

Mise en situation et problématique

Mise en service des instruments scientifiques (SEIS, APSS, ...)

Besoin

Nécessite un apport en énergie électrique

Contrôles

Surveillance de la consommation d'énergie
Surveillance état des batteries

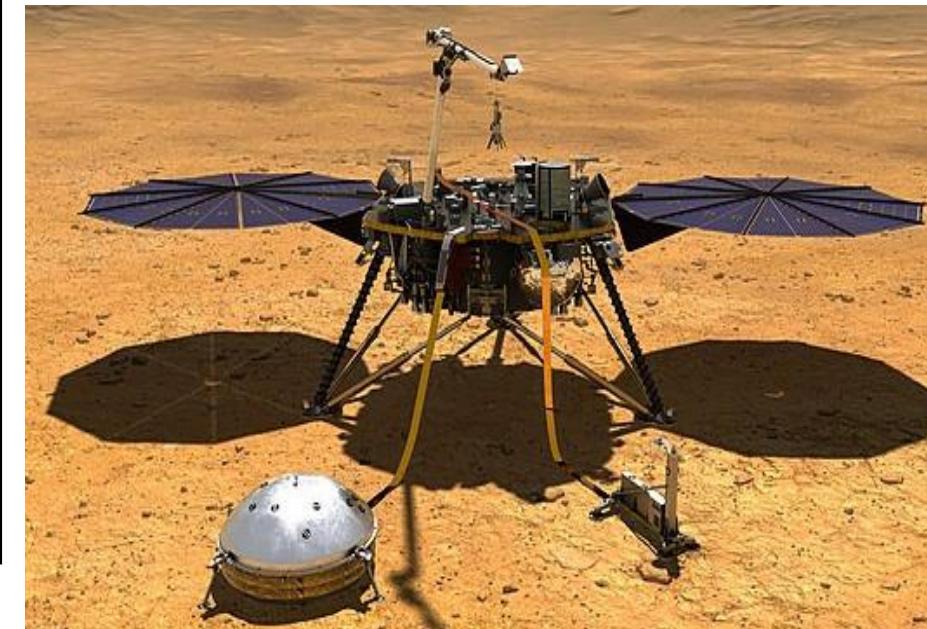
Risques

Coupure/Insuffisance d'énergie électrique

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/ Le système énergétique

- ❖ Fonctionnement énergétique
- ❖ Optimisation de la puissance

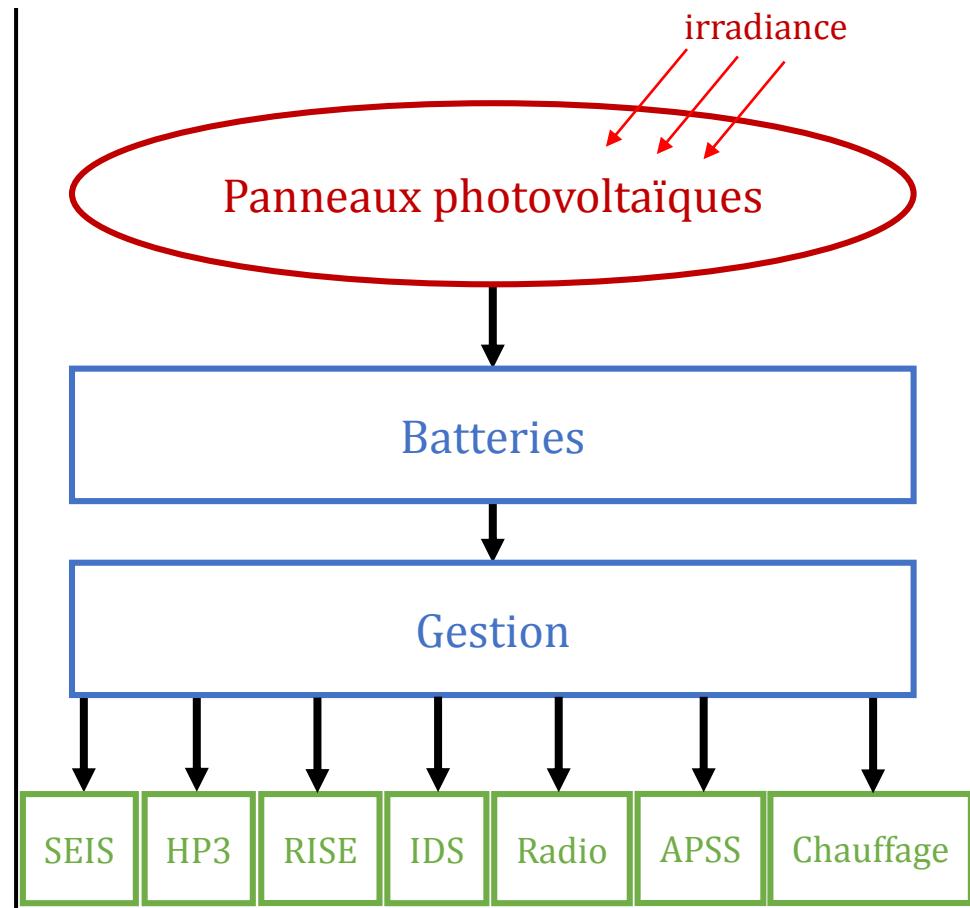
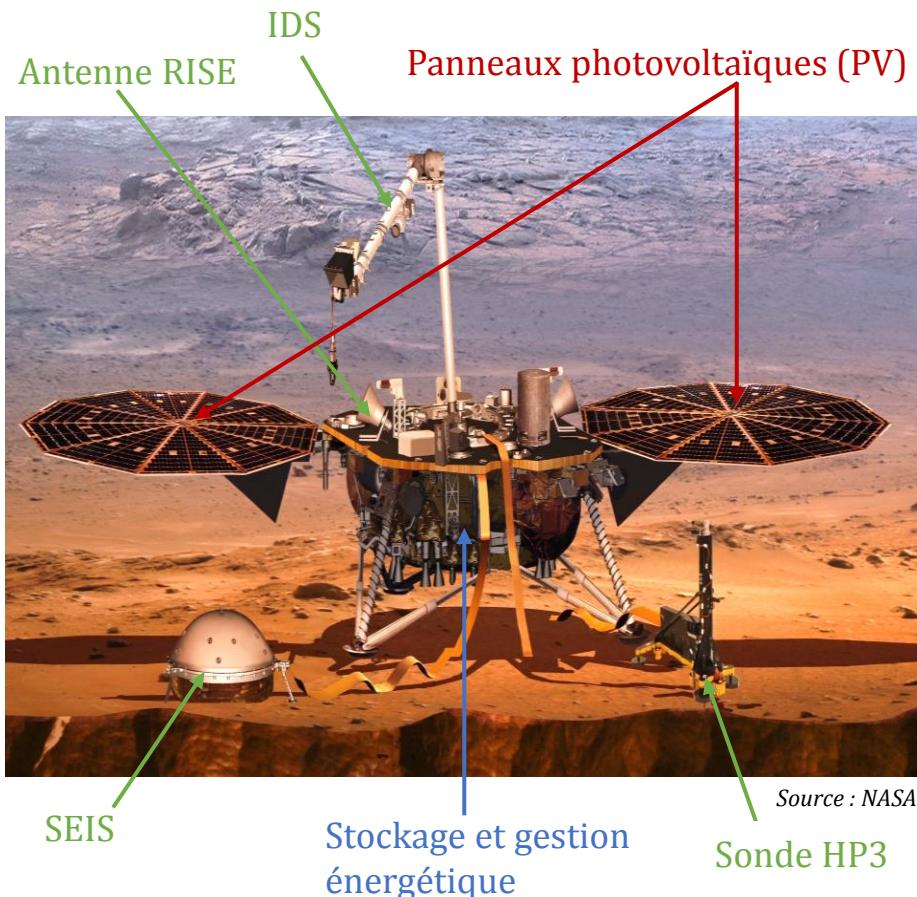
IV/ Modélisation

