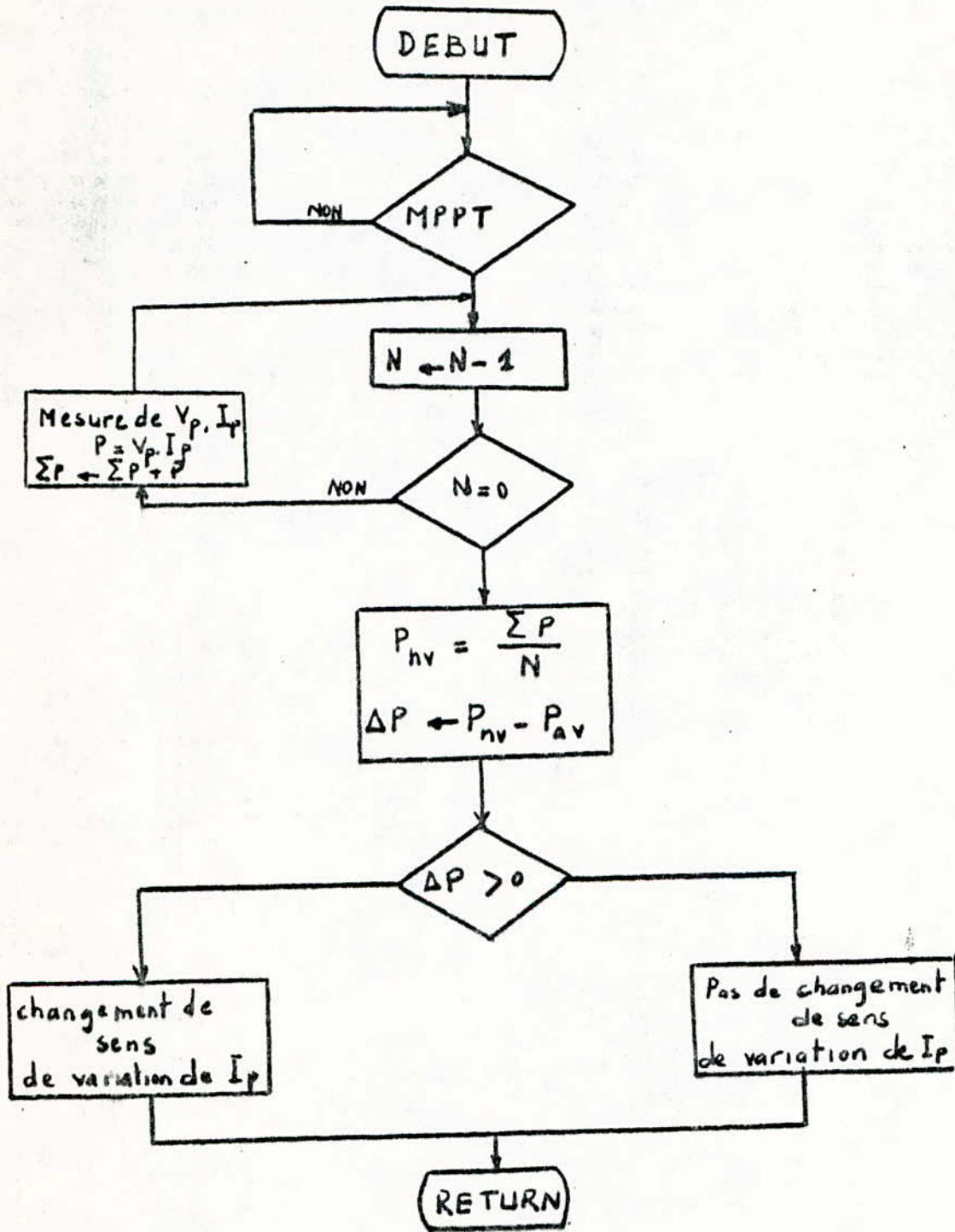
B- 5 - 1 M P P T avec increment constant

Analysons tout d'abord la manière dont on effectue la recherche du point de puissance maximale : le programme debute en initialisant à zéro le contenu des memoires contenant en cours de calcul les valeurs de la puissance sur le panneau solaire (P_p) à la mesure $(n - 1)$. puis lorsque la tension du panneau (V_p) depasse le seuil d'utilisation. On initialise le compteur programmable de façon a obtenir un signal de rapport cyclique r_1 . on mesure ensuite V_p et le courant panneau I_p puis on calcul la puissance de panneau

P_p , on refait cette mesure N fois pour calculer une puissance moyenne $P_{moy} = \frac{\sum_{0}^{n-1} P_p}{N}$ correspondant au rapport cyclique r_1 ,

On incremente ensuite T_{on} qui donnera un nouveau rapport cyclique r_2 on calcul la puissance moyenne et en comparant la precedante à cette nouvelle puissance ,on decide si on incremente ou on decremente

T_{on}



Algorithme de recherche du M P P

b - 5- 2 M P P T avec increment variable

Le demarrage de la procedure de recherche du point de puissance maximale s'effectue comme precedemment toutefois cette recherche sera d'autant plus fine que le pas de variation de I_p sera faible . Pour cette raison, au demarrage on choisit

I_p , donc T_{on} relativement important afin de converger rapidement vers le M P P ; IL pose ensuite le probleme de l'instant de changement de pas, logiquement on peut faire le changement de ΔT_{on} à l'instant où P devient negatif pour la première fois. Alors ΔT_{on} est pris egal à la moitié de ΔT_{on} dans notre exemple.

La figure 9b nous montre la variation de I_p sur la caracteristique statique. On voit que la variation de I_p et V_p sont plus faibles que dans le cas precedent. La recherche de puissance maximum est donc meilleure puisque l'excursion de I_p est plus faible entre les points 7 ----- 5 ----- 8.

A- OBJET DE L' ETUDE

B- ETUDE DE LA CARTE PRINCIPALE

B-1- Schéma synoptique

B-2- Organisation de la zone mémoire

B-3- Circuit de décodage d' adresse

B-4- Organisation interne du compteur programmable

B-5- Affichage des données

C- CIRCUIT D' ACQUISITION

1- Le convertisseur analogique - numérique

2- Le multiplexage des grandeurs analogiques

3- Les capteurs de tension et courant

D- CIRCUIT D' AFFICHAGE

A- OBJET DE L' ETUDE/

/) Nous avons vu dans le chapitre I que la puissance délivrée par le panneau varie en fonction de l' éclairement , de la température etc..., donc il serait très difficile d' alimenter plusieurs récepteurs directement à partir du panneau tout en leur fournissant à chaque instant l' énergie nécessaire pour leur fonctionnement normal , pour cela notre étude se penche vers l' étude d' une carte conçue autour d' un microprocesseur et à fonctionnement autonome et aussi l' élaboration du logiciel qui permettra de gérer l' énergie fournie par le G.P.V. et de l' aiguiller vers les différents récepteurs .La carte doit répondre au cahier de charge suivant:

