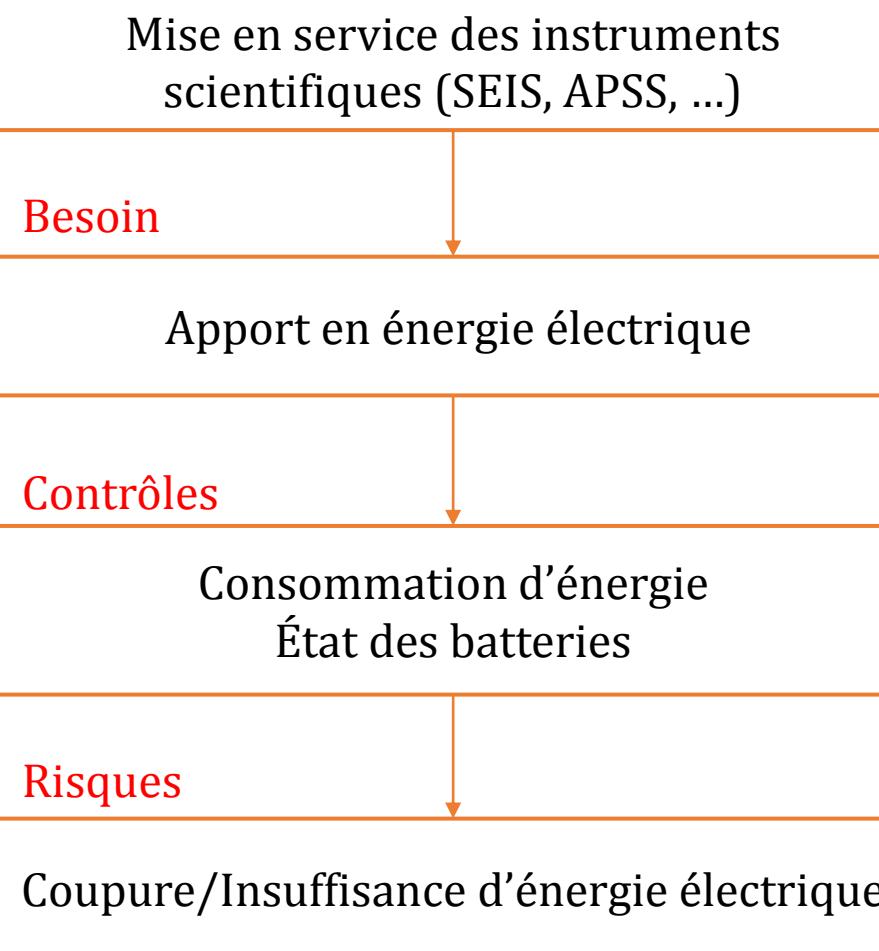


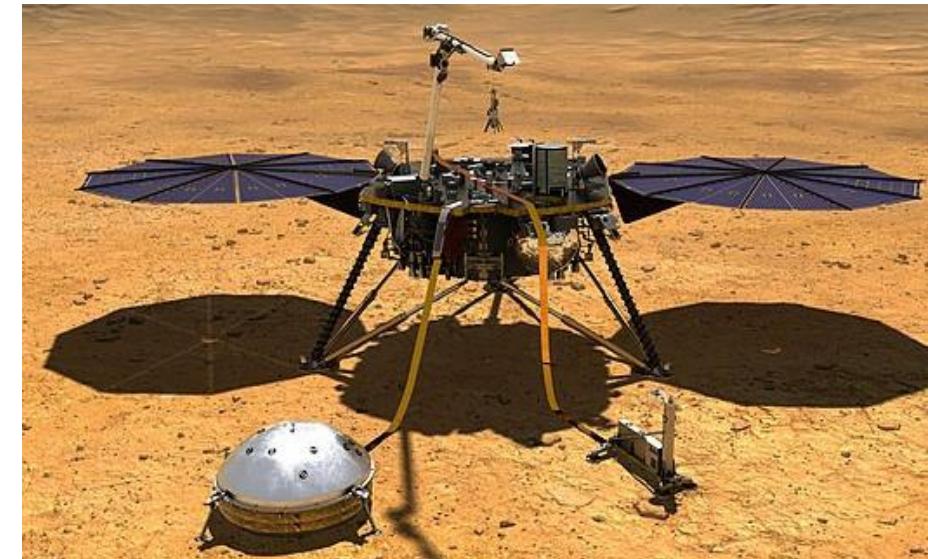
# Mise en situation et problématique



## Problématique

Comment assurer une autonomie énergétique suffisante et pérenne de la sonde InSight, visant à limiter la décharge des batteries pour tenir le temps de la mission à 4 ans.

### Sonde InSight



Source : NASA

# Plan

## I/ Mise en situation et problématique



## II/ Anatomie de la sonde

- ❖ Génération énergétique
- ❖ Stockage
- ❖ Instrumentation

## III/ Contexte énergétique du système

- ❖ Fonctionnement énergétique
- ❖ Optimisation énergétique par unité de temps : puissance

