

# Recherche de point de puissance max

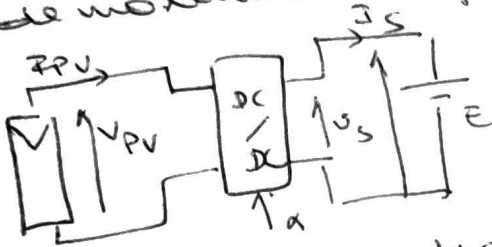
## Intro :

Dans le cas où l'on souhaite maximiser l'énergie produite (moduleur connecté au réseau, chargeur de batterie, lorsque la batterie est déchargée), il est intéressant d'inclure une recherche de pt de puissance max (MPPT) dans les convertisseurs.

## I. commande extrémale :

I-1. Principe de l'adaptation d'impédance

Si un convertisseur est placé entre le générateur PV et la batterie, on peut modifier le pt de fonctionnement grâce à une loi de commande extrémale qui maximise la puissance d'énergie transférée.



Principe du convertisseur réalisant l'adaptation d'impédance.

Par exemple, dans le cas d'un convertisseur abaisseur (rapport cyclique  $\alpha$ ), la relation moyenne liant la tension de la batterie  $E$  et celle du panneau  $VP$  s'écrit :

$$E = VS = \alpha VPV \quad (3)$$

Ainsi, en fixant  $\alpha$  tel que :  $OPT\ OPT\ V\ E\ \alpha = \alpha = (4)$

on obtient :  $VPV = VOPT \quad (5)$

en conséquence :  $PPV = PMPP \quad (6)$

### 3.2.1. Commande P&O Perturb and Observ.

Les commandes regroupées sous cette dénomination contiennent une action de commande associée avec une action de recherche. Deux types de commandes présentées ci-après respectent ce cadre.

#### 3.2.1.1 Principes de la commande dite "hill climbing".

Le principe de cette commande extrême est très simple. On raisonne sur un convertisseur buck connecté à une batterie ( $VPV = E/\alpha$  et donc  $VPV$  diminue quand  $\alpha$  augmente) mais cela ne restreint en rien le principe de fonctionnement. Partant d'une commande avec un rapport cyclique petit (et donc  $VPV$  grand), on augmente  $\alpha$  régulièrement. Dans un premier temps la puissance croît (le maximum n'est pas encore atteint □), se stabilise (le maximum est alors atteint □), puis diminue (le maximum vient d'être dépassé □).

Le système de mesure détecte cette diminution de puissance, ce qui conditionne une inversion du sens de la commande : la puissance va alors augmenter, repasser par le maximum, puis diminuer; dès détection de cette diminution de puissance, le sens de la commande est à nouveau inversé... Finalement, le système se place en oscillation autour du maximum [6].

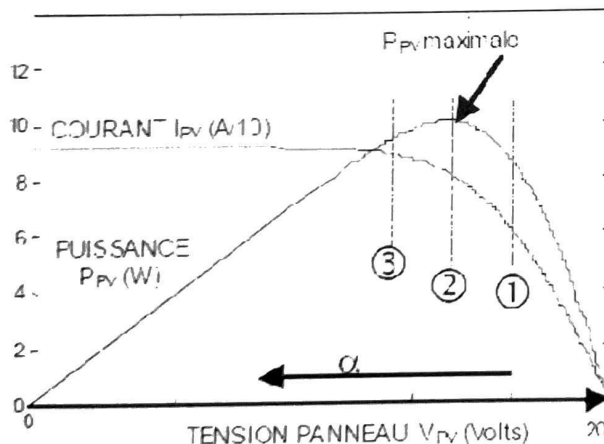


Fig 7. . Caractéristiques  $P_{pv}(V_{pv})$  et  $I_{pv}(V_{pv})$

Dans tous les cas, il y a un réglage à trouver entre les paramètres suivants :  $T_e$  (période d'échantillonnage de la commande) et  $\Delta\alpha$  (pas de variation du rapport cyclique). Si on veut mesurer les variations de puissance, il faut aussi laisser le temps au système de répondre  $\Rightarrow$  inutile d'avoir un rafraîchissement trop rapide de la commande  $T_e \approx 3 \tau$  convient avec  $\tau$  la constante de temps du système. Pour un convertisseur de type buck, en première approche,  $\tau = RP/C$  où  $C$  est la capacité placée en parallèle avec le générateur PV et  $R_p$  est la résistance équivalente en régime permanent de l'ensemble convertisseur et charge i.e. :  $RP = VP / IP$ .

La figure 11 illustre l'algorithme de commande.