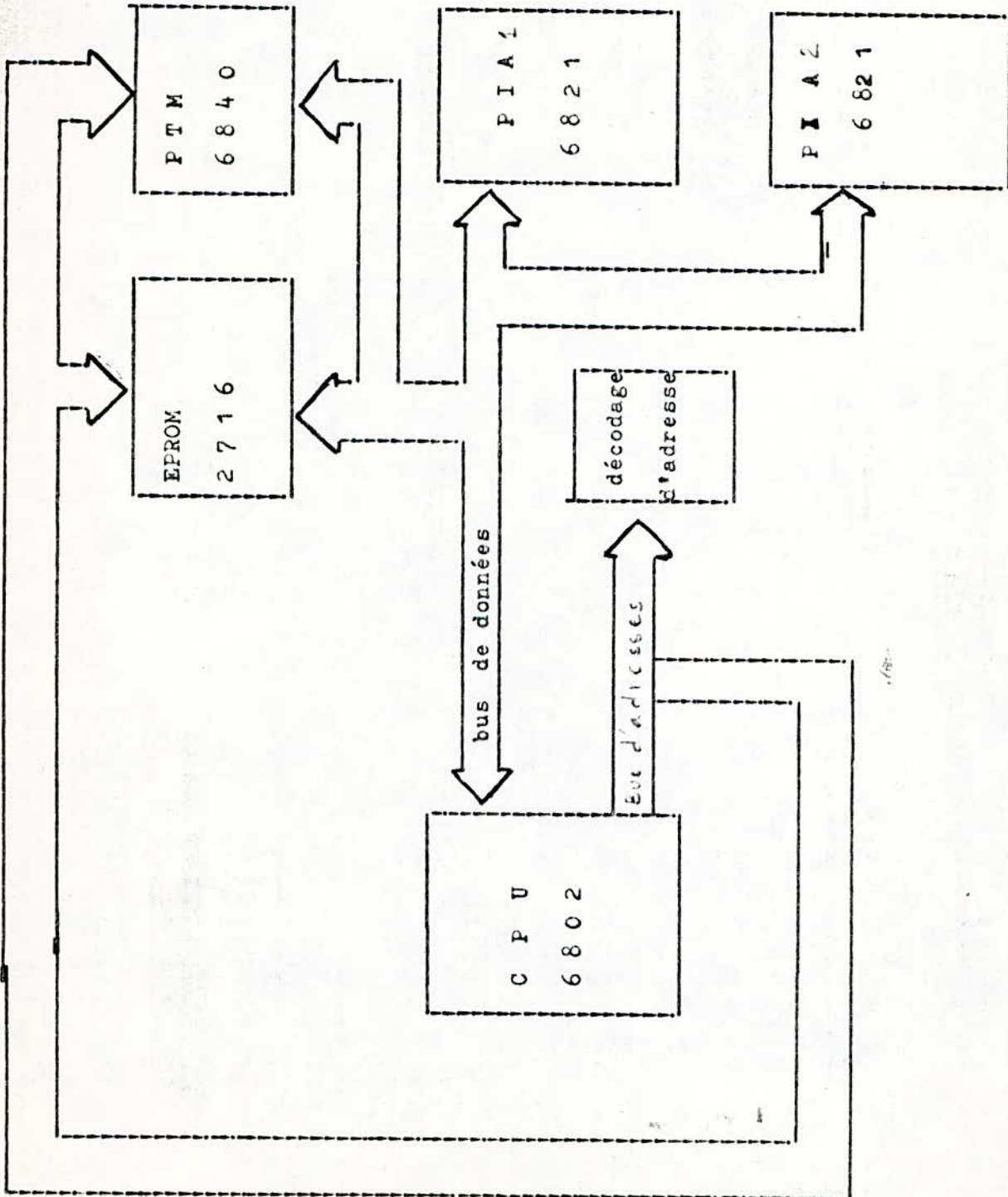
* Connaitre la puissance du G.P.V. (au point de fonctionnement optimal) et la tension batterie (module d' affichage).

* Prendre en considération l'ordre de priorité pour l' alimentation des récepteurs

* Fournir à partir de la puissance du G.P.V. et le code de priorité , la commande des convertisseurs continu - continu et des régulateurs pour pouvoir alimenter les récepteurs.

* Fournir à travers le compteur programmable le signal pour la commande des convertisseurs continu - continu et qui permet de faire la recherche du point de fonctionnement optimal.

B.1 Schéma synoptique



Cette carte principale conçue autour du microprocesseur 6802 comprend:

1- Une RAM : où seront stockées les données lors des calculs

intermédiaires, c' est la RAM interne du 6802 qui comprend 128 octets.

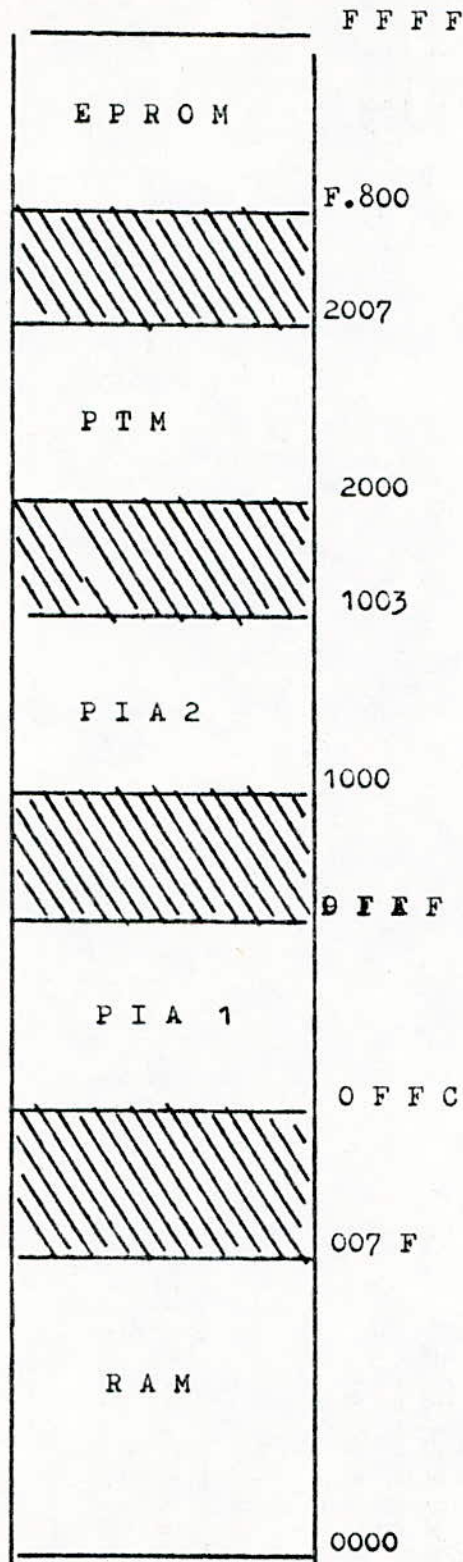
2- Une EPROM : contient le programme principale nécessaire pour le fonctionnement du systeme.

3- Un PTM : un compteur programmable qui génère les signaux de commande des convertisseurs continu - continu pour la recherche du point de fonctionnement optimal.

4- Deux PIA : 2 interfaces entrées / sorties qui remplacent les fonctions suivantes:

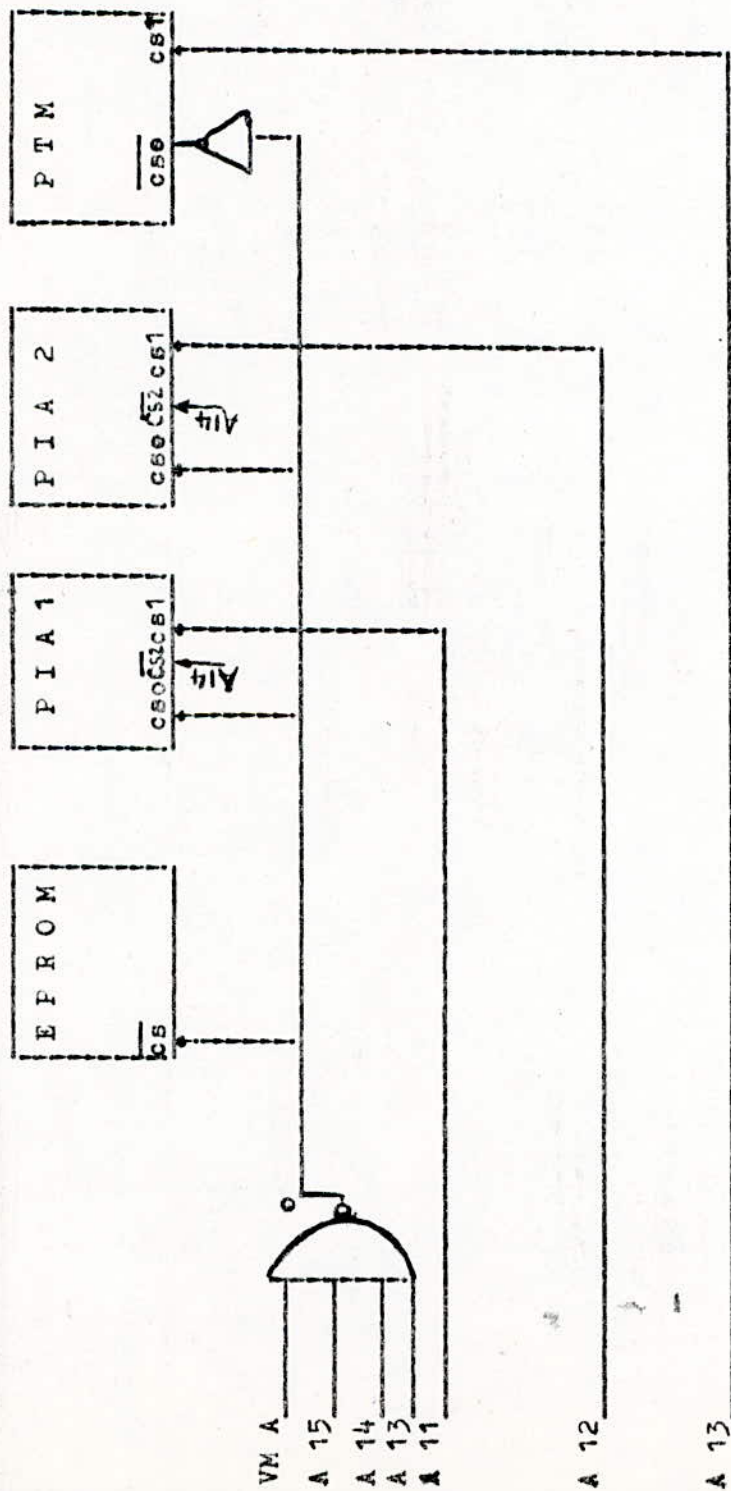
- * Acquisition des données.
- * Commande des régulateurs.
- * Commande des circuits d' affichages.
- * Introduction du code de priorité.