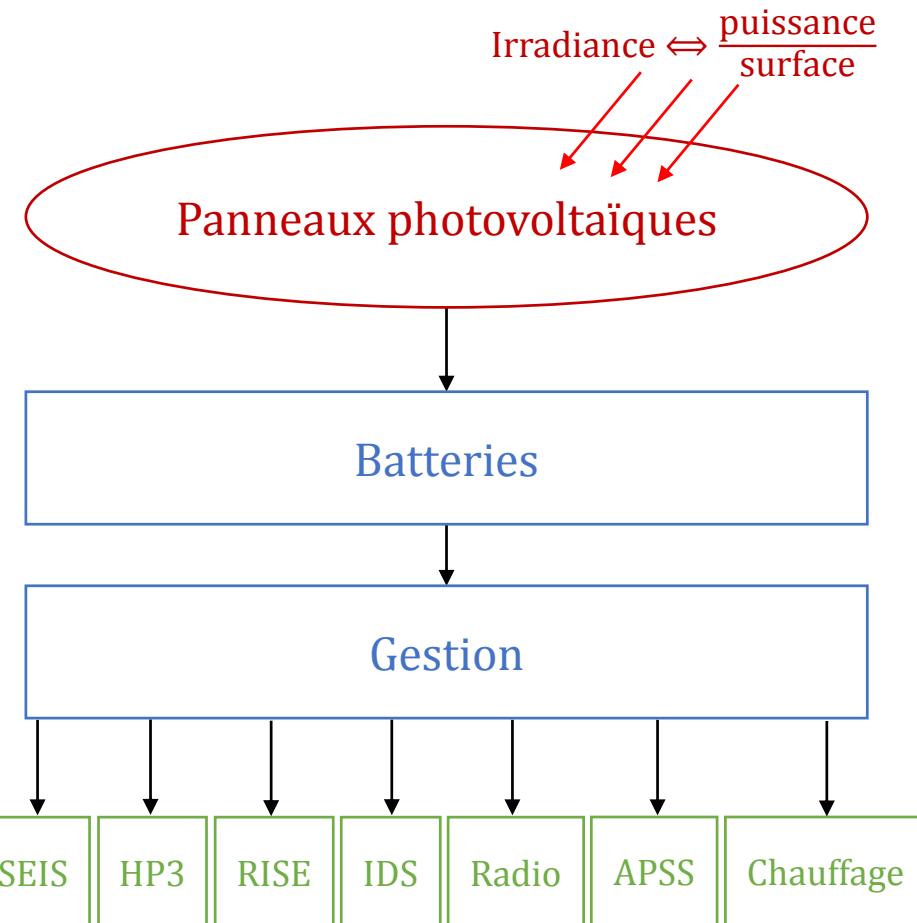
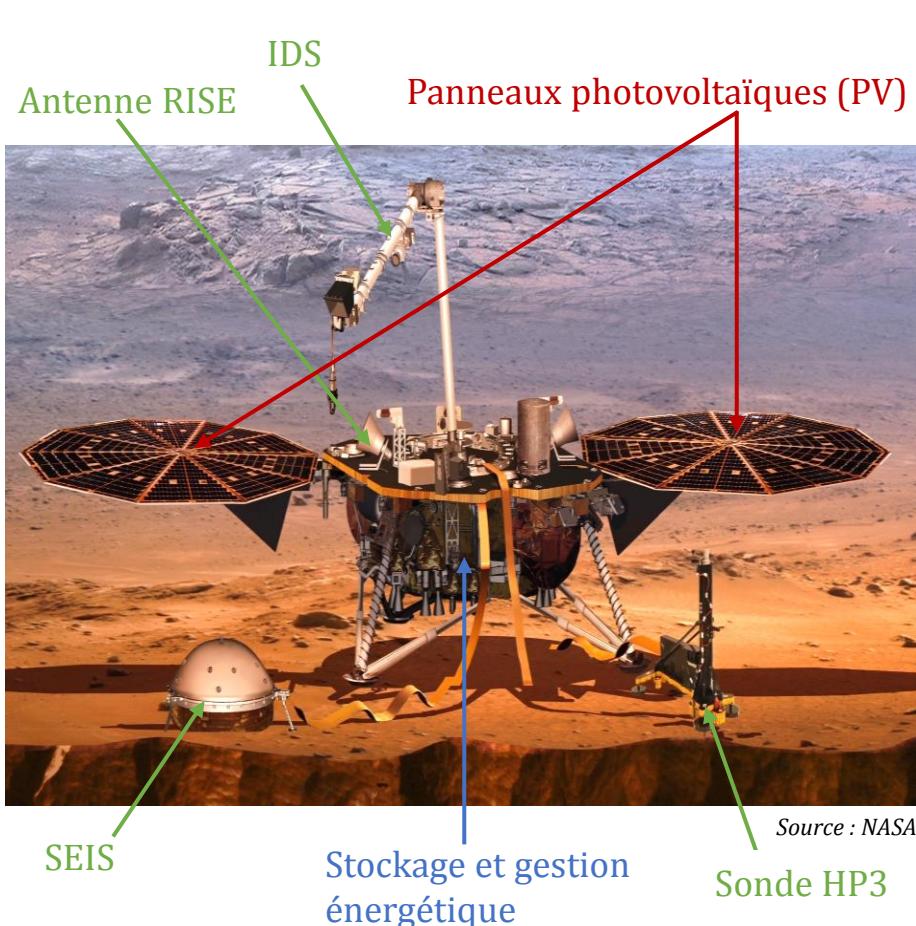
## IV/ Modélisation de la chaîne d'énergie

- ❖ Apport énergétique
- ❖ Stockage
- ❖ Traitement
- ❖ Alimentation de l'équipement