- ❖ Acquisition énergétique
- ❖ Stockage
- ❖ Traitement
- ❖ Charges électriques

V/ Conclusion

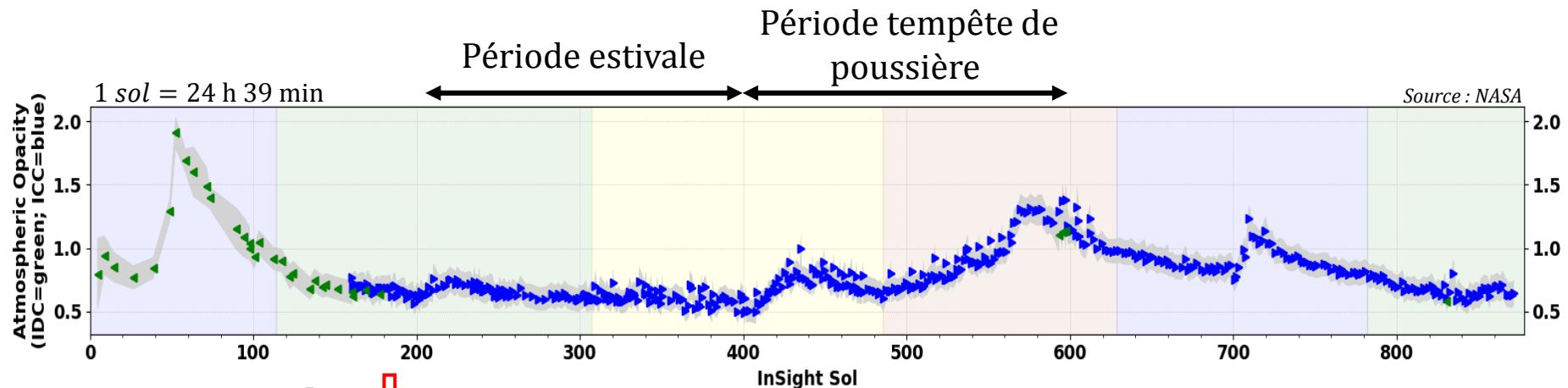
- ❖ Résultat du modèle équivalent
- ❖ Analyse et réponse à la problématique