B.2 Organisation de la zone mémoire



B-3- CIRCUIT DE DECODAGE D'ADRESSE

Vu le nombre réduit de boitiers à adresser , nous avons choisi l'adressage par selection linéaire qui consiste a affecter un bit exclusif du bus adresse à un périphérique



B-4 Organisation interne du compteur programmable

Le P T M est un coupleur d'entrée , sortie spécialisé. Il contient sur une seule puce trois temporisateurs indépendants pouvant être utilisés en multivibrateur astable , en monostable, en compteur d'incrément, en générateur d'impulsions ou de périodes.

Le p t m couvre un domaine très vaste et très varié. Le P T M communique avec le M P U par l'intermédiaire de trois bus: Le bus de données sur 8 bits , d'adresses 5 lignes et le bus de contrôle, et avec la périphérie par une ligne de sortie , et deux lignes d'entrées (horloge et gachette) pour chacun des trois temporisateurs.

Il comprend trois compteurs à 16 bits (permettant la génération de signaux de rapport cyclique $\frac{1}{2}$) ; pouvant fonctionner en 2 x 8 bits , ce qui permet de générer des signaux de rapport cyclique variable , 3 registres de contrôle et un registre d'état.

Les différents registres /

* Registres de controles

Les 3 registres de controles C R 1 , C R 2 , et C R 3 (8 bits) contiennent les paramètres de fonctionnement de chaque temporisateur , ils ne sont accessibles qu ' en écriture .

* Registres tampon

Les 3 registres tampon T 1 , T 2 et T 3 de 16 bits (à écriture) contiennent les paramètres de comptages . Ils sont associés chacun à un compteur de 16 bits (à lecture) et sont divisés en deux registres de 8 bits correspondant aux poids fort (M S B) et aux poids faibles (L S B) . Le M P U doit adresser donc 10 registres différents de 8 bits .

* Le registre d' état

Registre d' état à lecture seule , il contient les informations sur le fonctionnement en interruption de chacun des temporisateurs ainsi que sur la ligne I R Q .

* Liaison avec le M P U

- Bus de données : D 0 - D 7

Ces 8 lignes bidirectionnels assurent les échanges de données entre le M P U et le P T M .

- Bus d' adresses:

- * $\overline{CS0}$ - $CS1$: ces 2 lignes permettent la sélection du boîtier.
- * $RS0$, $RS1$, $RS2$: les combinaisons entre ces trois lignes permettent la sélection des registres internes.
- * Bus de contrôle E : c' est le signal d' activation des échanges.

Liaison avec la périphérie

- Entrées horloges ($\overline{C1}$, $\overline{C2}$, $\overline{C3}$)

Les compteurs internes du P T M peuvent être activés par l' horloge du M P U ou une autre horloge externe, chaque temporisateur peut fonctionner avec sa propre horloge externe.

- Entrées de déclenchement : $\overline{G1}$, $\overline{G2}$, $\overline{G3}$

Ces entrées acceptent des signaux asynchrones T T L pour déclencher respectivement les fonctions des temporisateurs 1, 2 et 3.

* Les sorties du temporisateurs 01, 02, 03

Elles peuvent commander deux charges T T L et délivrent un signal défini quand le P T M travaille en astable ou en monostable. Une sortie reste à "0" si elle n' est pas validée.

* Programmation du P T M

Cette programmation s'effectue en envoyant un mot de commande dans le registre de commande de chaque temporisateur, pour déterminer ce mot

de commande on se réfère au synoptique de la figure 10 .

Le bit 0 du registre de commande appelé C R x 0 (x est le numéro du registre de commande) a un rôle différent pour chacun des trois registres de commande.

Pour le registre de commande n° 1 ce bit 0 permet un reset interne.

L'écriture d'un " 1 " dans C R 10 a pour effet de charger chaque compteur avec le contenu du verrou qui lui est associé , d'invalider les horloges des compteurs et de mettre à zéro les sorties des compteurs ainsi que les bits d'état d'interruption . Les contenus des compteurs et des registres de commandes ne sont pas affectés par un reset interne.

Il est possible d'écrire dans les verrous ou dans les registres de commande quelle que soit la valeur du bit C R 10. Le bit 0 du registre de commande 2 (C R 20) est utilisé comme bit de selection de registres pour selectionner soit le registre de commande n° 1 si C R 20 = 1 soit le registre de commande n° 3 si C R 20 = 0.

Le bit 0 du registre de commande n° 3 (C R 30) est spécifique du compteur n° 3 . Il permet de diviser ou non par 8 l'horloge externe du compteur n) 3.

Le bit 1 des trois registres de commande soit CR x 1 détermine le choix de l' horloge : interne ou externe.

Le bit 2 détermine le mode de fonctionnement du compteur mode " une fois 16 bits " si le bit 2 est à 0.

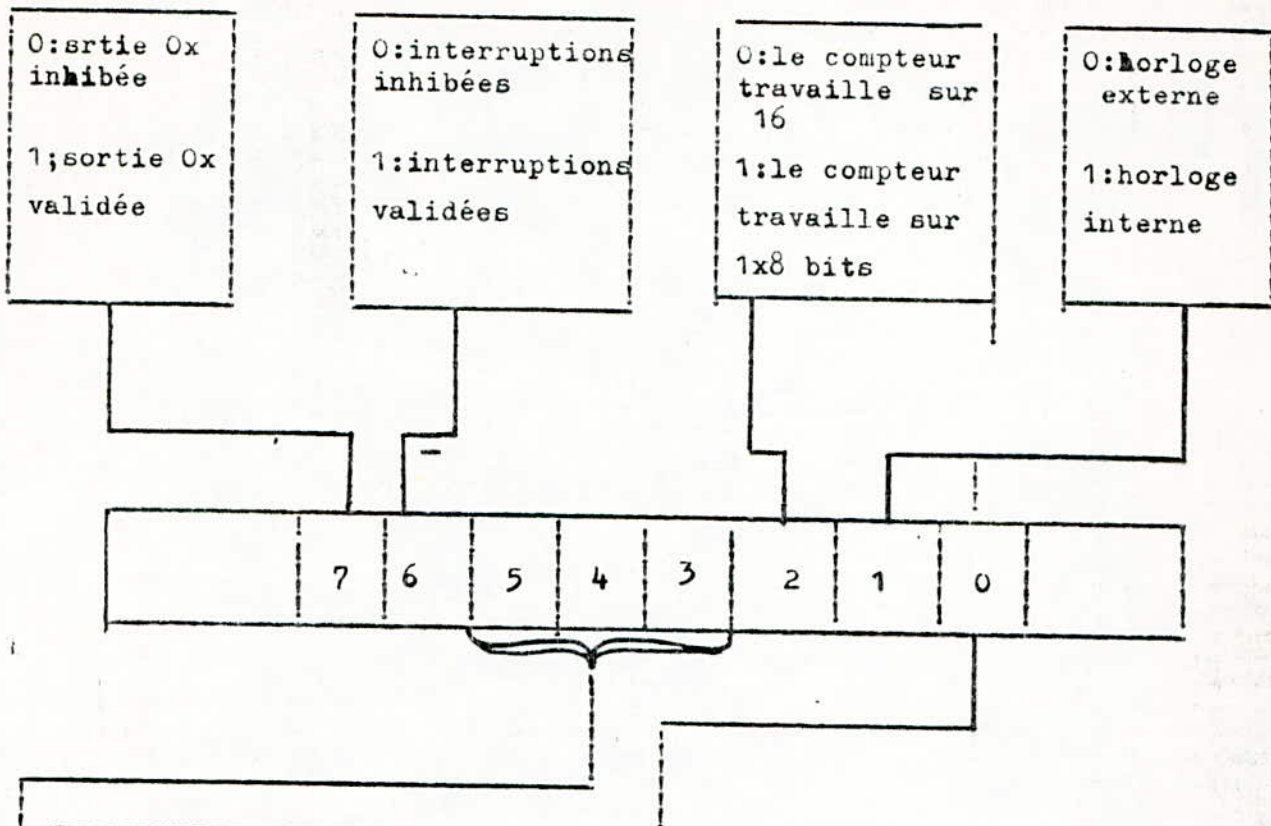
mode " deux fois 8 bits " si le bit 2 est à 1

Les bits 3 , 4 , et 5 c' est à dire CR x 3 , CR x 4 et CR x 5

permettent de choisir entre le mode astable , monostable ou intervalle de temps.