## V/ Conclusion

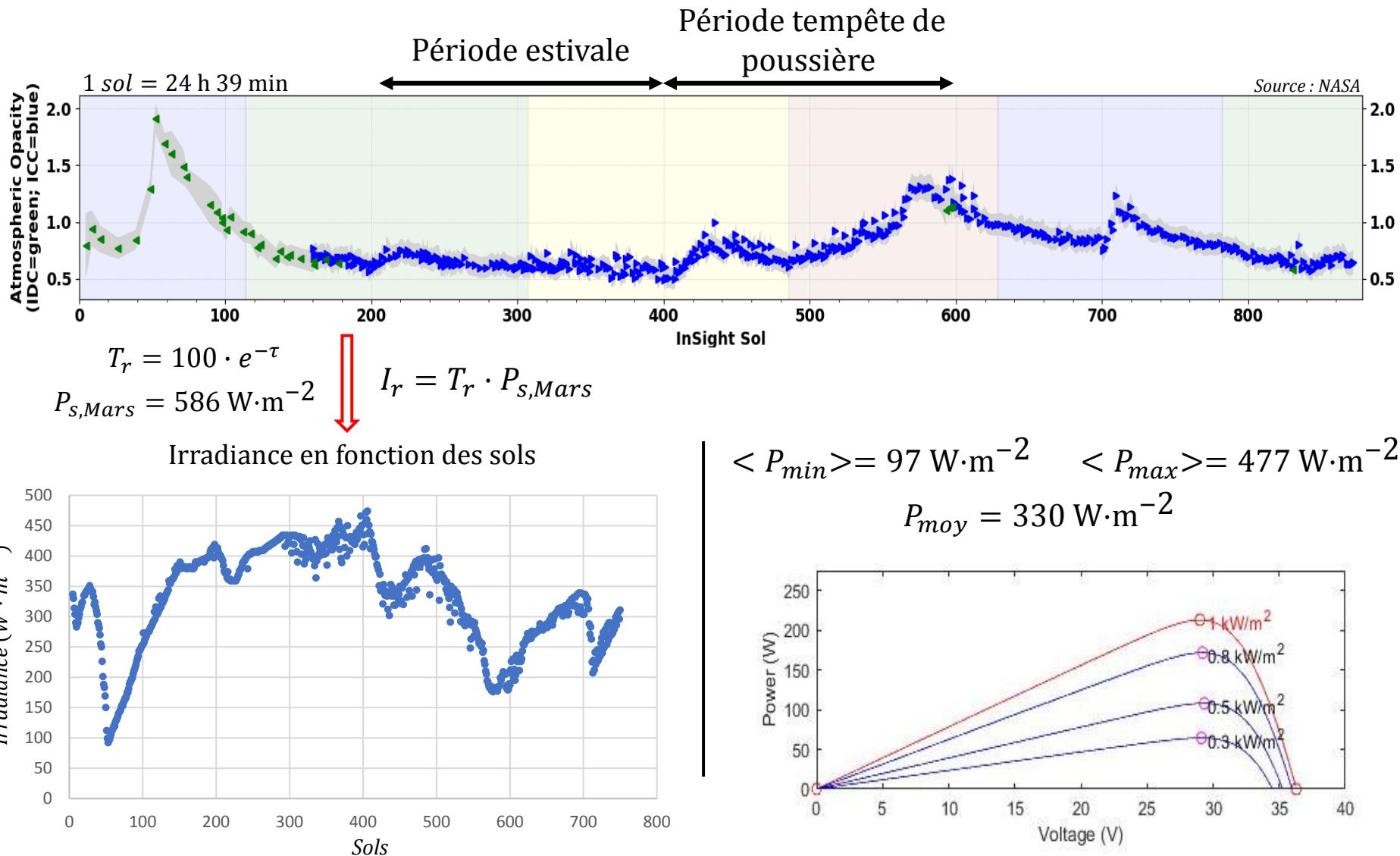
- ❖ Résultat du modèle équivalent
- ❖ Analyse et réponse à la problématique

# Anatomie de la sonde



La connexion entre les différents organes de la sonde est assurée par des bus continus

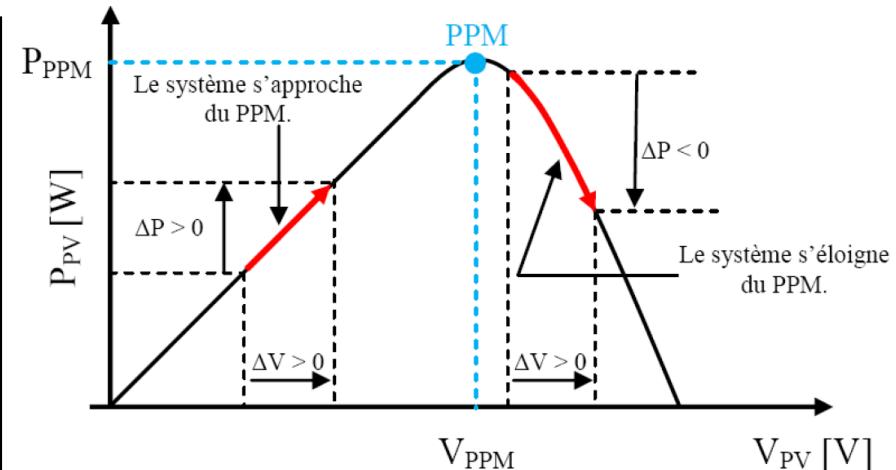
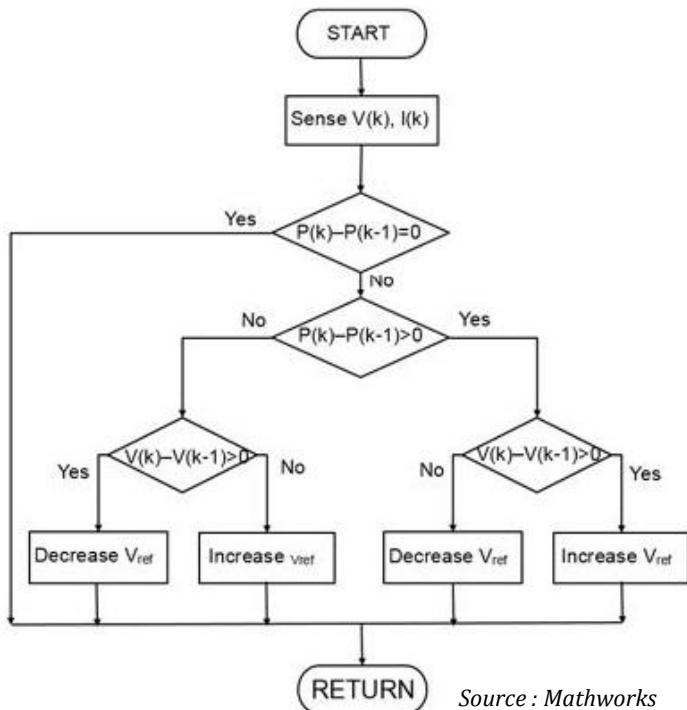
# Fonctionnement énergétique