Anatomie de la sonde



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

Fonctionnement énergétique



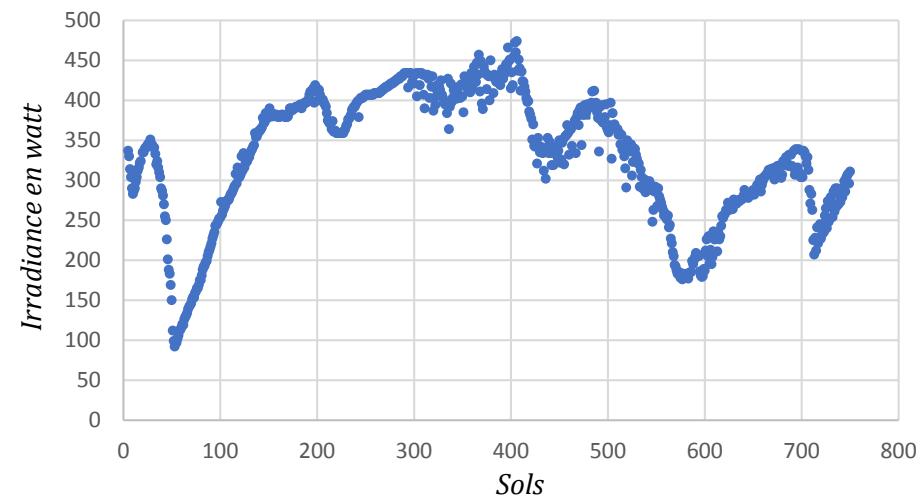
$$T_r = 100 \cdot e^{-\tau}$$

$$P_{s,Mars} = 586 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$



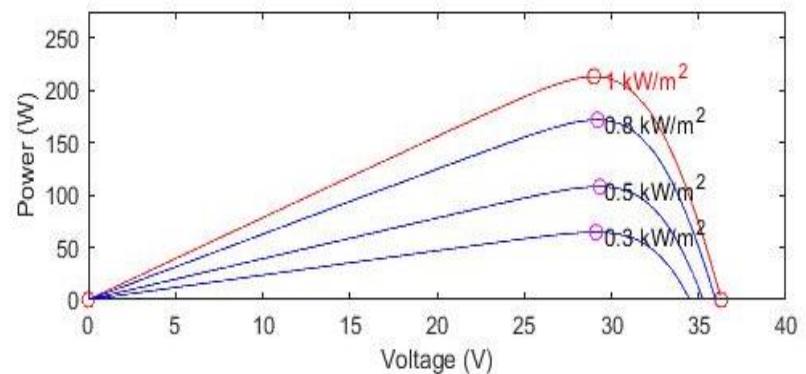
$$I_r = T_r \cdot P_{s,Mars}$$

Irradiance en fonction des sols



$$\langle P_{min} \rangle = 92 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \quad \langle P_{max} \rangle = 474 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

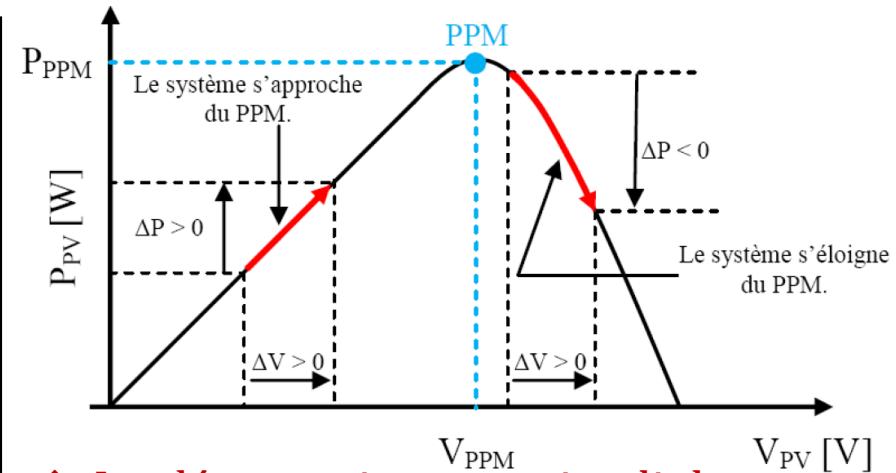
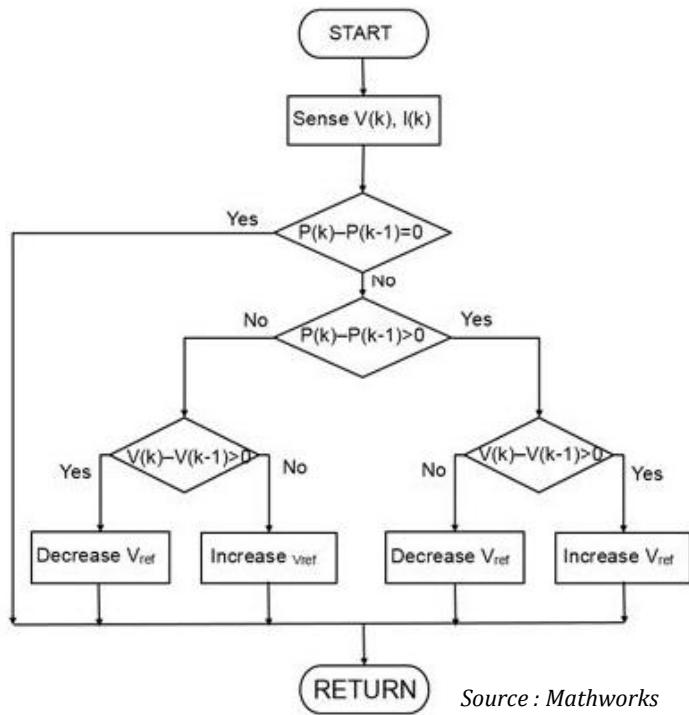
$$P_{moy} = 330 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$



