

# Optimisation d'unités de production d'électricité solaire

## DOSSIER D'ÉTUDE



## Présentation de l'épreuve et consignes

Cette épreuve, d'une durée totale de 4 heures, **n'est pas une épreuve écrite** : il n'est donc pas demandé de rédiger un compte-rendu. Des feuilles vierges sont disponibles sur le poste pour la prise de notes.

Pendant toute la durée de l'épreuve, il ne faut pas hésiter à faire appel à un examinateur en cas de problème technique

Cette épreuve s'articule en **quatre parties** clairement identifiées dans le texte.

---

### Consignes pour la première partie

---

La 1<sup>ère</sup> partie, d'une durée de 30 à 45 minutes, a pour objectif de s'approprier le support et la problématique de l'étude.

À la fin de cette première partie, un exposé d'une durée maximale de 5 minutes est demandé. Cet exposé doit permettre de présenter le support et la problématique et, de mettre en évidence l'écart existant entre les performances attendues du support comparativement à des performances mesurées et d'exposer la problématique posée.

Pendant le temps de préparation de cette première partie, il ne faut pas hésiter à faire appel à un examinateur en cas de problème (lors de l'utilisation du système, incompréhension des questions posées ou des manipulations proposées, etc.).

Lors de la présentation, il n'est pas nécessaire d'exposer les réponses dans l'ordre des activités demandées. Un échange avec l'examinateur suivra l'exposé.

La présentation prête, le signaler à l'examinateur et poursuivre, sans attendre, l'étude.

---

### Consignes pour la deuxième partie

---

La deuxième partie, d'une **durée maximale de 1 heure**, est **réalisée en autonomie** à partir d'objectifs clairement indiqués.

Les activités proposées dans cette deuxième partie s'inscrivent dans la continuité de celles de la première partie, ne sont pas totalement guidées et doivent être partiellement développées à l'initiative du candidat.

Il est donc demandé, dans cette deuxième partie :

- de développer un modèle dont l'exploitation fait l'objet des activités de la troisième partie
- d'imaginer, de mettre en œuvre, une démarche permettant de proposer un modèle (statique ou dynamique) et des procédures afin de le recalibrer et/ou de le valider.

À l'issue de cette partie, un exposé d'une **durée maximale de 5 minutes** est demandé.

Un échange avec l'examinateur suivra l'exposé et un choix de modélisation sera retenu.

---

### Consignes pour la troisième partie

---

Pendant la troisième partie, les activités proposées permettront de :

- vérifier les performances attendues d'un système complexe.
- construire et valider, à partir d'essais, des modélisations d'un système complexe.
- et prévoir des performances d'un système complexe en vue d'imaginer et choisir des solutions d'évolution répondant à un besoin exprimé.

Durant cette partie, il est demandé de **préparer les réponses aux activités proposées en suivant l'ordre imposé et les indications du texte.**

Durant cette étude, l'examineur passera très régulièrement pour des échanges en vue de valider la progression dans les activités proposées.

---

## Consignes pour la quatrième partie

---

Au cours de l'interrogation, des éléments seront fournis pour permettre de construire une synthèse finale quel que soit le nombre d'activités abordées.

Quel que soit l'état d'avancement de l'étude, **les 30 dernières minutes de l'épreuve seront consacrées à la quatrième et dernière partie visant à l'élaboration de la synthèse finale.**

Cette synthèse de fin d'épreuve est globale et est présentée pendant le dernier quart d'heure de l'épreuve. Elle doit permettre de :

- conclure quant à la problématique abordée dans le TP ;
- préciser la ou les démarche(s) adoptées pour répondre au problème posé ;
- et montrer la capacité à utiliser les résultats obtenus (simulés ou mesurés) pour décider et choisir une évolution technique en rapport avec un cahier des charges.

**La synthèse sera présentée à un examinateur n'ayant pas suivi les activités proposées sur une durée maximale de 3 minutes.**

---

## Consignes générales

---

Lors de cette épreuve, **seule la qualité de la prestation orale est évaluée** mais, pour l'étayer, il est possible d'y associer des documents graphiques tels que des dessins, schémas et graphes, élaborés avec soin.

**Il est conseillé de faire, au fur et à mesure de l'avancement, des copies d'écran des mesures obtenues pour les insérer dans un document numérique à sauvegarder régulièrement** : pour ce faire, les suites LibreOffice et / ou Microsoft Office sont disponibles.

## Démarche d'ingénieur

Durant cette épreuve, le candidat sera amené à s'inscrire dans la démarche de l'ingénieur d'analyse et de résolution de problèmes sur un système complexe industriel telle qu'explicitée dans le programme officiel de la filière PSI et dont on rappelle qu'elle comporte :

- **trois domaines d'étude** :
  - domaine du commanditaire avec des performances souhaitées ;
  - domaine du laboratoire avec des performances mesurées ;
  - domaine de la simulation avec des performances estimées.
- et **trois écarts** entre ces différents domaines.