Le bit 6 : valide ou inhibe le mode interruptible

Le bits 7 ; valide ou inhibe la sortie OX du compteur .



CR10	initialisation logitielle	CR20	bit d'adresse	CR30	choix de l'horloge
0	compteurs validés	0	écriture dans CR3	0	horloge externe N° 3
1	compteurs figés	1	écriture dans CR 1	1	1/8 horloge extern N° 3

CR X 5	CR X 4	CR X 3	Mode de fonctionnement
0	0	0	Multi astable
1	0	0	Multi monostable
0	0	1	Compteur de fréquence
0	1	1	Comparateur de largeur d'impulsion

C- Circuit d'acquisition

C.1 - Le convertisseur analogique - numérique : A D C 0804 . C' est un circuit intégré à 20 broches , qui utilise la méthode par approximations ~~XXXXXXXX~~ successives de technologie C M O S et est compatible avec microprocesseur. Le microprocesseur voit ce convertisseur comme une position mémoire ou un port d'entrée/ sortie et ne nécessite aucun interfaçage logique .La tension de référence peut être ajustée pour permettre la conversion de signaux de faible amplitude tout en maintenant la résolution à 8 bits.

CARACTERISTIQUES:

- * La tension d'alimentation est de 5 V.
- * L'entrée analogique est différentielle.
- * Les logiques d'entrées et de sortie sont conformes aux niveaux utilisés en technologie C M O S et T T L.
- * Le temps de conversion est de 100 μ S
- * Le temps d'accès est de 135 N S
- * L'erreur de conversion est de ± 1 L S B
- * Fonctionnement avec horloge interne ou externe

SIGNAUX DE COMMANDE DE L' A D C 0804

\overline{CS} : actif au niveau bas : valide les deux signaux \overline{RD} et \overline{WR}

\overline{RD} : actif au niveau bas : permet la lecture du mot binaire à la sortie

\overline{WR} : le passage de l'état bas à l'état haut de \overline{WR} autorise le début de conversion (connecter à CA 2 du P I A)

\overline{INTR} : le passage de 1 à 0 de \overline{INTR} signifie la fin de conversion (connecter à CA 1 du P I A).

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

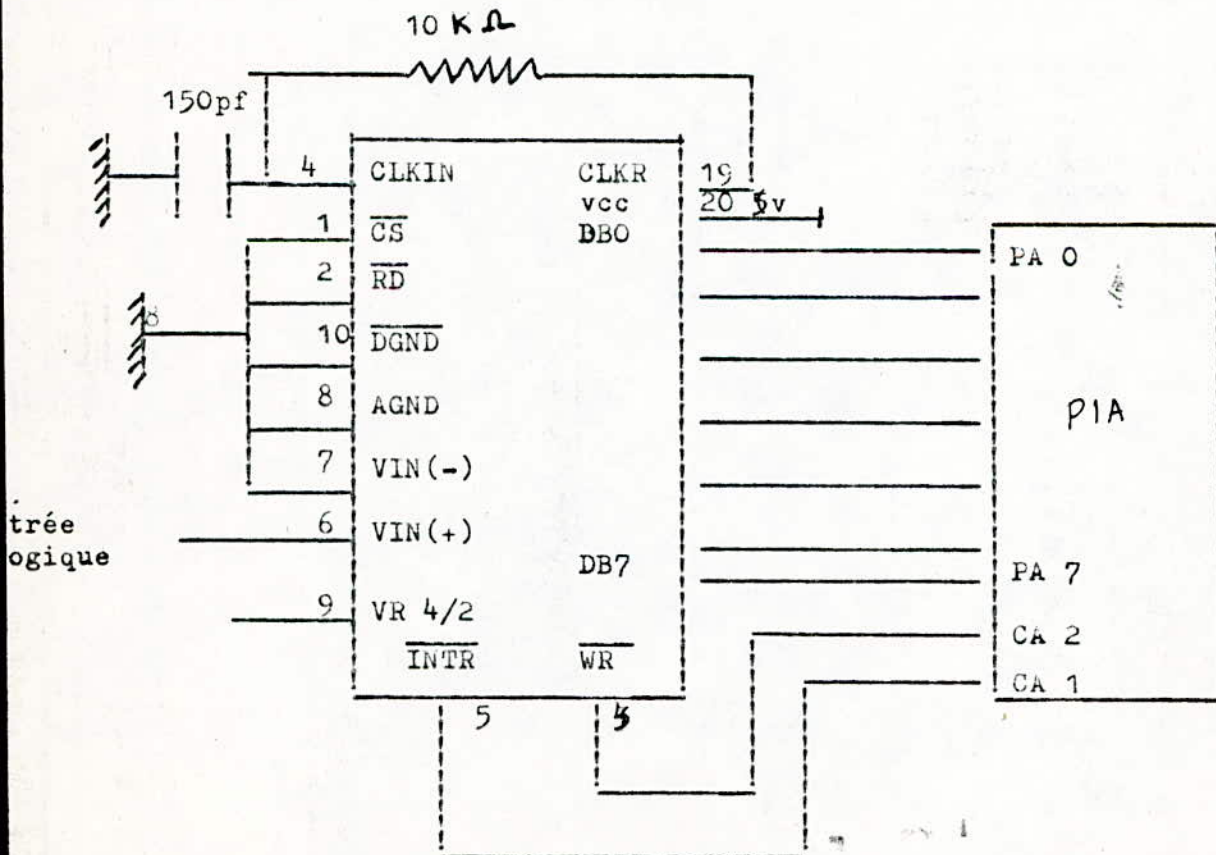
Les lignes DBO et DB7 sont les sorties de données digitales. Ces lignes sont validées lorsque \overline{CS} et \overline{RD} sont à l'état bas, ce qui est le cas ici. La ligne \overline{WR} permet de donner l'ordre de début de conversion; il faut la faire descendre au niveau bas, ce qui remet à zéro en interne le convertisseur; la conversion est ensuite déclanchée avec la remontée ~~XXXX~~ de cette ligne. Lorsque la conversion est terminée, la ligne \overline{INTR} passe au niveau bas. Il est alors possible de venir lire l'état des lignes DB7 à DBO pour connaître la valeur, traduite en digital, de la grandeur analogique appliquée à l'entrée de l'ADC 0804. Compte tenu de la méthode de conversion utilisée (approximations successives), il ne faut pas lire les lignes DB7 à DBO tant que \overline{INTR} n'est pas passée à 0 car la valeur qui s'y trouve n'a pas de signification. La ligne \overline{INTR} est remise à 1 automatiquement lors de la descente suivante de \overline{WR} , ce qui est tout à fait logique.

Les lignes CLKR et CLKIN servent à la génération du signal d'hologe utilisé en interne par le circuit. DGND et AGND sont les masses,

respectivement digitale et analogique . La partie analogique proprement dite utilise quant à elle les bornes Vin (-) , Vin (+) et Vref/2 qui permettent de définir exactement la plage de travail du convertisseur.

SEQUENCE DE CONVERSION ANALOGOQUE NUMERIQUE

- P R A en entrée
- Implusion sur \overline{WR} 1 - 0 - 1 donnée par la ligne C A 2 qui est programmée en sortie et en mode implusion.
- Attente de la fin de conversion reconnue par le passage de 1 à 0 de la ligne CA 1 qui est reliée à \overline{INTR} .
- Lecture et stockage du résultat.



C-2- LE MULTIPLEXAGE DES GRANDEURS ANALOGIQUES

Les grandeurs analogiques nécessaires pour le programme de gestion sont au nombre de 4, pour cela on a choisi un multiplexeur 4 entrées, 4 sorties et a selection linéaire (les 4 sorties sont évidemment reliées et attaquent l'entrée vin (+) de l'ADC 0804).

Un interrupteur fermé présente une résistance de 80 OHMS environ.

La selection d'une grandeur analogique ce fait par l'intermédiaire de 4 lignes du port B qui est programmé en sortie .

C-3. Les Capteurs

C-3-1* Capteur de courant

On utilise deux capteurs de courant l'un fournit le courant panneau I_p , l'autre le courant de court-circuit I_{cc} . Le courant de court-circuit servira à calculer la puissance optimale du G.P.V pour un éclairément donné, ces deux variables sont liées par la relation $P=K I_{cc}$

La constante K est déterminée à partir des caractéristiques fournies par le constructeur. Pour cela on utilise une cellule photovoltaïque shuntée par une résistance de $0,51 \Omega$ la tension aux bornes du shunt est amplifiée, l'amplificateur est calculé de telle sorte à obtenir une tension de 5 V à la sortie, pour le courant de court-circuit qui correspond a un éclairément de 1 K W/M^2 .