Optimisation de la puissance

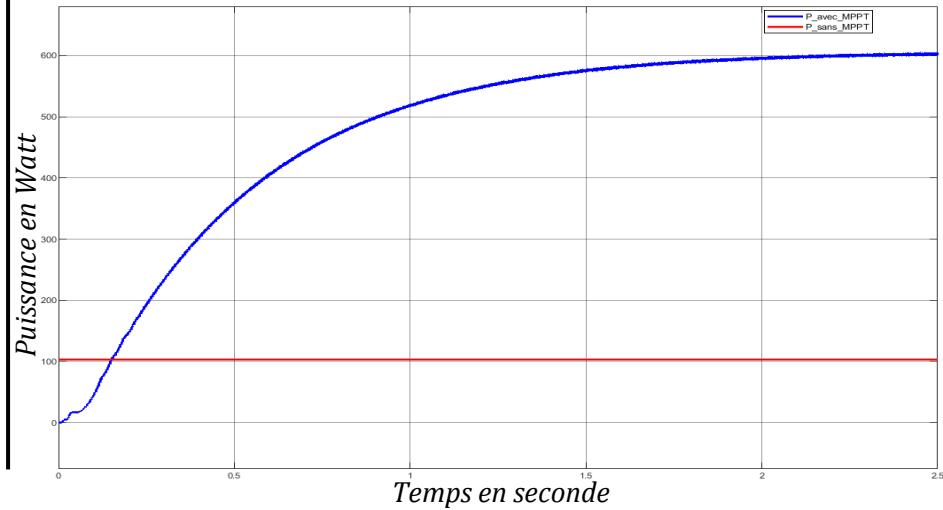
MPPT : Maximum power point tracker
(recherche de la puissance maximale)

❖ Algorithmes (P&O)



❖ Implémentation sous simulink

Puissance avec et sans MPPT en fonction du temps



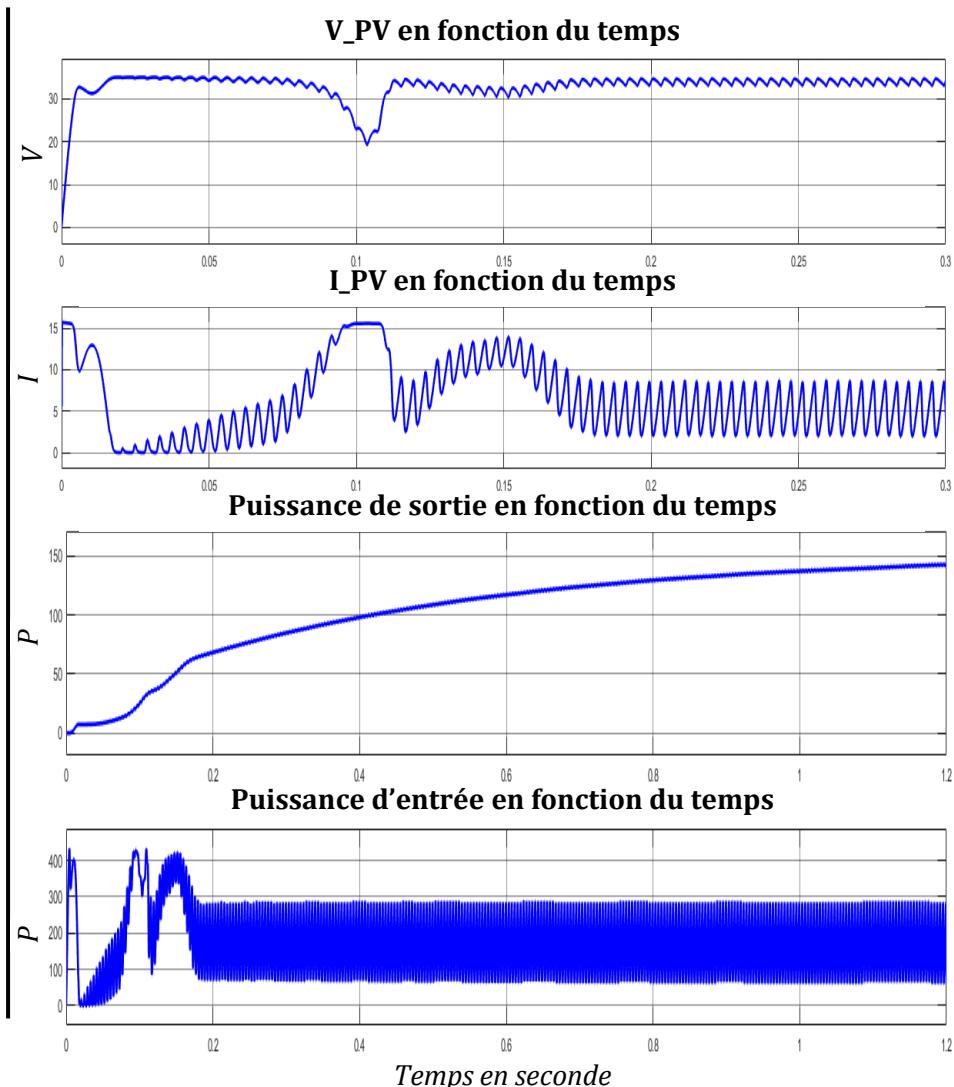
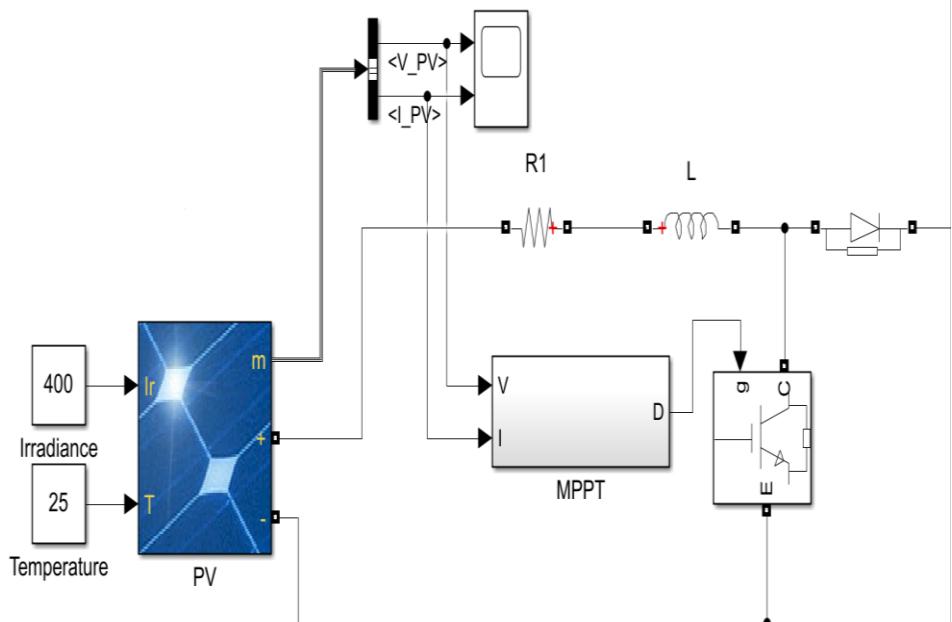
$$\bullet \langle P_{MPPT} \rangle = 475 \text{ W} \quad \bullet \langle P_{wMPPT} \rangle = 105 \text{ W}$$