Conformément aux attendus de la filière PSI, le candidat devra **être capable de situer** le domaine sur lequel l'étude **en cours** est menée : lors des échanges avec l'interrogateur, **il est donc demandé de faire spécifiquement référence à tout ou partie de ces trois écarts.**

## Présentation du poste de travail

Pour l'ensemble des études, le matériel suivant est mis à disposition :

- un panneau solaire orientable équipé d'un capteur d'orientation des rayons du soleil ;
- un boîtier de commande permettant de piloter le panneau solaire ;
- une source de lumière avec un écran blanc monté sur pied pour simuler le soleil ;
- un laser et un rapporteur fixés sur le panneau solaire ;
- un banc d'essai dédié au capteur d'orientation du soleil ;
- un oscilloscope numérique 4 voies pré-réglé et relié à une sonde de tension et une sonde de courant ;
- un multimètre ;
- un luxmètre ;
- un poste informatique sur lequel sont installés une suite bureautique, un chronomètre, une interface logicielle de pilotage du système et d'acquisition de données et un logiciel permettant d'effectuer des simulations dynamiques (SCILAB) ;
- un classeur comprenant les activités à réaliser ainsi qu'un dossier technique et un dossier ressources.

---

# Première partie

---

**Objectifs :**

*Dans cette première partie, les activités proposées ont pour objectif de s'approprier le support matériel du TP, la problématique du TP, et de vérifier les performances attendues.*

**Cette partie est d'une durée approximative de 30 à 45 minutes.**

## 1. Mise en évidence de la problématique

La société Electra spécialisée en énergie renouvelable désire être un acteur dans le marché des sites de production d'énergie électrique constitués de panneaux solaires photovoltaïques orientés en permanence en direction du soleil (« Tracker » solaire), qui fournissent une quantité d'énergie supérieure à celle fournie par les sites équipés de panneaux fixes. Pour être compétitif sur ce marché, le cahier des charges impose une erreur de traînage dans le suivi du soleil inférieure à 1° tout en minimisant la consommation énergétique nécessaire à l'orientation du panneau.

Disposant d'un système d'orientation destiné aux petites unités de production, dont le panneau solaire orientable à votre disposition, le bureau d'étude de la société souhaite vérifier si le principe utilisé sur ce système pourra être utilisé dans un site de production important. L'étude qui suit vise en particulier à vérifier qu'il sera possible de garantir la contrainte de précision du positionnement des panneaux solaires imposée par le cahier des charges.

- Consulter le dossier technique.
- Consulter l'aide de l'interface graphique (raccourci "PanneauSolaire" sur le bureau).
- Consulter le dossier ressources page 7.

### Activité 1 : Prise en main du système

- Positionner le commutateur du panneau solaire sur le mode manuel, puis établir la commande logicielle avec le boîtier de commande.
- Régler le rapport cyclique de commande des moteurs (menu « Réglage des seuils ») à la valeur 100. Évaluer expérimentalement les vitesses de rotation des deux angles d'élévation et d'azimut.
- Conclure sur la capacité du panneau solaire à suivre le soleil.

### Activité 2 : Analyse des solutions techniques retenues

- Compléter le diagramme fonctionnel du système (document réponse DR1). Identifier en particulier les différents capteurs et actionneurs présents sur le système. Quelles sont les principales différences entre l'axe Nord Sud et l'axe Est Ouest ?
- Proposer un schéma cinématique simple du mécanisme (vous ne ferez pas apparaître les moteurs et les réducteurs).

Le mode automatique « Suivi intelligent » du programme implanté dans le microcontrôleur sera utilisé dans les activités suivantes.

Le principe adopté est le suivant : dès que l'écart d'orientation dépasse un seuil en degré prédéfini, le panneau se met en mouvement et tourne d'un certain angle pour annuler cet écart. Un codeur incrémental implanté sur l'axe moteur est exploité pour déterminer cet angle.

L'écart d'orientation est obtenu à l'aide du capteur d'orientation solaire.

L'étude sera effectuée avec l'axe Est-Ouest, le principe étant identique pour l'axe Nord-Sud.

### **REMARQUES PRELIMINAIRES DE SECURITE**

- Lorsque le laser est allumé, rester derrière le panneau.
  - Éteindre le laser lorsque les essais sont terminés.
  - Veiller à déplacer avec précaution la source lumineuse pour ne pas perturber les autres candidats.
- 
- Allumer le laser et orienter le panneau manuellement en direction de la source lumineuse si celle-ci n'est pas en face.
  - Choisir le mode « Suivi intelligent » sur l'interface graphique.
  - Basculer la commande en mode automatique.
  - Allumer et déplacer la source lumineuse de telle manière à simuler le déplacement du soleil et observer le comportement du panneau solaire.