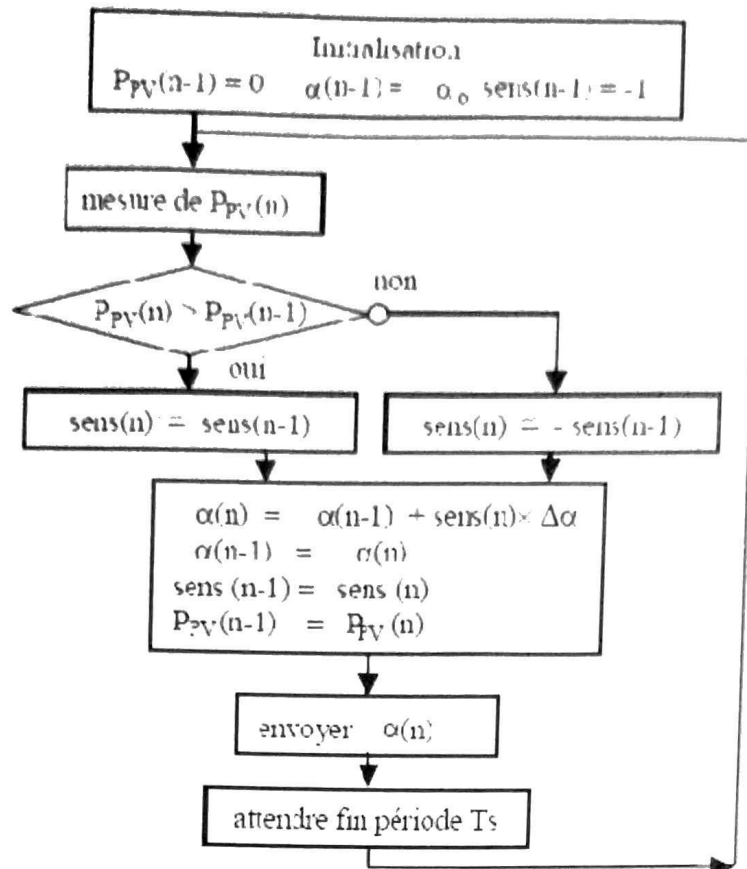


Fig.11 : Algorithme de base de la commande MPPT type hill climbing.

### 3.2.2. Méthode de la conductance incrémentale

(rem :  $I/V$  : conductance,  $dI/dV$  conductance incrémentale. )

Dans cette partie, pour alléger les notations, on note  $V$ ,  $I$ ,  $P$  les grandeurs relatives au générateur photovoltaïque.

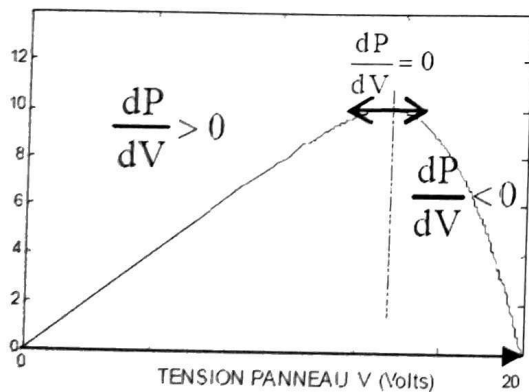


Fig. 13 : Comportement en boucle ouverte et en boucle fermée du convertisseur.

Le maximum de puissance (MPP) est obtenu lorsque :  $\frac{dP}{dV} = 0$

A gauche ce point,  $dP/dV$  est positive et négative de l'autre côté. Comme  $P=I.V$ , le calcul différentiel donne  $dP=V.dI + I.dV$ , soit au MPP :

$$\frac{I}{V} + \frac{dI}{dV} = 0 \quad (8)$$

on montre que  $\frac{dP}{dV} > 0 \Leftrightarrow \frac{I}{V} + \frac{dI}{dV} > 0$

Numériquement, à partir des mesures de  $I(n)$ ,  $I(n-1)$ ,  $V(n)$ ,  $V(n-1)$ , et en supposant que  $dI \approx \Delta I = I(n) - I(n-1)$  et  $dV \approx \Delta V = V(n) - V(n-1)$ , on peut calculer  $I/V + dI/dV$  et en déduire la direction du MPP par rapport au point de fonctionnement présent (et dans une moindre mesure la distance au MPP). La direction de convergence est donc toujours connue, ce qui est un avantage par rapport à la technique « hill climbing » présenté précédemment en particulier lorsque l'ensoleillement varie rapidement.