Le deuxième capteur de courant fournira le courant panneau qui servira à calculer la puissance du panneau correspondant au point de fonctionnement.

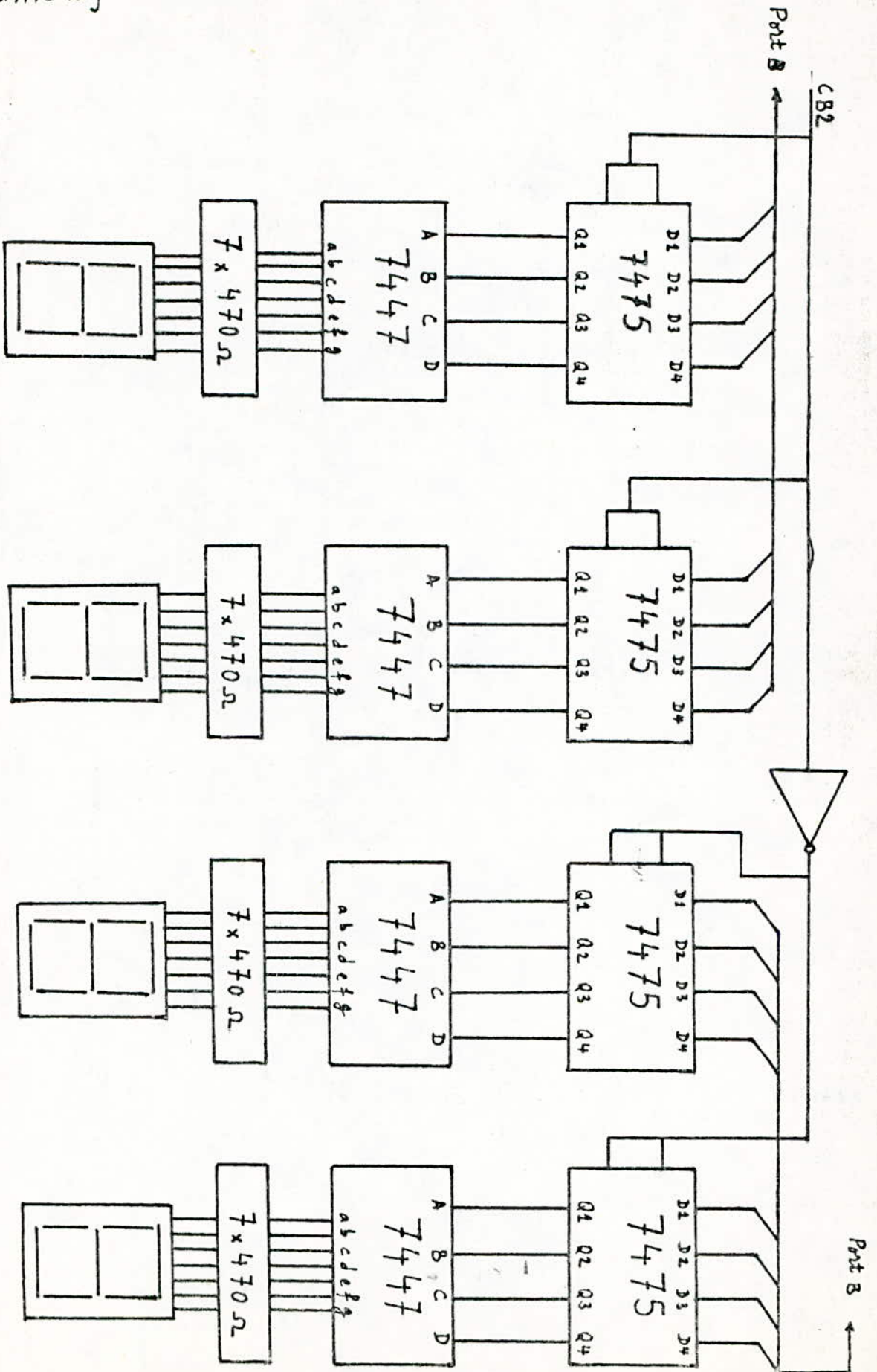
2* Capteur de tension

Les deux tensions à acquérir sont la tension du GPV et la tension batterie, les valeurs maximales de 21 V pour le GPV et 14 V pour la batteries sont ramenées à 5 V par deux ponts de résistances.

D* Circuit d'affichage

Avant de choisir un ordre de priorité, il est intéressant de connaître la puissance disponible du panneau (puissance optimale) et la tension batterie, la valeur à affichée est sur deux octets, pour afficher les deux octets après une conversion décimale on utilise quatre afficheurs qui sont validées deux par deux par la ligne CB2, on positionne CB2 à 0 pour afficher l'octet de poids faible, puis à 1 pour afficher l'octet de poids fort, on utilise aussi quatre mémoires 7475 pour verrouer l'information une fois la broche de validation est mise à zéro, les quatre mémoires sont suivies par quatre décodeurs BCB-7 segments (7447).

Circuit d'affichage



- INTROCUCTION

- 2 - TRAITEMENT DES INTERRUPTIONS
 - * _____
* $\overline{\text{IRQ}}$

 - * _____
* $\overline{\text{NMI}}$

- 3 - MONITEUR DU SYSTEME

- 4 - SOUS PROGRAMME ACQUISITION

- 5 - SOUS PROGRAMME AFFICHAGE

- 6 - PROGRAMME DE GESTION

1 - INTRODUCTION : LOGICIEL

Dans ce chapitre, nous decrivons les programmes qui ont été implantés sur notre système. Ils peuvent se diviser en deux rubrique :

- Le logiciel de ha se (moniteur et sous programme de calcule)
- Le logiciel permettant la conduite du système en assurant les trans-
sitions de modes, et l e sous programme du M P P T

Ce moniteur est implanté sur la zone memoire de F 800 H à F F F F H, le choix de cette zone memoire est très important si on veut éviter l'utilisation d'un clavier comprenant des touches de fonctions pour communiquer avec le système.

2 - Traitement des interruptions

Lorsque le microprocesseur reçoit une demande d'interruption il termine l'instruction en cours,

Teste le masque d'interruption et si ce dernier est à 0 (interruptions autorisées) il arrête le programme qu'il exécutait et entre dans une séquence de prise en compte de l'interruption. Pour cela :

Il sauvegarde l'adresse de retour au programme interrompu ainsi que le contexte machine c'est à dire les contenu des accumulateurs A et B, de l'index et les valeurs des indicateurs,

Il met à le masque d'interruption pour interdire la prise en compte de toute nouvelle demande d'interruption sur \overline{IRQ}

Il charge le compteur ordinal avec le contenu des positions - memoires d'adresses F F F 8 -(octet poids fort) et F F F 9 (octet poids faible) dans le cas d'une demande d'interruption sur l'entrée \overline{IRQ} . Si cette demande a lieu sur l'entrée \overline{NMI} il charge le compteur ordinal avec le contenu des positions memoires d'adresses F F F C (octet poids fort) et F F F D (octet poids faible).

Le microprocesseur se branche alors à l'adresse indiquée par le contenu du compteur ordinal, adresse à laquelle il doit trouver l'adresse du sous-programme d'interruption.

Il suffit de placer aux adresses d'interruption F F F 8 - F F F 9 pour _____ , F F F C - F F F D pour _____ l'adresse du sous program-
IRQ NMI
me à exécuter.

3 " - Moniteur du système

Des la mise sous tension d u système, le microprocesseur charge le compteur ordinal avec le contenu des positions memoires d'adresses F F F E (octet poids fort et FFFF (octet poids faible) , ce contenu représente l'adresse de debut du programme qui connance par l'initialisation des deux P I A pour permettre l'acquisition, l'affichage et la prise en compte de l'ordre de priorité.