### **Activité 3 : Qualification de l'erreur de positionnement angulaire**

- **Evaluer l'erreur de positionnement angulaire (en degré) entre le panneau solaire et les rayons du soleil. Cette mesure peut être faite avec la fonction acquisition de l'interface graphique.**
- 
- Eteindre le laser pour préserver ses piles.
  - Décrocher et déconnecter le capteur d'orientation qui se situe sur le système réel.
  - Monter et connecter le capteur sur le banc d'essai à l'emplacement prévu.

### **Activité 4 : Analyse du comportement du capteur d'orientation**

- **Définir et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'obtenir la loi d'évolution de la tension délivrée par le capteur en fonction de l'angle d'incidence des rayons lumineux, pour un éclairage de 2000 Lux. Justifier la présence d'une plage morte autour d'un angle d'incidence du soleil de 0°.**

Equiper le capteur d'orientation solaire d'un cache sur sa partie supérieure comme cela est présenté sur la photo suivante :





## Activité 5 : Comportement du capteur d'orientation amélioré

- Relever la loi d'évolution de la tension délivrée par le capteur en fonction de l'angle des rayons lumineux, pour un éclairage de 2000 lux. Conclure quant à l'amélioration pouvant être apportée par cette solution technique sur la précision de positionnement.

## Activité 6 : Conclusion

- A l'aide des éléments obtenus, et en faisant référence à la démarche de l'ingénieur, proposer une conclusion sur l'étude menée au cours de cette partie.

### **Fin de la 1<sup>ère</sup> partie –**

Préparer une synthèse, d'une durée maximale de 5 minutes, sur les activités proposées dans cette 1<sup>ère</sup> partie : cette synthèse devra être faite de manière globale, en faisant référence à la démarche de l'ingénieur telle que définie dans le programme officiel de la filière TSI.

Dès que votre intervention orale est prête, le signaler à l'examineur, puis passer à la suite sans attendre.

---

## Deuxième partie

---

### **Objectifs :**

*Au vu des observations précédentes, il apparaît que la modification du capteur d'orientation solaire par la pose d'un cache semble être un préalable pour satisfaire l'exigence de précision de positionnement de 1°.*

*Le bureau d'étude désire faire appel à un modèle simulé pour prévoir les réglages nécessaires et estimer la consommation électrique de l'ensemble d'orientation.*

*Le modèle Scilab reproduisant le comportement du panneau solaire lors du mode « Suivi intelligent » a été établi.*

*Par contre, ce modèle dépend du comportement du capteur d'orientation solaire et des paramètres dépendent de la partie opérative (inertie, frottements, rapports de réduction, caractéristiques des moteurs,...).*

*Cette deuxième partie va permettre de définir ces éléments pour le panneau solaire orientable à votre disposition.*

**Durant cette partie, ne pas hésiter à solliciter l'aide de l'interrogateur en cas de difficulté. En l'absence d'appel, seule la présentation finale, d'une durée maximale de 5 minutes, sera évaluée.**

**Cette partie est d'une durée maximale de 1 heure : cette durée atteinte, il est donc demandé de passer à la partie 3 quel que soit l'état d'avancement de l'étude.**

- Consulter le dossier ressources pages 8 à 12.
- Ouvrir le modèle Scilab « Suivi\_intelligent\_EO\_capteur\_amélioré\_candidat ».

## 2. Modélisation de la chaîne fonctionnelle

### Activité 7 : Modélisation du capteur d'orientation

- A l'aide des relevés effectués lors de l'activité 5, compléter le bloc d'interpolation représentant le capteur d'orientation solaire. Approximer dans ce cas la courbe relevée par 3 segments de droite, ce qui revient à définir 4 points dans le bloc d'interpolation.

L'objectif des activités suivantes est de déterminer le modèle de l'axe Est-Ouest.

On suppose en première approximation que les seules actions mécaniques auxquelles est soumis le mécanisme de positionnement Est-Ouest sont le couple  $C_M$  du moteur à courant continu  $M_1$ , un couple de frottements secs  $C_S$  et un couple de frottement visqueux  $C_f$ . Le coefficient de frottements visqueux est noté  $f$ . On note  $J_T$  le moment d'inertie ramené sur l'axe du rotor du moteur. Enfin, le rapport de réduction en sortie du moteur est noté  $i_1$  et le rapport de réduction de la roue et vis sans fin est noté  $i_2$ .

Le moteur est alimenté par une tension  $U_M$  et il est parcouru par un courant  $I$ . La résistance d'induit est notée  $R$  et l'inductance d'induit  $L$ . La constante de force électromotrice est notée  $k_e$  et la constante de couple  $k_t$ .