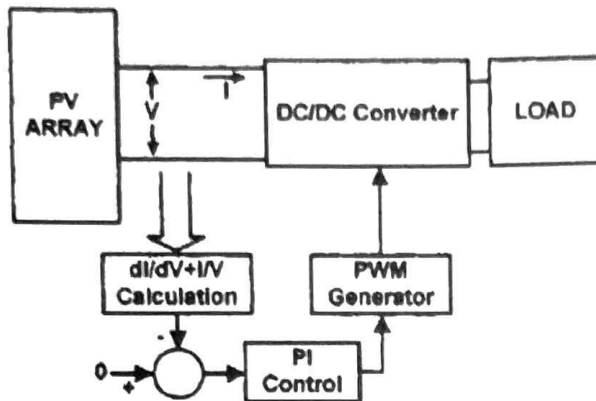


Figure 14 : MPPT par conductance incrémentale [12]

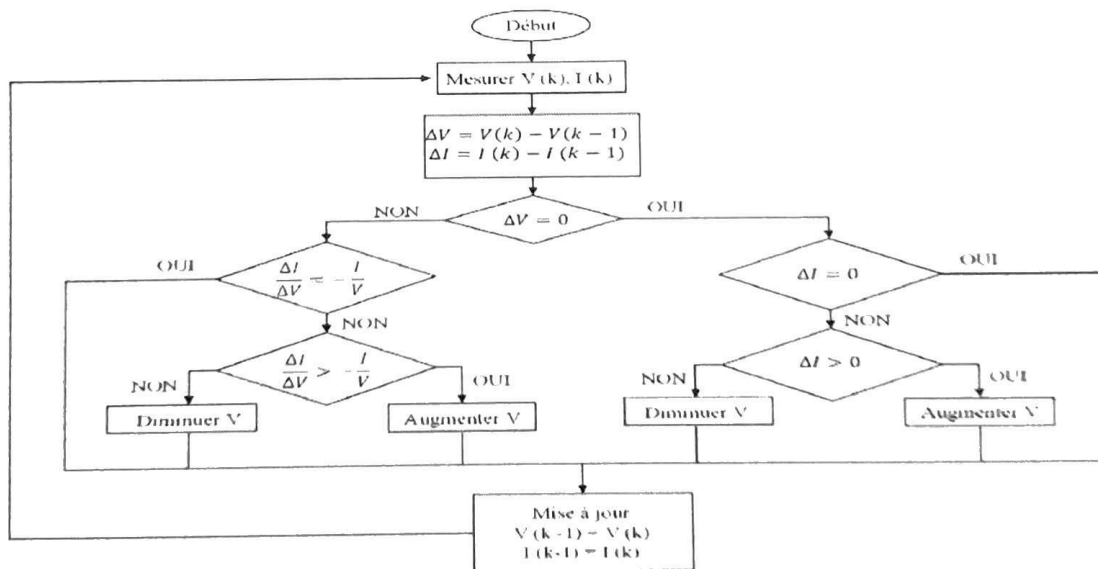


Figure 2.5. Organigramme de l'algorithme IncCond

### 3.2.3. Commande à tension ou courant de référence.

Il existe des méthodes plus simples basées sur le lien entre  $V_{oc}$  (tension du panneau en circuit ouvert) et  $V_{opt}$  :

$$V_{op} \approx K \cdot V_{oc} \text{ avec } K < 1$$

En mesurant VOC de temps en temps (10s pour le Solar Boost 2000), on en déduit une tension qui sert de une référence pour la tension du panneau. Un asservissement de tension grâce à un correcteur PI, permet de faire converger VPV à la valeur souhaitée. Elle est évidemment plus simple avec un convertisseur abaisseur. De la même façon une relation similaire existe entre le courant de court-circuit du panneau ISC et le courant à l'optimum de puissance :

$$I_{op} \approx K' \cdot I_{sc} \text{ avec } K' < 1$$

On utilise alors avec une régulation du courant photovoltaïque grâce à un correcteur PI, avec une remise à jour régulière de la consigne. Elle est évidemment plus simple avec un convertisseur élévateur. ces méthodes sont simples à mettre en oeuvre car elles ne nécessitent qu'un seul capteur, (ddp ou courant) et sont peu sensibles aux bruits car ne reposant pas sur un calcul de dérivée. Elles néanmoins présentent quelques défauts :  
 d'une part le panneau ne produit plus pendant le temps nécessaire pour les mesures et d'autre part, le coefficient liant les grandeurs mesurées et les grandeurs optimales n'est pas toujours fixé avec exactitude et peu varier dans le temps en fonction du vieillissement. Il dépend en particulier de la température et de l'ensoleillement.