# Optimisation de la puissance

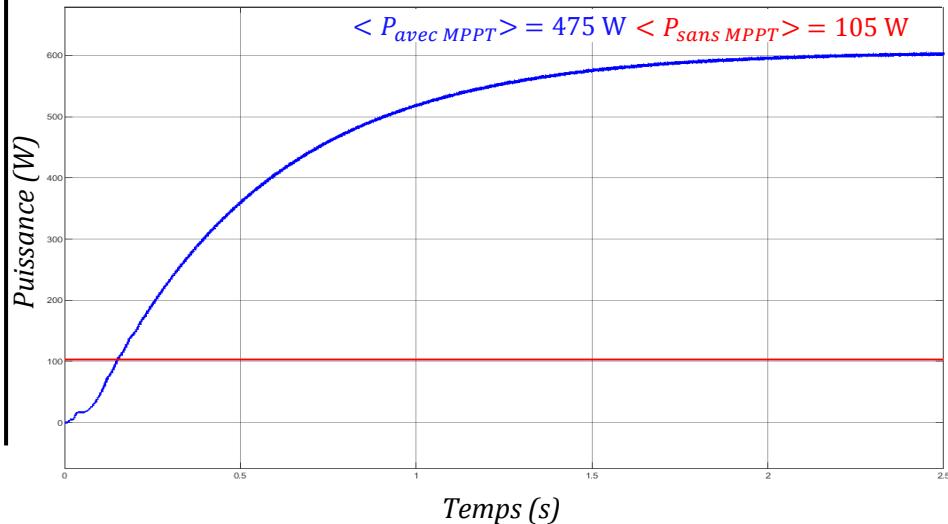
MPPT : Maximum power point tracker  
(recherche de la puissance maximale)

## ❖ Algorithmes (P&O)



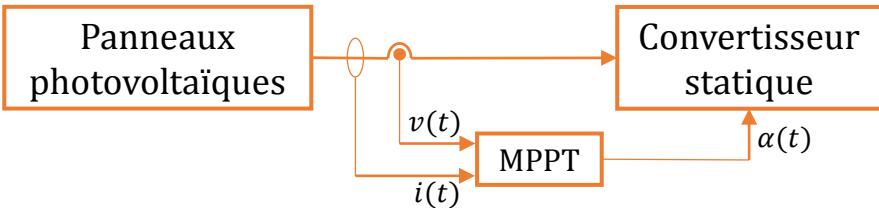
## ❖ Implémentation sous Simulink

Puissance avec et sans MPPT en fonction du temps

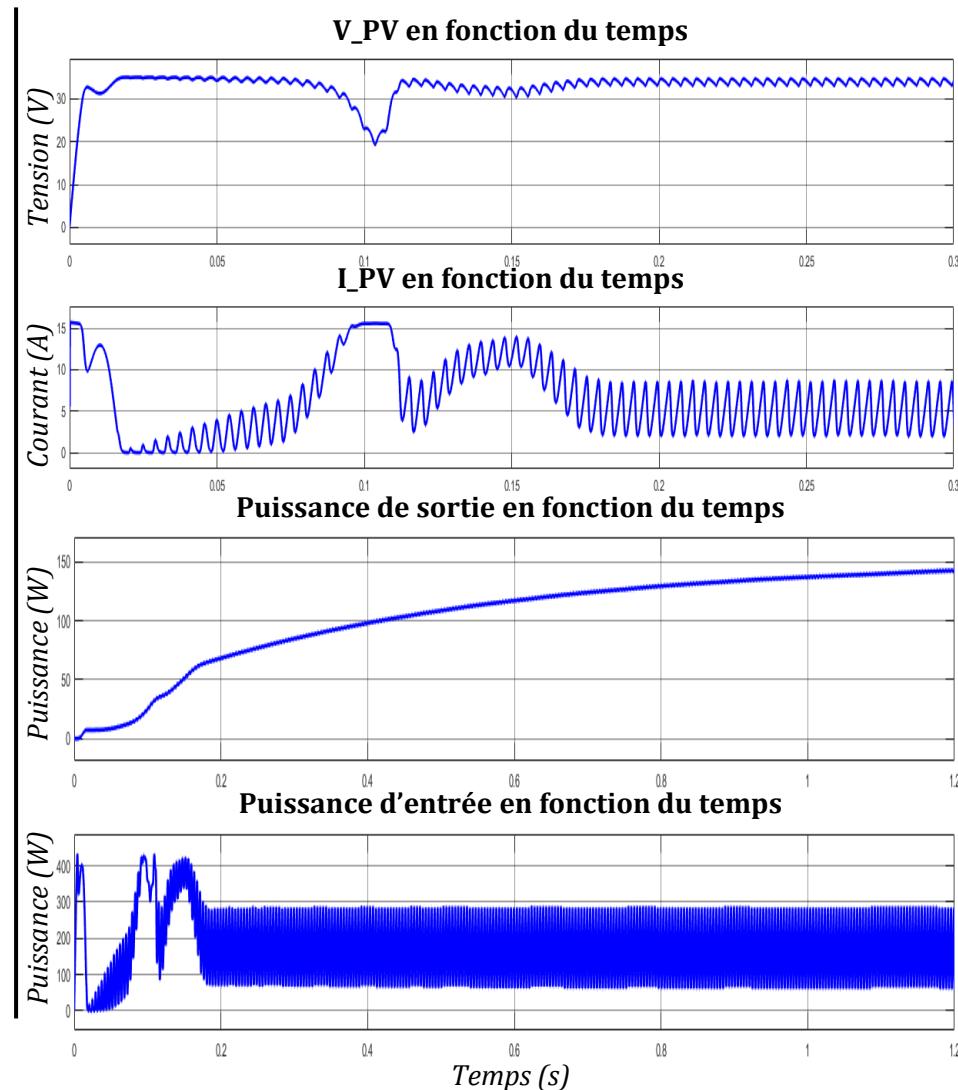
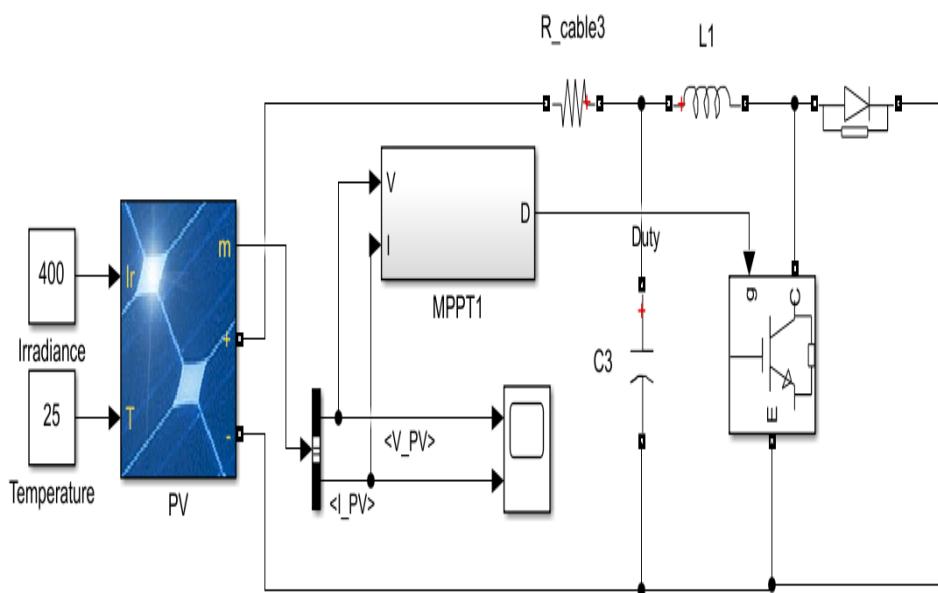