- Consulter le dossier technique pages 6 à 10.

### Activité 8 : Modélisation de la partie opérative

- Appliquer le théorème de l'énergie cinétique à l'axe du rotor du moteur  $M_1$  et rappeler les équations principales du moteur. Compléter ensuite le schéma bloc du document réponse DR2.
- A l'aide de la documentation technique, déterminer les valeurs de  $R$ ,  $L$ ,  $k_e$ ,  $k_t$ ,  $i_1$ ,  $i_2$ .

### Activité 9 : Détermination de l'inertie

- A l'aide d'un modèleur volumique, le moment d'inertie au niveau de l'axe de rotation autour de l'axe vertical a été déterminé égal à  $0,75 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . En exploitant les éléments du dossier technique, déterminer la valeur de  $J_T$ .

Pour déterminer  $C_S$  et  $f$ , il est nécessaire de faire varier la vitesse du moteur. La tension d'alimentation de ce dernier peut être modifiée en agissant sur le rapport cyclique de commande des moteurs.

### Activité 10 : Protocole de mesure des frottements

- Définir un protocole pour mesurer le couple moteur  $C_M$  en fonction de la vitesse de rotation  $\omega$ . Proposer ensuite la méthode permettant de déterminer les valeurs de  $C_S$  et de  $f$  à l'aide du tracé de  $C_M$  en fonction de  $\omega$ .

### **Fin de la 2<sup>ème</sup> partie -**

Préparer une synthèse, d'une durée maximale de 5 minutes, sur les activités proposées dans cette 2<sup>e</sup> partie. L'indication et la justification des protocoles adoptés seront particulièrement validées.

Dès que votre intervention orale est prête, le signaler à l'examineur, puis passer à la suite sans attendre.



---

## Troisième partie

---

### **Objectifs :**

*Finaliser la modélisation de la chaîne fonctionnelle.*

*Régler les paramètres pour satisfaire l'exigence de précision.*

*Déterminer la consommation énergétique du système de positionnement.*

**Durant cette partie, l'interrogateur passera régulièrement faire des bilans : les présentations intermédiaires ne devront en aucun cas dépasser 3 minutes.**

**En l'absence d'indication de la part de l'interrogateur, passer à la 4<sup>ème</sup> et dernière partie 30 minutes avant la fin.**

### **Activité 11 : Mesure des frottements**

- **Mettre en œuvre le protocole pour mesurer le couple moteur  $C_M$  en fonction de la vitesse de rotation  $\omega$ . Tracer à l'aide d'un tableur  $C_M$  en fonction de  $\omega$ . En déduire les valeurs de  $C_S$  et de  $f$ .**

## **3. Détermination des paramètres de réglage**

L'objectif des activités suivantes est de déterminer les paramètres de réglage par simulation et de valider le mode de fonctionnement avec le capteur de suivi du soleil amélioré.

### **Activité 12 : Détermination des réglages par simulation**

- **Ouvrir le modèle Scilab « Suivi\_intelligent\_EO\_capteur\_amélioré ». Modifier les valeurs du seuil haut et de l'incrément en degré pour atteindre une précision de positionnement de 1°. Commenter le résultat de la simulation.**

Les conditions d'éclairement de la pièce influent sur la capteur d'orientation solaire et modifient les seuils déterminés précédemment. Il est nécessaire de déterminer à nouveau ce seuil expérimentalement. L'incrément en degré déterminé est par contre conservé et il sera saisi dans le paramètre « Valeur de déplacement de l'axe Est Ouest » du menu « Réglage des seuils », saisi en incréments codeur et non en degré.

- Retirer le capteur d'orientation du banc pour l'installer sur le panneau solaire.

### **Activité 13 : Réglages et essais sur le système**

- **A l'aide de l'interface graphique et du laser à votre disposition, relever expérimentalement la valeur du seuil haut (seuil supérieur pour le capteur EO, en incréments) correspondant à un écart de traînage de 1°. Dans le menu « Réglage des seuils » de l'interface, saisir cette valeur de seuil ainsi que la valeur du déplacement de l'axe Est Ouest déterminé dans l'activité précédente. Vérifier le fonctionnement en mode « Suivi intelligent » en déplaçant manuellement la source de lumière.**

## 4. Programme de pilotage

- Consulter le dossier ressources pages 13 à 16.

### Activité 14 : Programme de pilotage en mode « Suivi intelligent »

- Concevoir la partie du programme gérant le mouvement du panneau de la déplacement souhaitée.

## 5. Consommation énergétique du système

L'objectif des activités suivantes est de vérifier que la consommation énergétique du système de positionnement satisfait l'exigence du cahier des charges.