Étude d'un modèle équivalent : Acquisition énergétique

❖ Schéma bloc

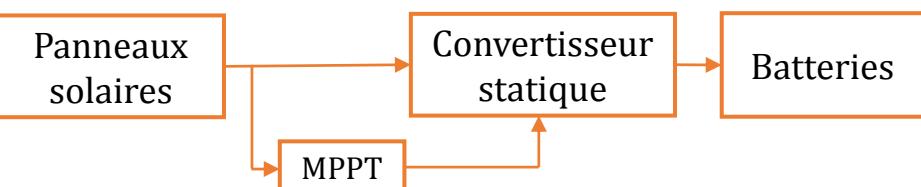


❖ Étude du convertisseur statique

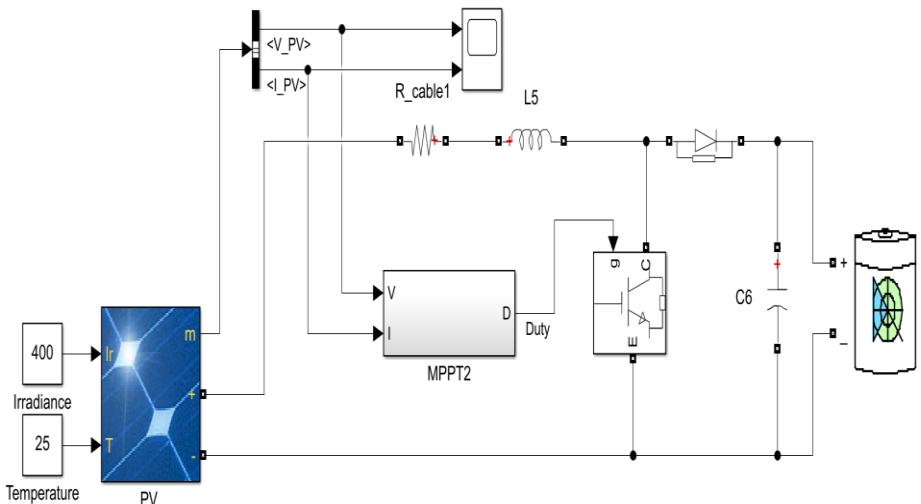


Étude d'un modèle équivalent : Stockage

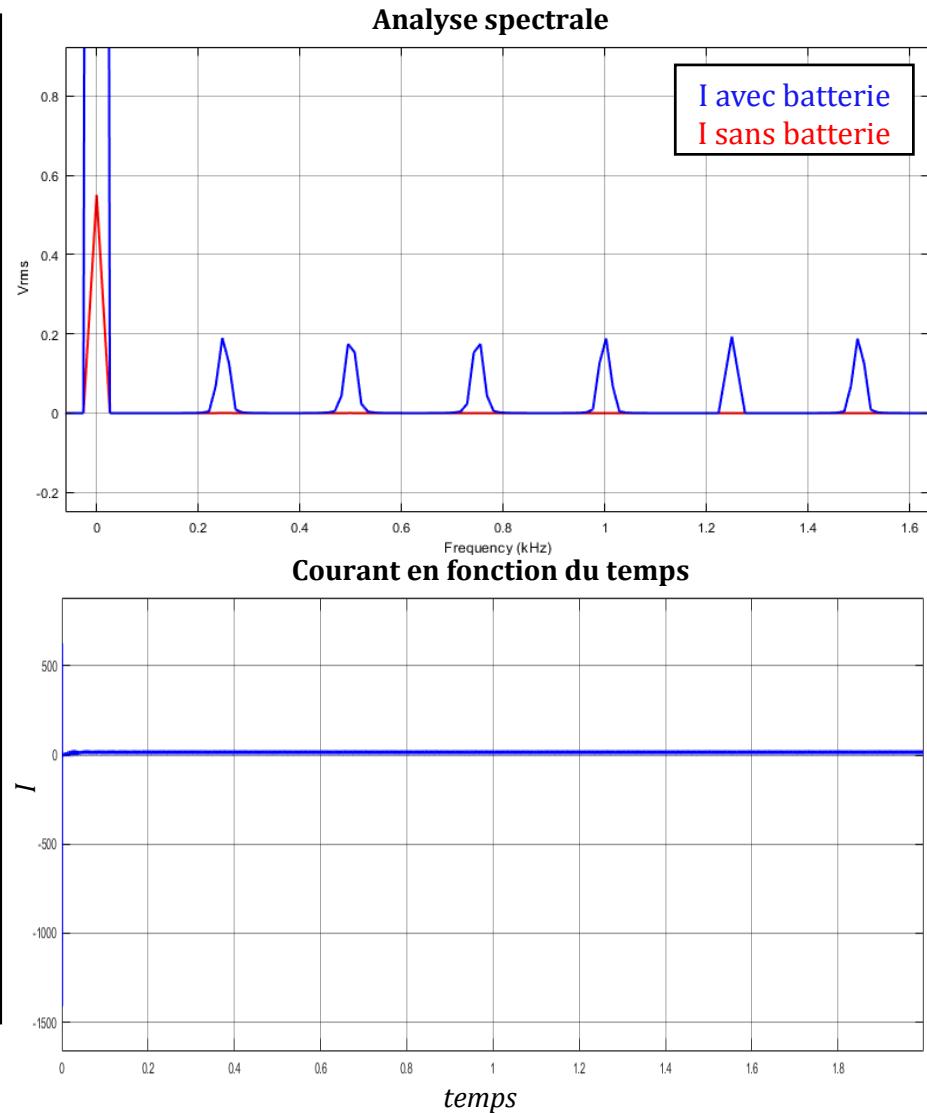
❖ Schéma bloc



❖ Modèle Simulink

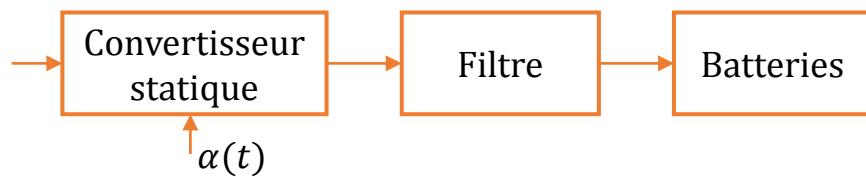


$$SOC_i = 45\% , V_{nominal} = 24 \text{ V} , Capacité = 50 \text{ Ah}$$