# Étude d'un modèle équivalent : apport énergétique

## ❖ Schéma bloc

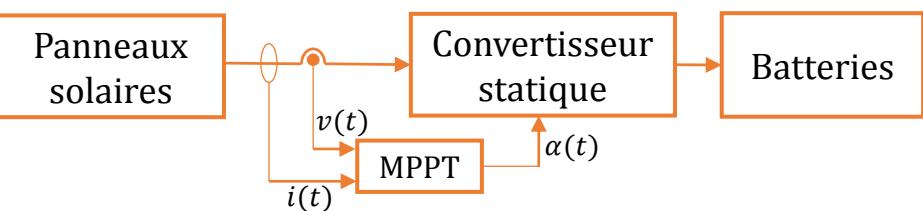


## ❖ Modèle Simulink

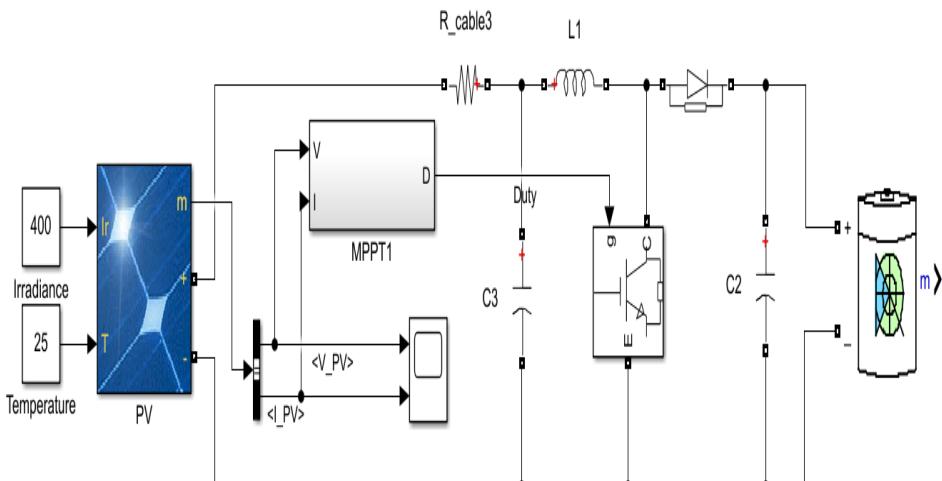


# Étude d'un modèle équivalent : stockage

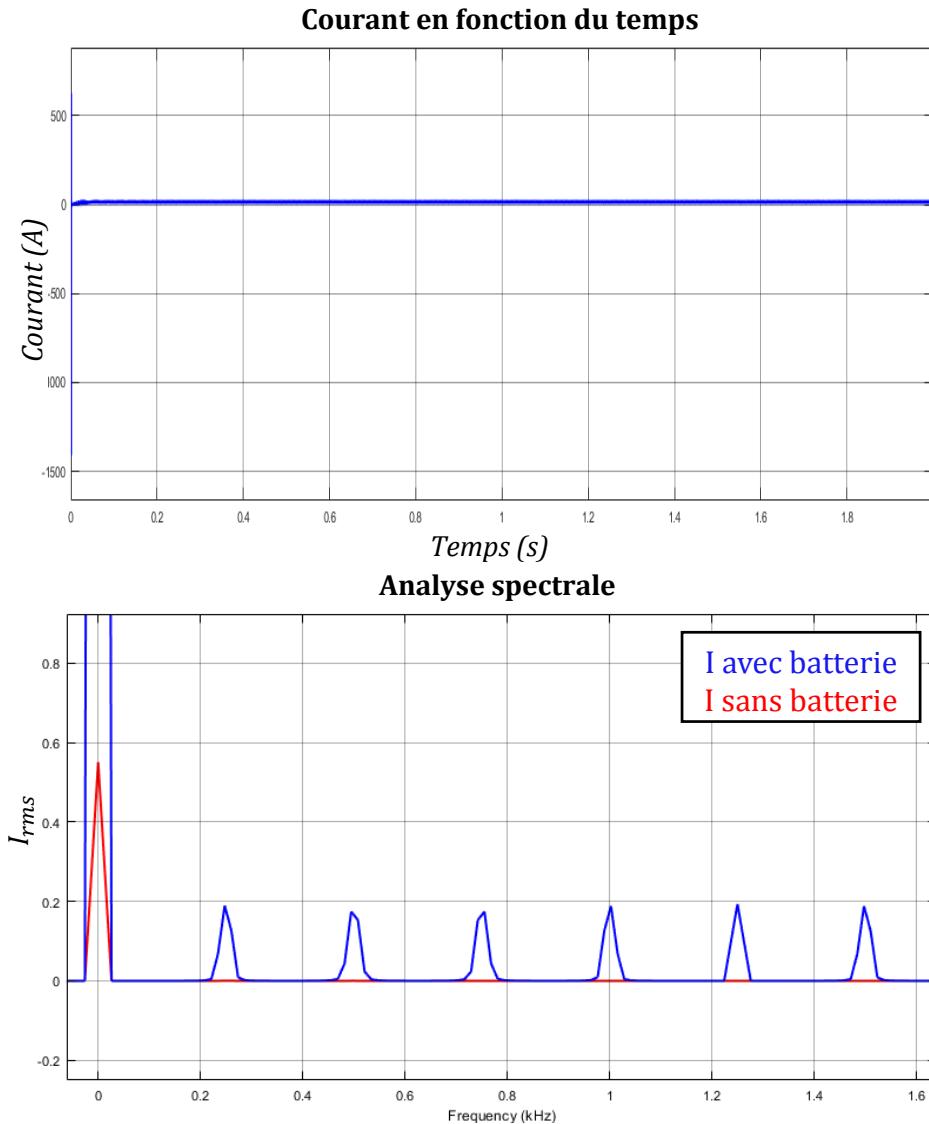
## ❖ Schéma bloc



## ❖ Modèle Simulink

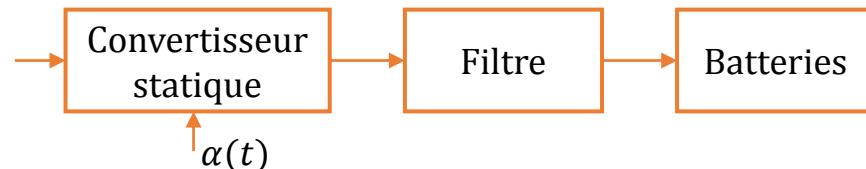