- Ouvrir le modèle Scilab « Suivi\_intelligent\_EO\_Energie ».

Les paramètres ont été réglés pour permettre la mise en mouvement du panneau aux premiers instants de la simulation et pour obtenir un déplacement effectif de 1°.

### Activité 15 : Relevé de consommation par simulation

- Relever l'énergie consommée lors de ce mouvement. Déduire l'énergie totale consommée lors du mouvement d'est en ouest.

### Activité 16 : Relevé expérimental de consommation

- Déterminer expérimentalement l'énergie consommée par le moteur lorsque le panneau revient vers l'est pour être prêt le lendemain.

### Activité 17 : Bilan énergétique

- Déterminer l'énergie totale consommée par le panneau sur une année en tenant compte de la partie commande, dont la consommation peut être estimée à 1 mA, et en proposant une approximation de la consommation de la motorisation d'élévation.
- Comparer avec l'énergie que peut produire ce panneau en position fixe en prenant dans ce cas comme hypothèse une production annuelle de 55 kWh.

---

## Quatrième partie

---

## 6. Activités de synthèse finale (30 dernières minutes)

### **Objectif :**

*Ce bilan, qui peut être abordé quel que soit votre niveau d'avancement, va permettre de préparer la synthèse attendue à la fin de cette épreuve.*

**À l'issue de cette partie, une présentation générale d'une durée maximale de 3 minutes sera faite à un interrogateur n'ayant pas suivi les interrogations antérieures.**

L'activité suivante va permettre de valider le mode de fonctionnement avec le suivi théorique du soleil. Le programme implémenté effectue une commande accélérée sur une durée de 1 minute représentant une journée. Pour cela, il est nécessaire de régler le rapport cyclique de commande des moteurs au maximum.

Dans ce mode, l'écart qui déclenche la rotation du panneau n'utilise plus le capteur d'orientation solaire. Cet écart est obtenu à l'aide de la comparaison entre la position théorique du soleil, calculée, et la position réelle du panneau solaire déterminée à l'aide du codeur incrémental.

- Consulter le dossier ressources pages 5, 6, 13 à 16.
- Ouvrir la feuille de calcul « Simulation\_Trajectoire\_Soleil ».

### **Activité 18 : Validation et analyse du mode « suivi théorique »**

- **Vérifier expérimentalement le mode de fonctionnement de type « Suivi théorique » et ce pour un réglage correspondant à une erreur de traînage de 1°.**
- **Comparer avec le résultat de la feuille de calcul.**
- **Expliquer le principe utilisé par le programme de la carte Arduino pour calculer la position théorique du soleil.**

L'activité qui suit va permettre de mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation du système d'orientation.

### **Activité 19 : Gain apporté par un « Tracker solaire »**

- **En exploitant le graphe de la production d'énergie électrique d'un panneau solaire du dossier ressources page 5, calculer le gain apporté par un système équipé de « tracker » solaire.**

Cette dernière activité a pour objectif de proposer une solution optimale de pilotage du système d'orientation.