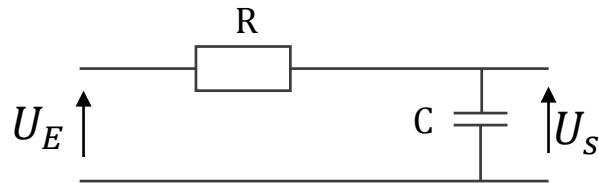
Étude d'un modèle équivalent : Traitement

❖ Schéma bloc



❖ Choix du filtre

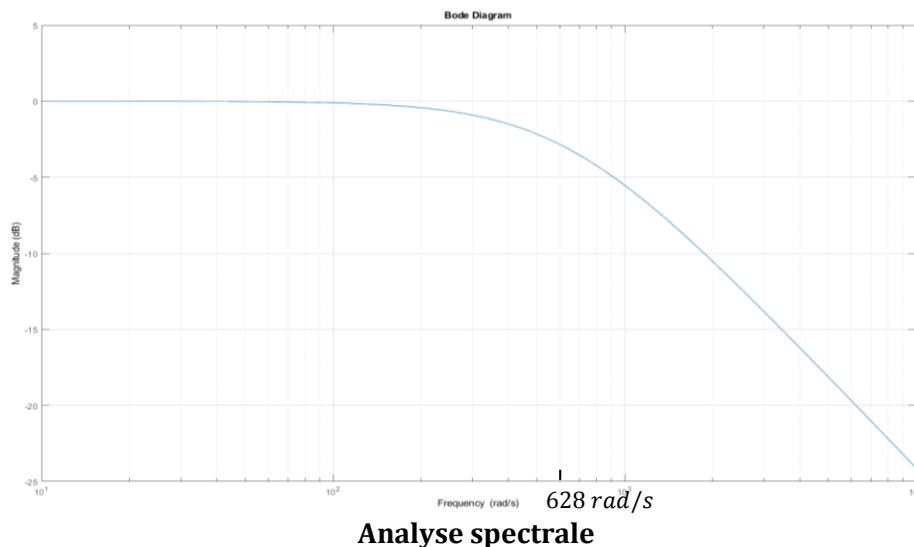
Passe-bas d'ordre 1 :



$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}} \quad R = 160 \Omega \text{ et } C = 10 \mu\text{F}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = 628 \text{ rad}\cdot\text{s}, H_0 = 1$$