$$SOC_i = 45\% , V_{nominal} = 24\text{ V} , Capacité = 50\text{ Ah}$$



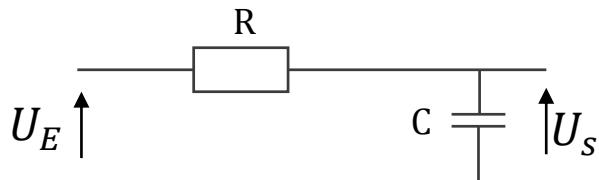
# Étude d'un modèle équivalent : traitement

## ❖ Schéma bloc

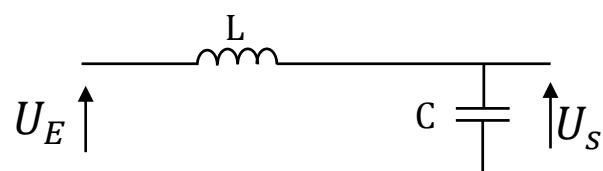


## ❖ Choix du filtre

Passe-bas d'ordre 1 :



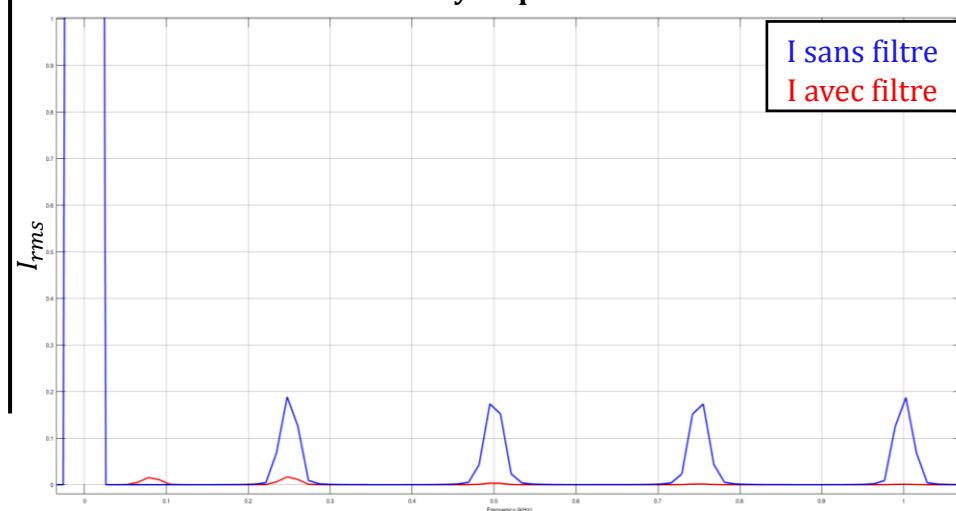
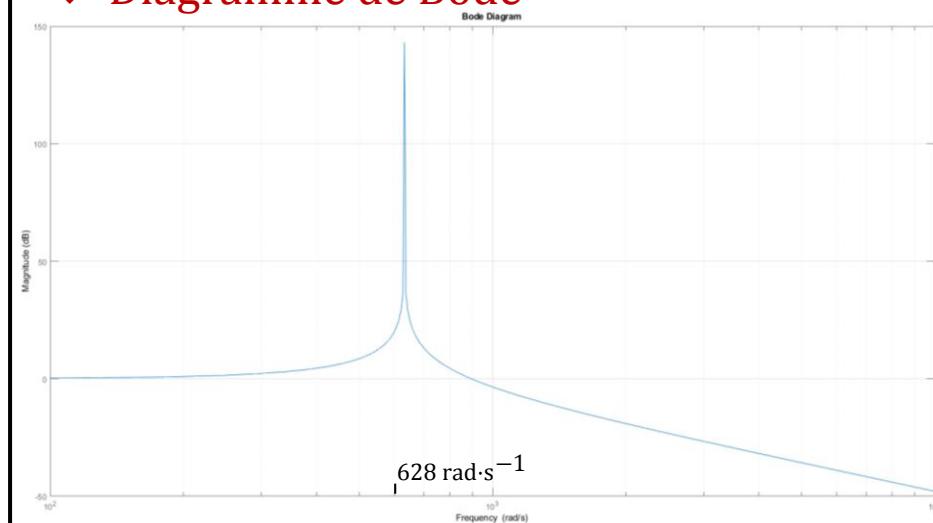
Passe-bas d'ordre 2 :