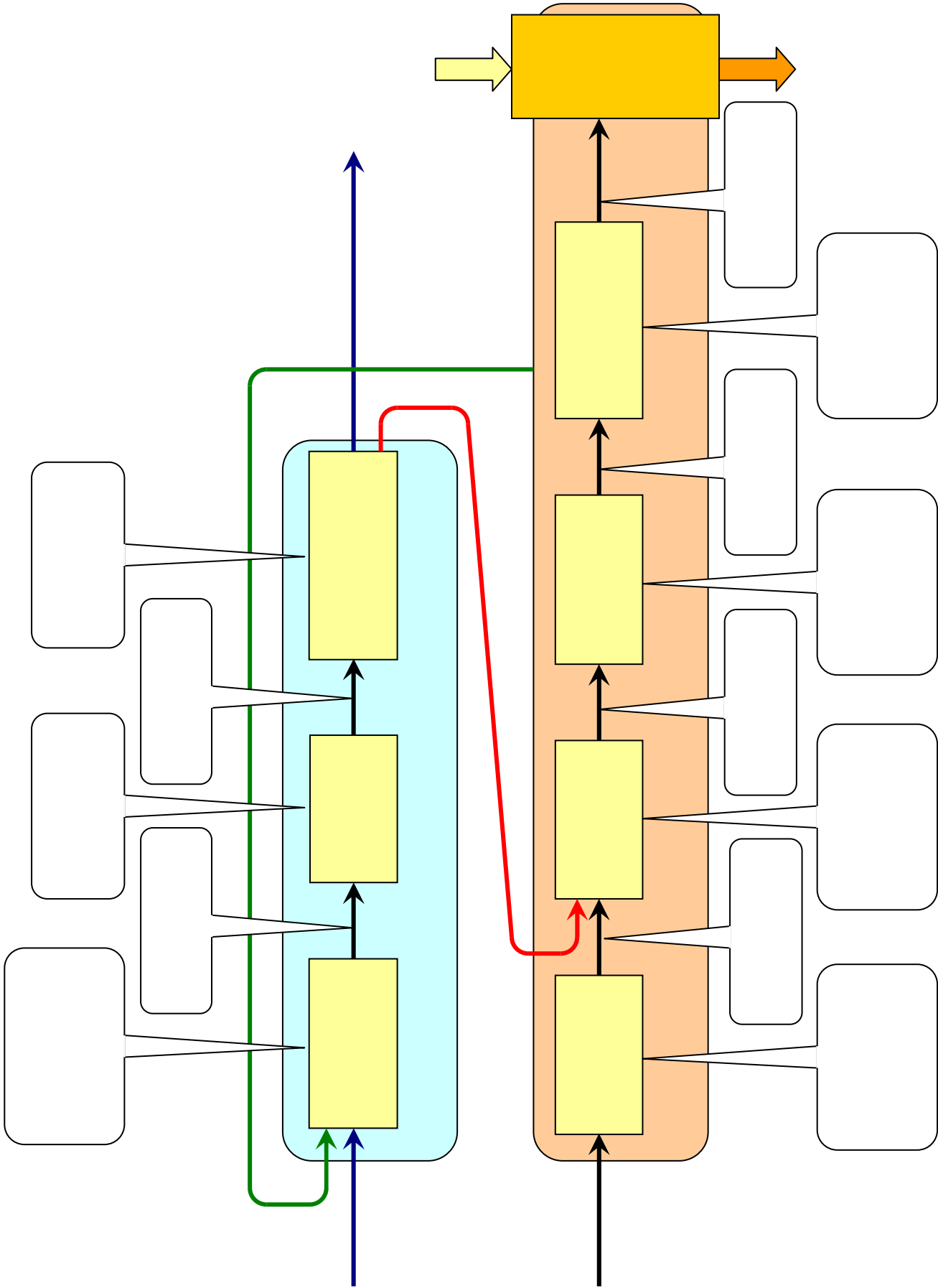
### **Activité 20 : Proposition d'amélioration**

- **Quelle est la meilleure stratégie de commande des « trackers » solaires qui se dégage de l'étude ?**
- **Proposer une piste d'amélioration du programme de la carte Arduino et l'ajout éventuel d'un matériel complémentaire permettant de simplifier la mise en service du système sur le terrain.**

### **Fin de l'étude**

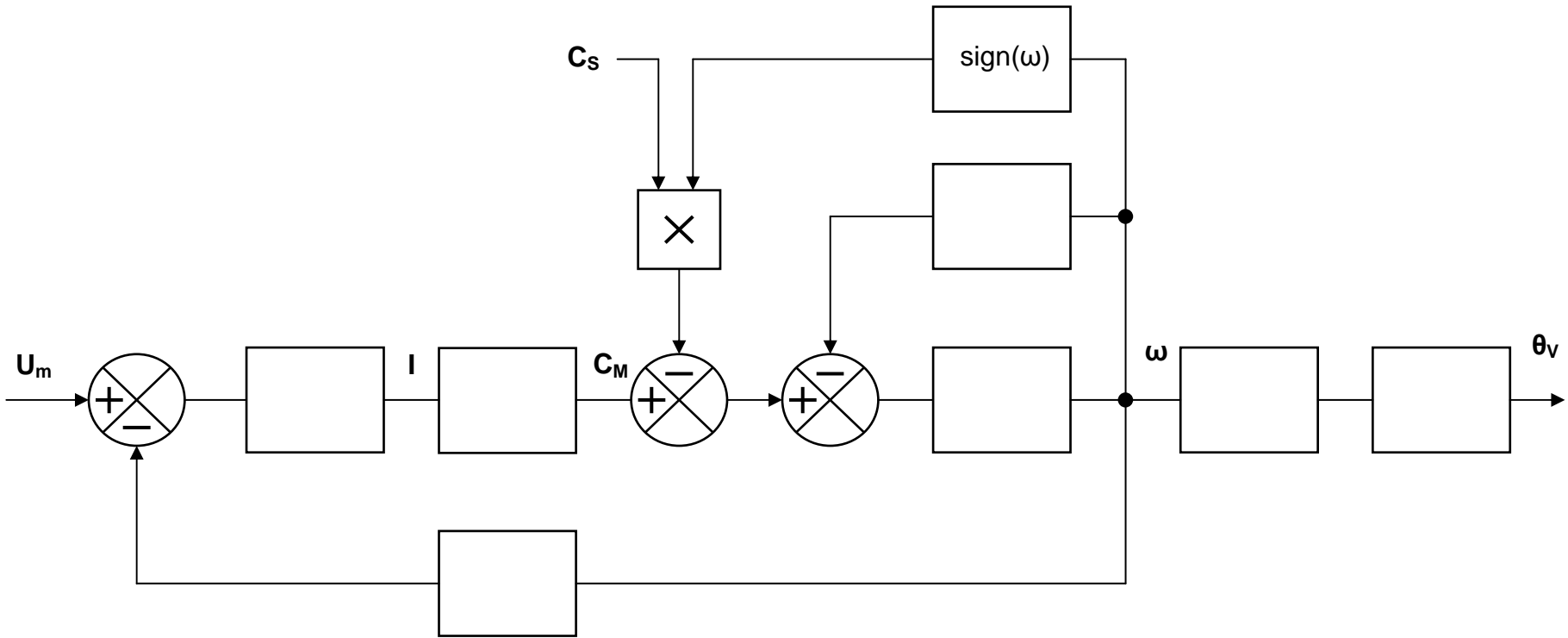
**Préparer une** synthèse, **d'une durée maximale de 3 minutes.**  
Dès que votre intervention orale est prête, le signaler à l'examineur.