❖ Diagramme de Bode



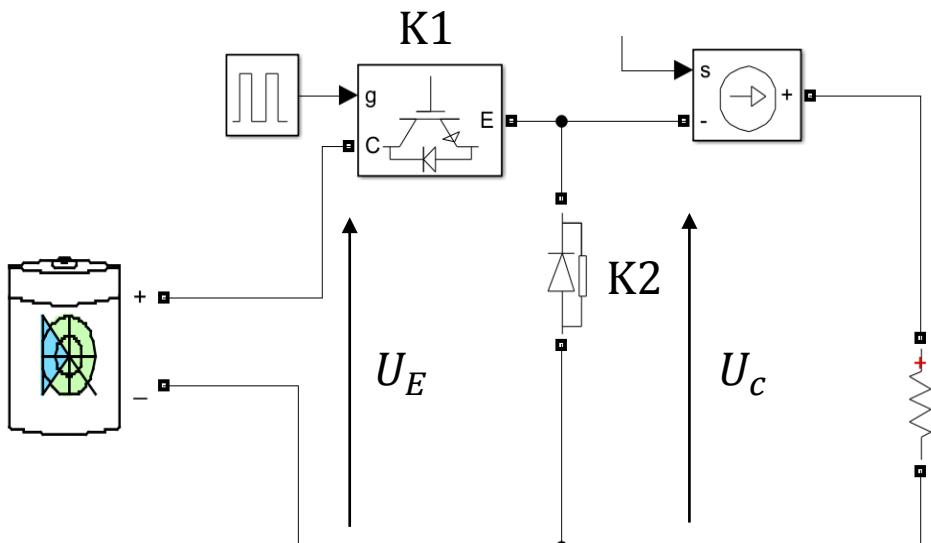
I avec filtre
I sans filtre

Étude d'un modèle équivalent : Alimentation instruments

❖ Schéma bloc

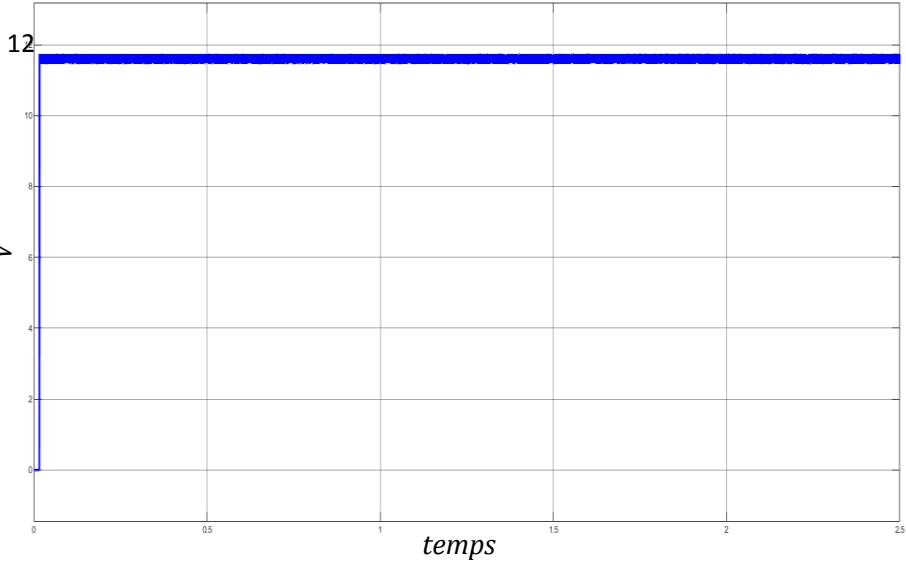
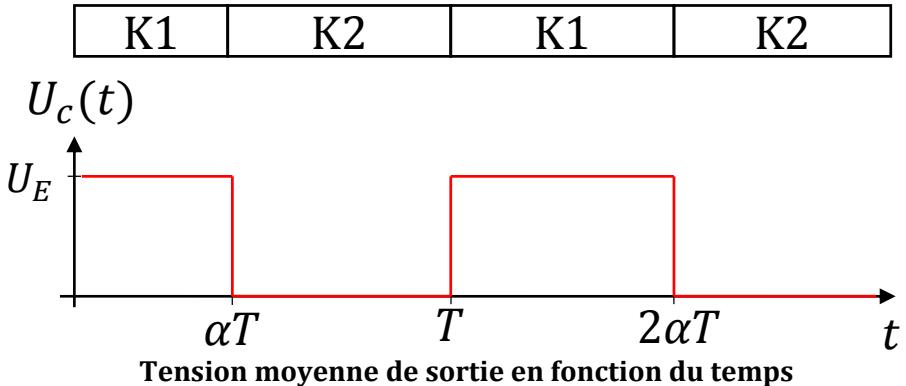