L'affichage de 0 800 signifie que l'initialisation

est terminée et que l'acquisition des quatre parametre a été faite
un niveau bas sur l'entrée \overline{IRQ} nous permet de passer au sour programme
d'affichage. Après avoir introduit l'ordre de priorité on peut lancer
l'execution du programme de gestion en mettant un niveau bas sur l'en-
trée le programme de gestion prend en compte l'ordre de priorite
NMI
*
introduit, l a puissance optimale du panneau, l'état de la batterie
(chargée ou déchargée), La puissance necessaire a fournir a chaque re-
cepteur pour brancher le système a un mode de fonctionnement ceci en po-
sitionnant les indicateur suivant MP1 , MP2, MP3, REG1 , REG2,

REGB1 , REGB2

MP1 : M P P T pour le recepteur 01

MP2 : M P P T pour le recepteur 02

MP3 : M P P T pour la batterie

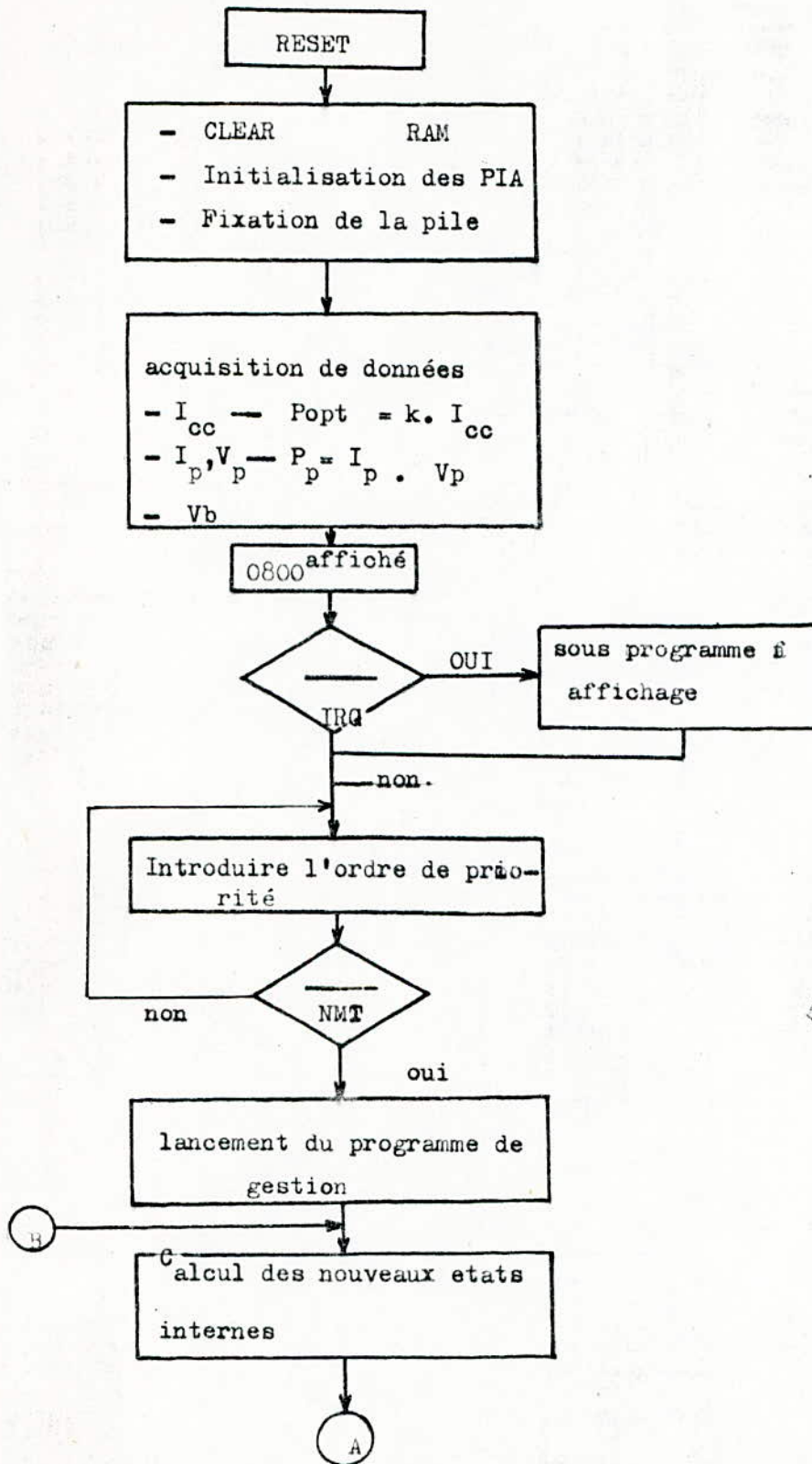
REG1 : Regulation (boucle locale en tension) du côté du panneau pour
le recepteur 01

REG2 : Regulation côté panneau pour le recepteur 02

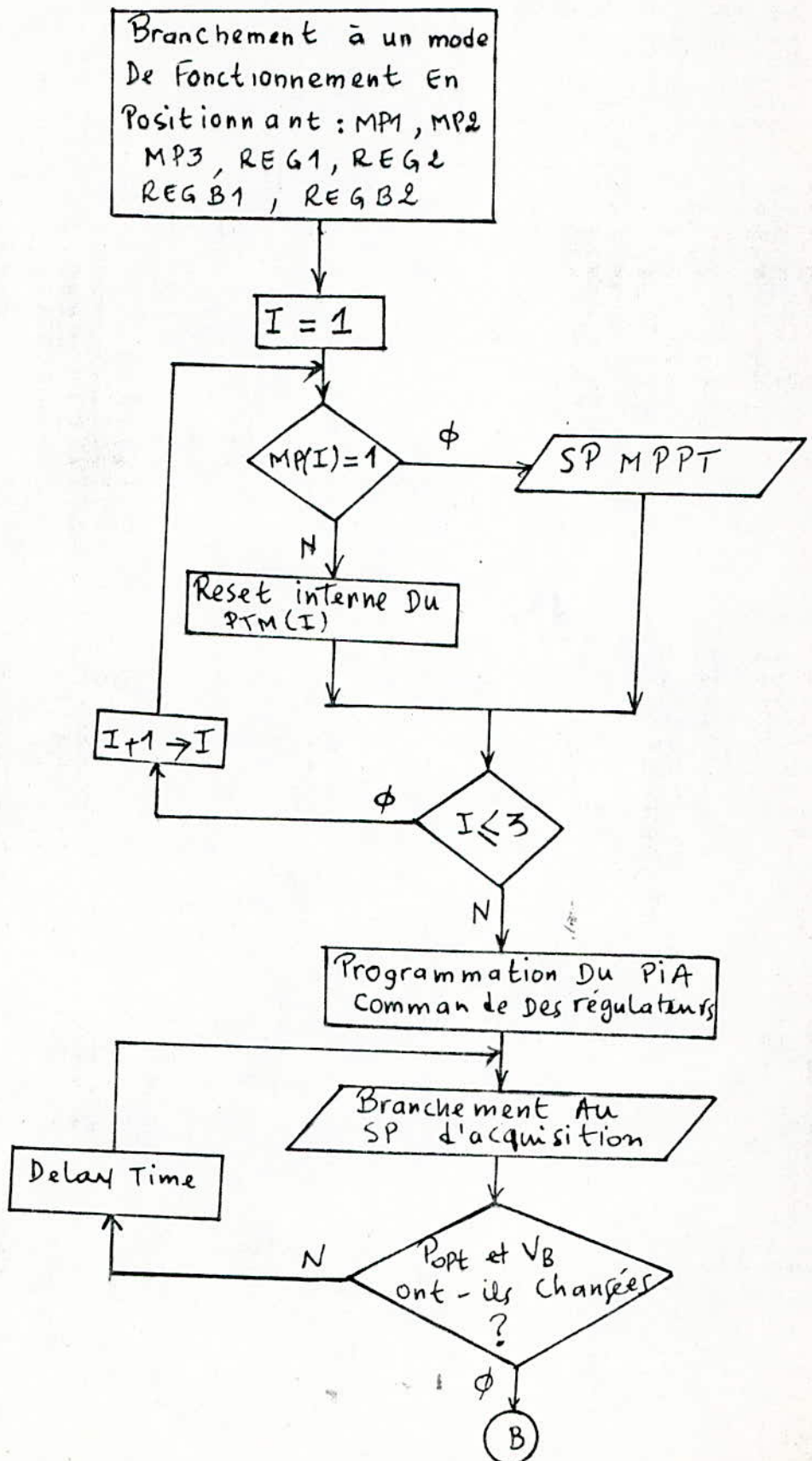
REGB : Regulation du côté batterie pour recepteur 01