DOCUMENT RÉPONSE DR1



$U_m$  : tension d'alimentation du moteur d'azimut (V)  
 $\theta_v$  : angle de rotation autour de l'axe vertical (rad)  
 $C_s$  : couple de frottements secs (N·m)  
 $\omega$  : vitesse de rotation du moteur (rad·s<sup>-1</sup>)  
 $I$  : intensité moteur (A)  
 $C_M$  : couple moteur (N·m)  
 $f$  : coefficient de frottements visqueux (N·m·s·rad<sup>-1</sup>)

$J_T$  : moment d'inertie ramené sur l'axe du rotor du moteur (kg·m<sup>2</sup>)  
 $K_e$  : constante de force électromotrice (V·s·rad<sup>-1</sup>)  
 $K_t$  : constante de couple (N·m·A<sup>-1</sup>)  
 $R$  : résistance de l'induit du moteur ( $\Omega$ )  
 $L$  : inductance de l'induit du moteur (H)  
 $i_1$  : rapport de réduction du réducteur en sortie du moteur  
 $i_2$  : rapport de réduction du réducteur roue et vis sans fin



# Optimisation d'unités de production d'électricité solaire

## Dossier Technique

### Sujet TSI





## Sommaire du Dossier Technique

1.	Mise en situation.....	3
2.	Diagramme des exigences.....	4
3.	Diagramme de définition des blocs .....	5
4.	Description des chaînes fonctionnelles .....	6
5.	Caractéristiques techniques des composants.....	8
5.1.	Spécifications de la motorisation d'élévation .....	8
5.2.	Spécifications de la motorisation d'azimut .....	10
6.	Capteur d'orientation solaire .....	11
7.	Procédure de mise en service .....	11
8.	Interface de pilotage.....	12
8.1.	Procédure de connexion.....	12
8.2.	Sélection des modes automatiques, acquisition des données .....	13
8.3.	Exemple d'utilisation.....	14
8.4.	Exploitation des tracés .....	15
8.5.	Sauvegarde d'une acquisition.....	15
8.6.	Réglage des seuils .....	16

# 1. Mise en situation

Le panneau solaire asservi, monté sur un socle fixe (*fig. 1*), est animé de deux mouvements motorisés :

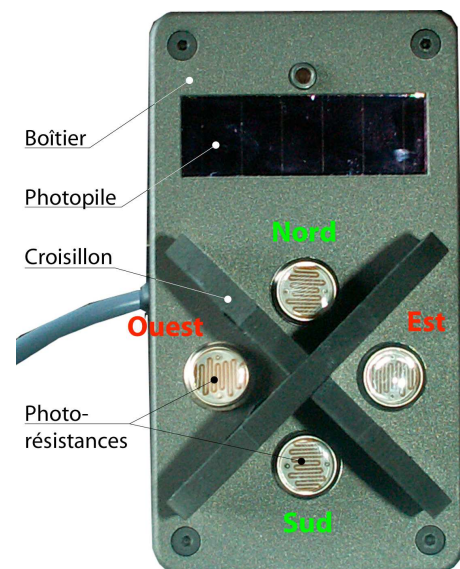
- une rotation autour d'un axe vertical, appelée « azimut » ; des capteurs de fin de course de type NO détectent les positions extrêmes de cette rotation ;
- une rotation autour d'un axe horizontal, appelée « élévation » ; des capteurs de fin de course de type NO détectent les positions extrêmes de cette rotation.