❖ Modèle Simulink

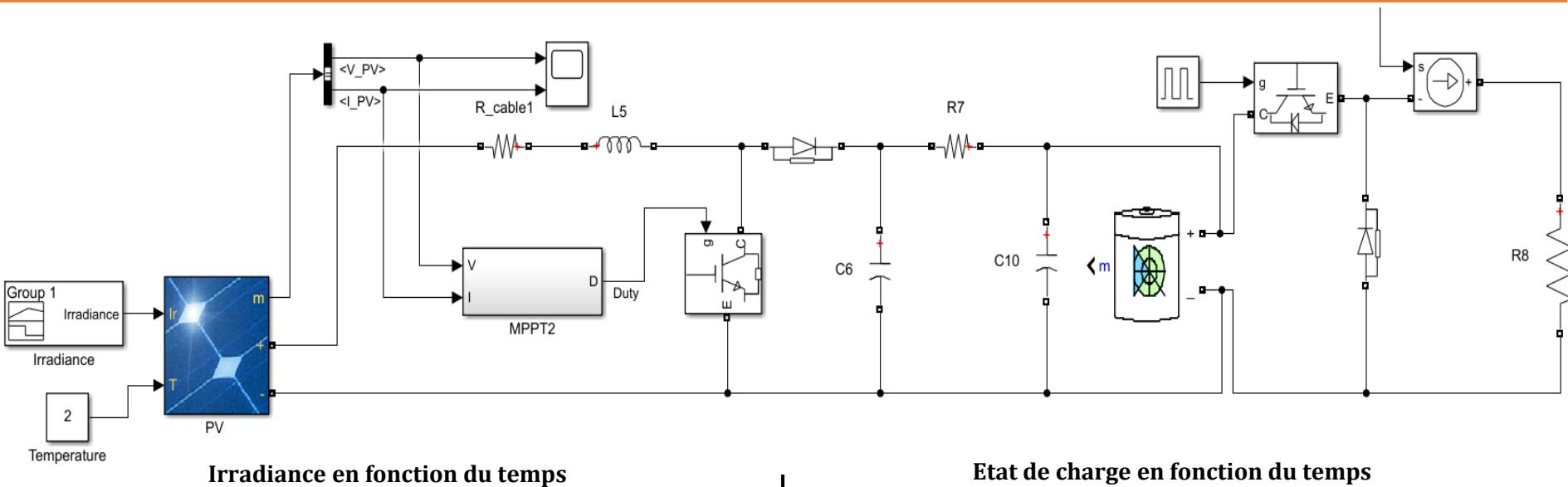


$$\langle u_c \rangle = \alpha U_E \text{ avec } \alpha \in]0; 1[\quad U_E = 24 \text{ V}$$

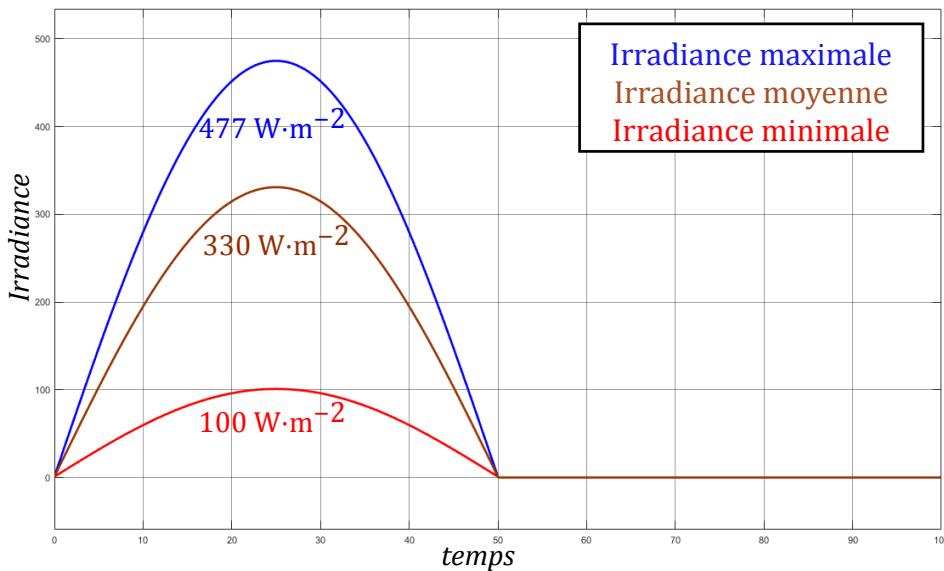
❖ Chronogrammes



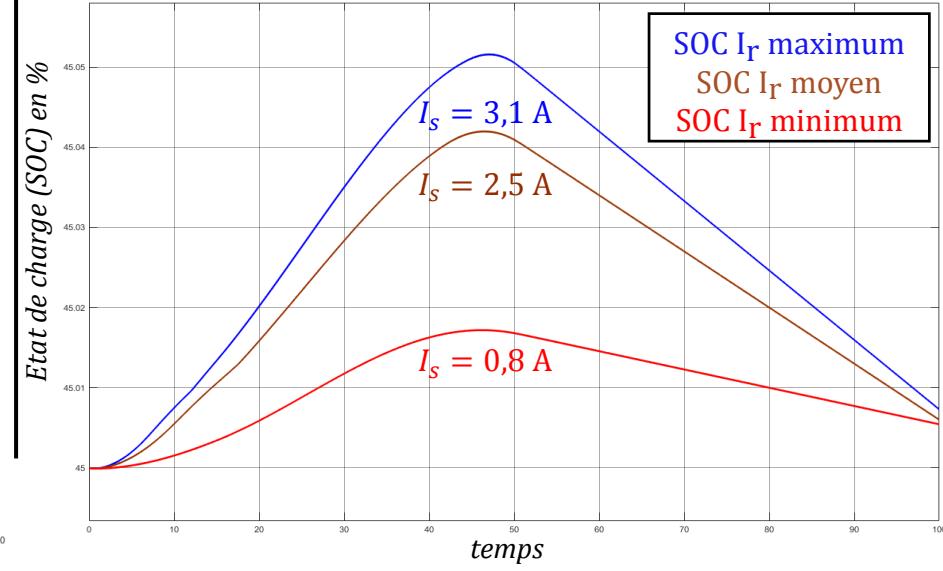
Résultat du modèle équivalent



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

$$\text{Irradiance } 477 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \Rightarrow I_{max} = 3,1 \text{ A}$$

$$\text{Irradiance } 330 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \Rightarrow I_{max} = 2,5 \text{ A}$$

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

Hypothèse

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