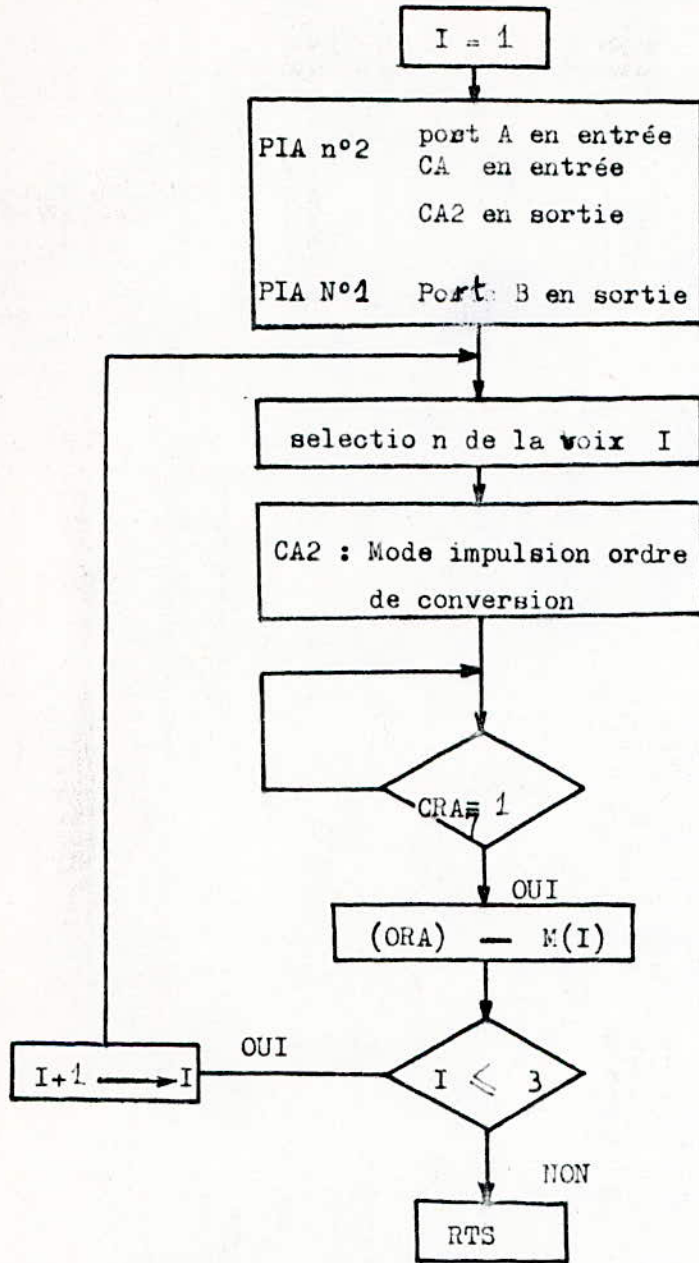
REGB2 : Regulation du côté batterie pour recepteur 02

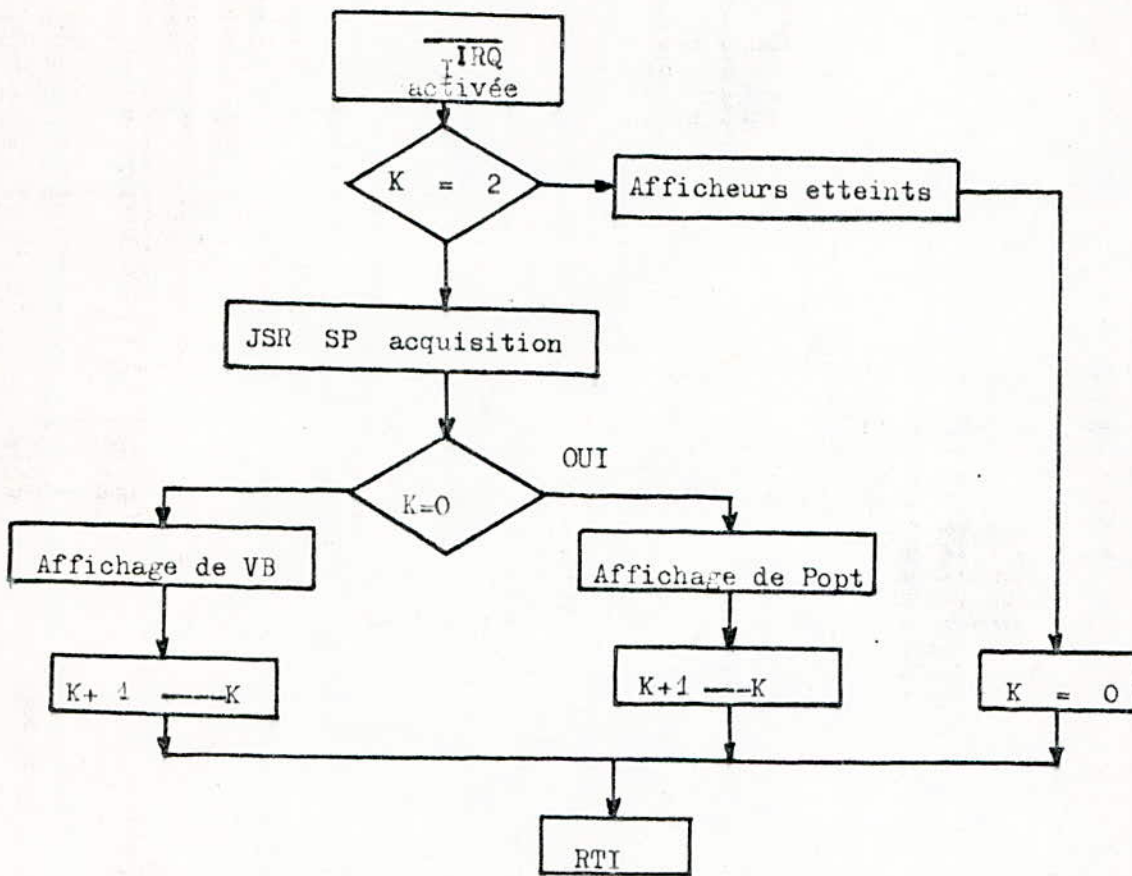
Organigramme du moniteur du systeme



Suite Moniteur Du Systeme







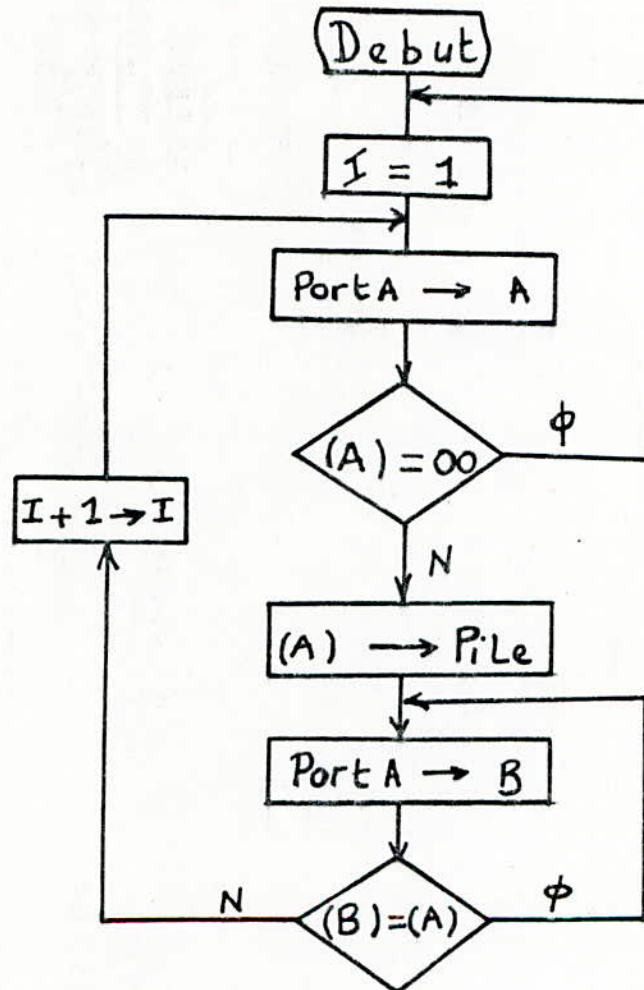
Organigramme Pour L'Introduction De L'Ordre De Priorité

Il effectue une sauvegarde du code dans la pile, au fur et à mesure que celui-ci est introduit par l'utilisateur ; dans ce cas l'ordre de priorité correspond à un ordre chronologique :

Exemple: On veut charger la batterie en priorité, puis alimenter R2, ensuite R1, le code serait :