$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad L = 2,5 \text{ mF et } C = 1 \text{ mF}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 628 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}, H_0 = 1$$

## ❖ Diagramme de Bode

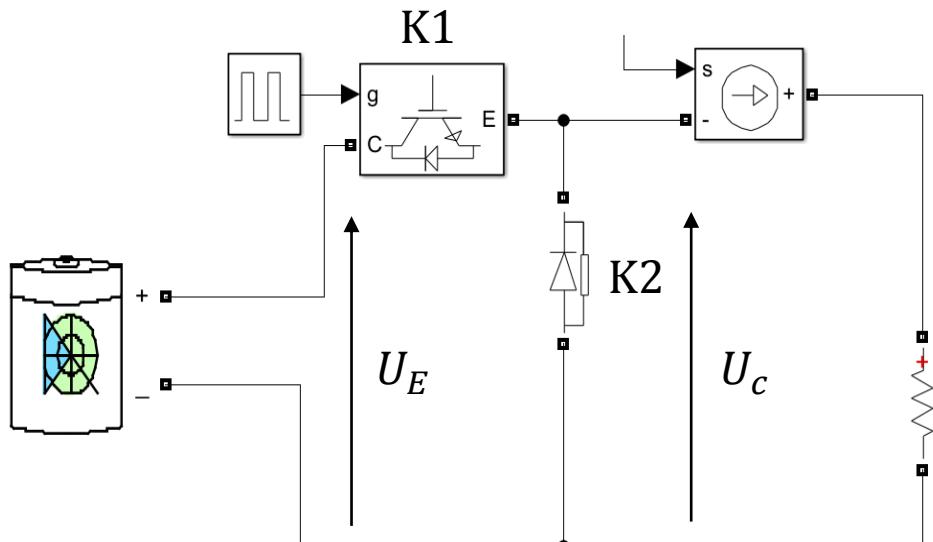


# Étude d'un modèle équivalent : alimentation instruments

## ❖ Schéma bloc

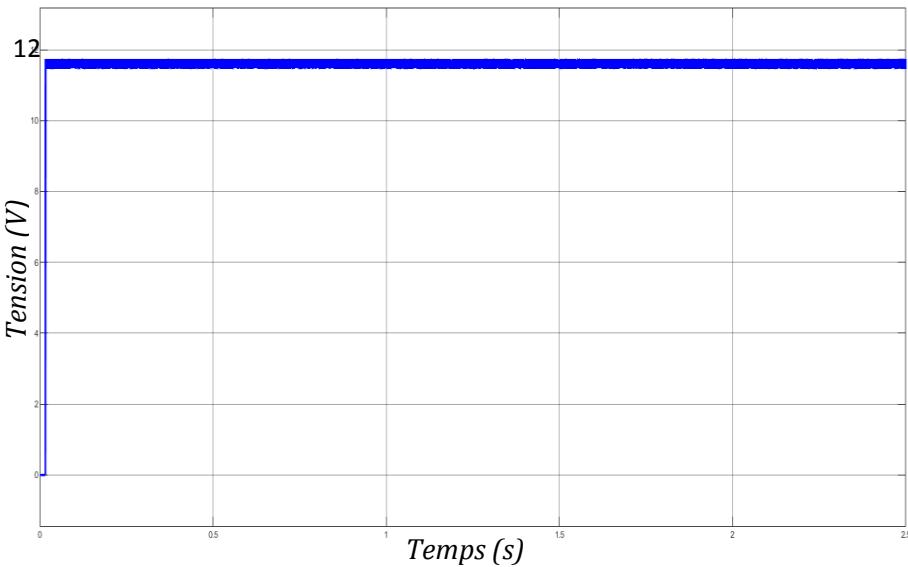
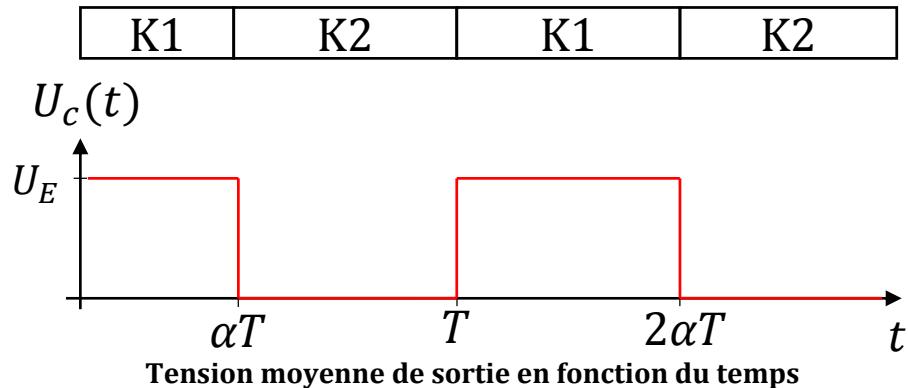