- * 100 pour la batterie
- * 110 pour R2
- * 111 pour R1

Organigramme Pour L'Introduction De L'ordre De Priorité



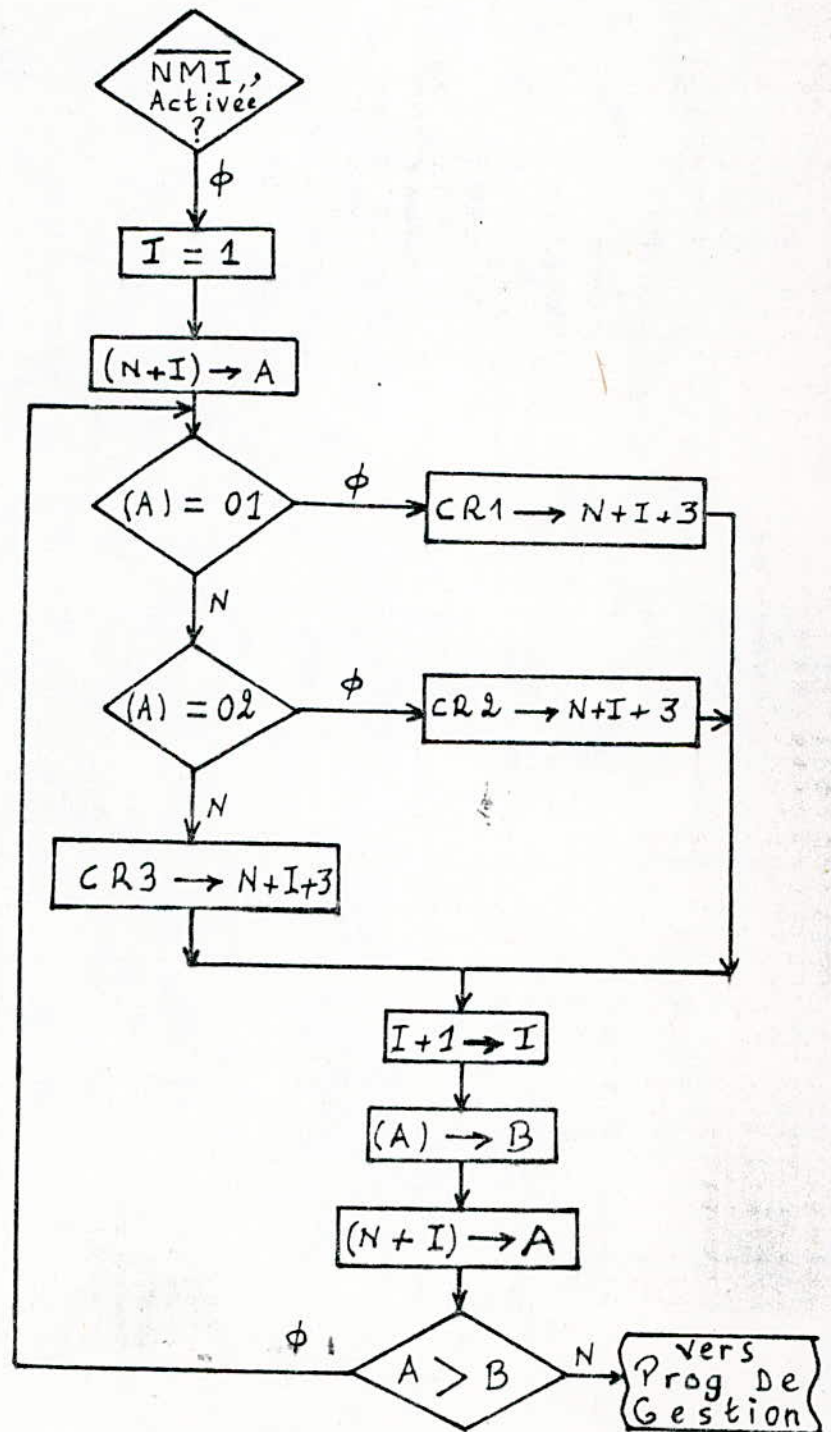
Organigramme Pour Le Décodage De L'ordre De Priorité

Il permet de faire un classement des récepteurs selon leur ordre de priorité, en attribuant à chacun d'eux un code,

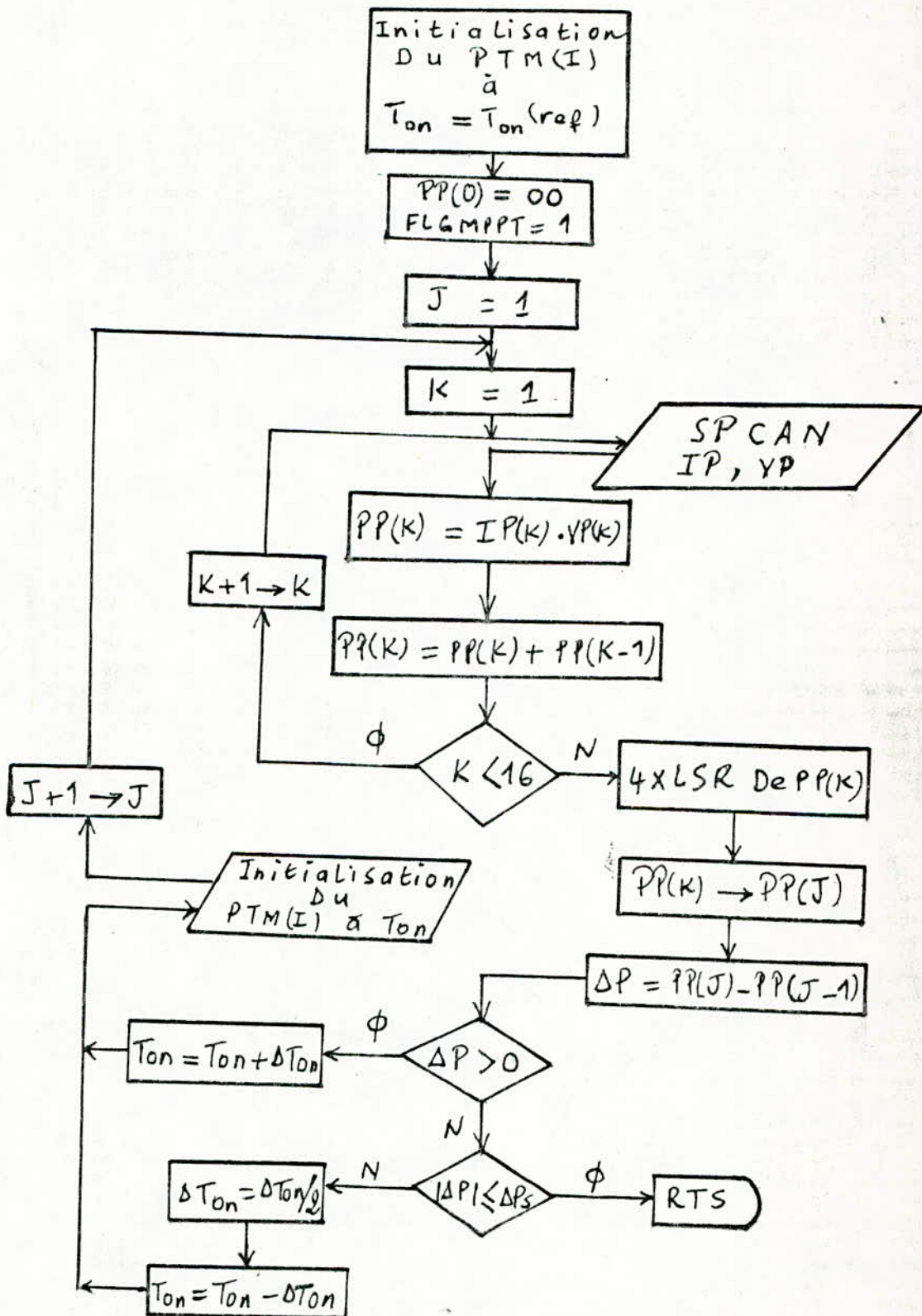
Exemple :

- 100 \Rightarrow Code 03 \rightarrow Case mémoire N+1
- 110 \Rightarrow " 02 \rightarrow " " N+2
- 111 \Rightarrow " 01 \rightarrow " " N+3

Organigramme De Décodage De L'ordre De Priorité



Organigramme Du MPPT



Y CONCLUSION :

Le système étudié dans ce mémoire a apporté une solution très souple pour mettre au point la gestion d'énergie nécessaire à un système photovoltaïque, ceci grâce à l'utilisation d'une carte à microprocesseur qui nous a permis de transférer les problèmes de mise au point sur la partie logiciel. Notre but était la mise au point de cette carte à microprocesseur associée à une carte d'acquisition ensuite à l'élaboration du logiciel qui permettra de les commander ~~pour~~ pour actionner les différents éléments d'interconnexions pour un transfert optimal d'énergie. Le système tel qu'il est pourra être utilisé comme appareil de mesure des différents paramètres d'un G P V (courant de court-circuit I_{cc} , courant panneau, tension panneau, puissance optimale) ceci en modifiant le programme d'affichage qui donne seulement la puissance optimale et la tension batterie.

Bibliographie

- * Les systemes a microprocesseurs M. AUMIAUX
- * L'emploi des microprocesseurs M. AUMIAUX
- * Convertisseur DC-DC controle' par microprocesseur (THESE juin 85)
- * Conditionnement de puissance d'un systeme autonome gere' par microprocesseur
recherche du point de puissance maximum
d'un generateur photovoltaïque (THESE)

ANNEXE