## ❖ Modèle Simulink

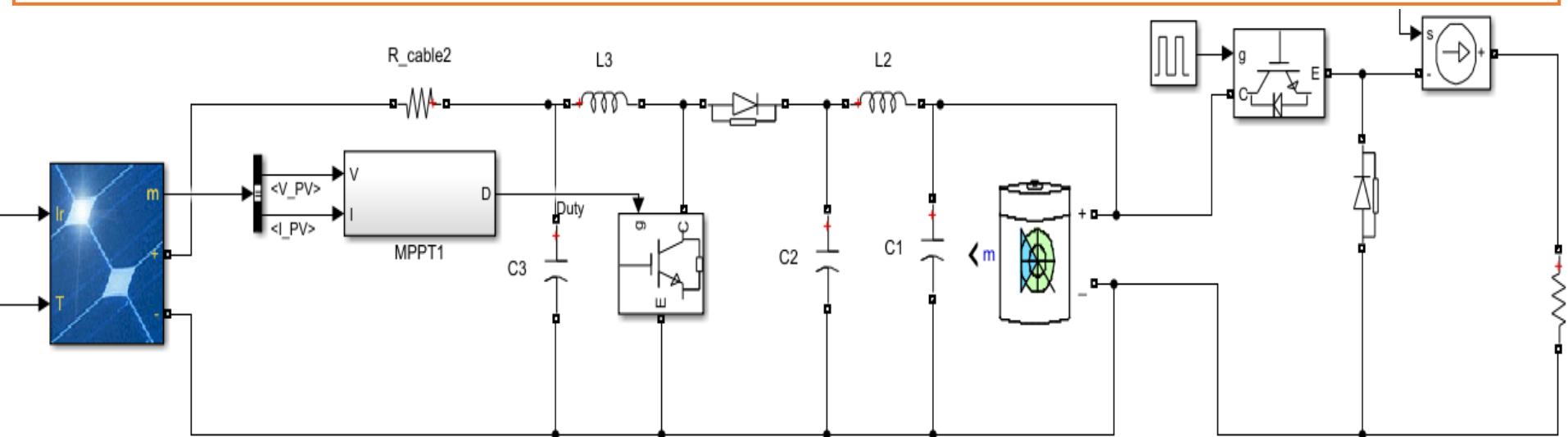


$$\langle u_c \rangle = \alpha U_E \text{ avec } \alpha \in ]0; 1[ \quad U_E = 24 \text{ V}$$

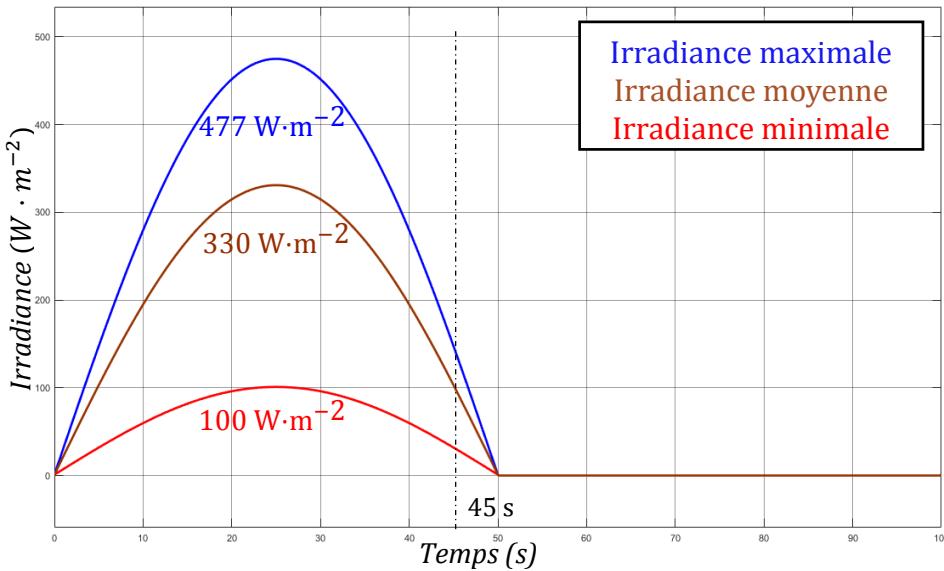
## ❖ Chronogrammes



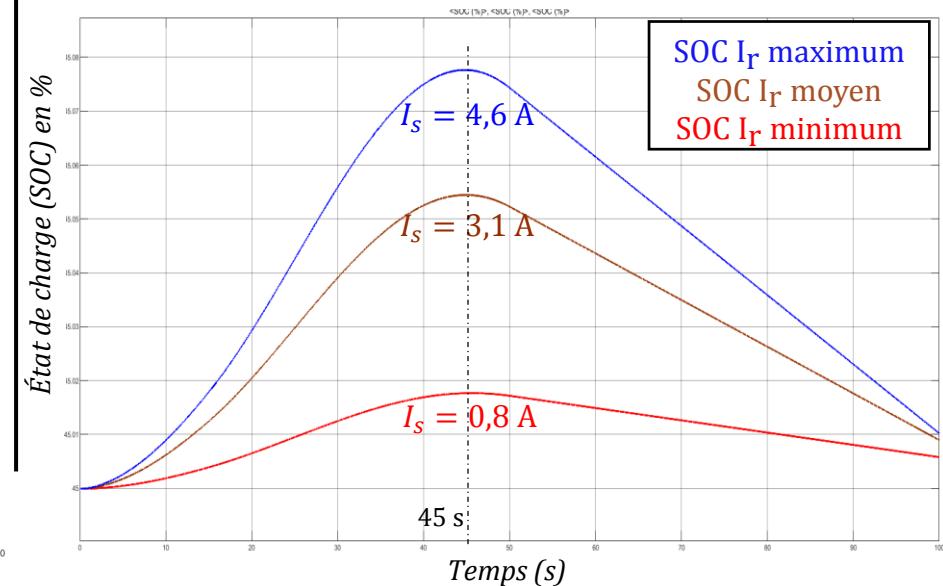
# Résultat du modèle équivalent



Irradiance en fonction du temps



Etat de charge en fonction du temps



# Conclusion

**Rappel de la problématique :** comment assurer une autonomie énergétique suffisante et pérenne de la sonde InSight, visant à limiter la décharge des batteries pour tenir le temps de la mission à 4 ans.

**Objectif :** consommation < production

Irradiance  $477 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$   $\Rightarrow I_{max} = 4,6 \text{ A}$

Irradiance  $330 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$   $\Rightarrow I_{max} = 3,1 \text{ A}$

Irradiance  $97 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$   $\Rightarrow I_{max} = 0,8 \text{ A}$

## Hypothèses

- ❖ Température constante
- ❖ Consommation constante
- ❖ Batterie idéale