Avec l'utilisation d'un bloc de capteurs solaires (*fig. 2*), la combinaison des deux rotations permet d'obtenir une orientation optimale du panneau solaire afin que celui-ci soit constamment perpendiculaire aux rayons solaires. Ce bloc comporte 4 photorésistances et une photopile :

- la photopile délivre une tension qui est proportionnelle à son éclairement ;
- les photorésistances sont insérées par paire dans un circuit électrique de type « pont diviseur de tension » ; un cache en forme de croisillon placé sur le capteur permet de créer une ombre sur les photorésistances lorsque le panneau n'est pas en direction du soleil, ce qui déséquilibre le pont.



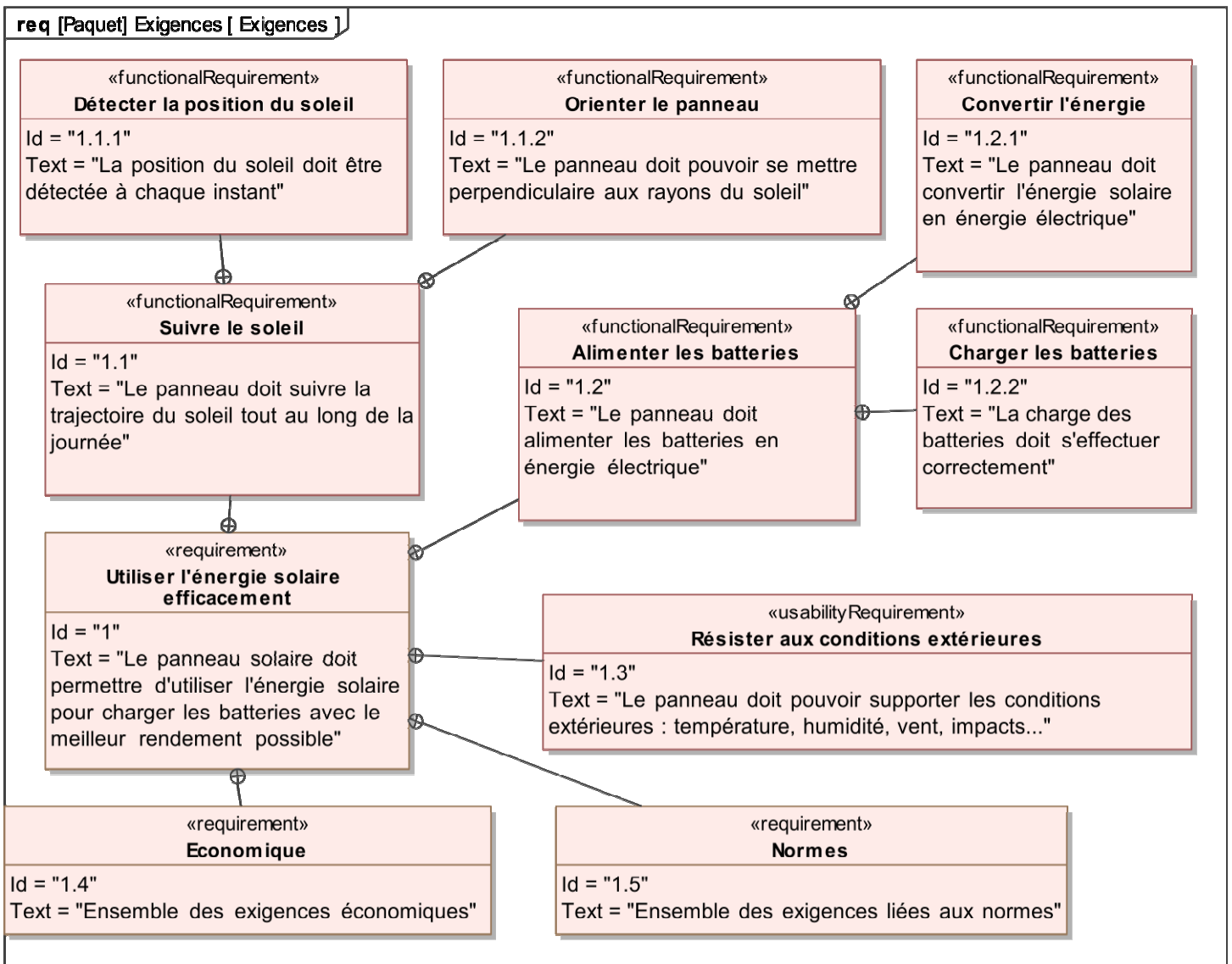
*Fig 1 : Vue d'ensemble du panneau solaire asservi*



*Fig 2 : Détail du bloc de capteurs solaires*

Le panneau solaire commercialisé comprend la même partie opérative. L'énergie fournie est utilisée pour charger une batterie de camping car.

## 2. Diagramme des exigences

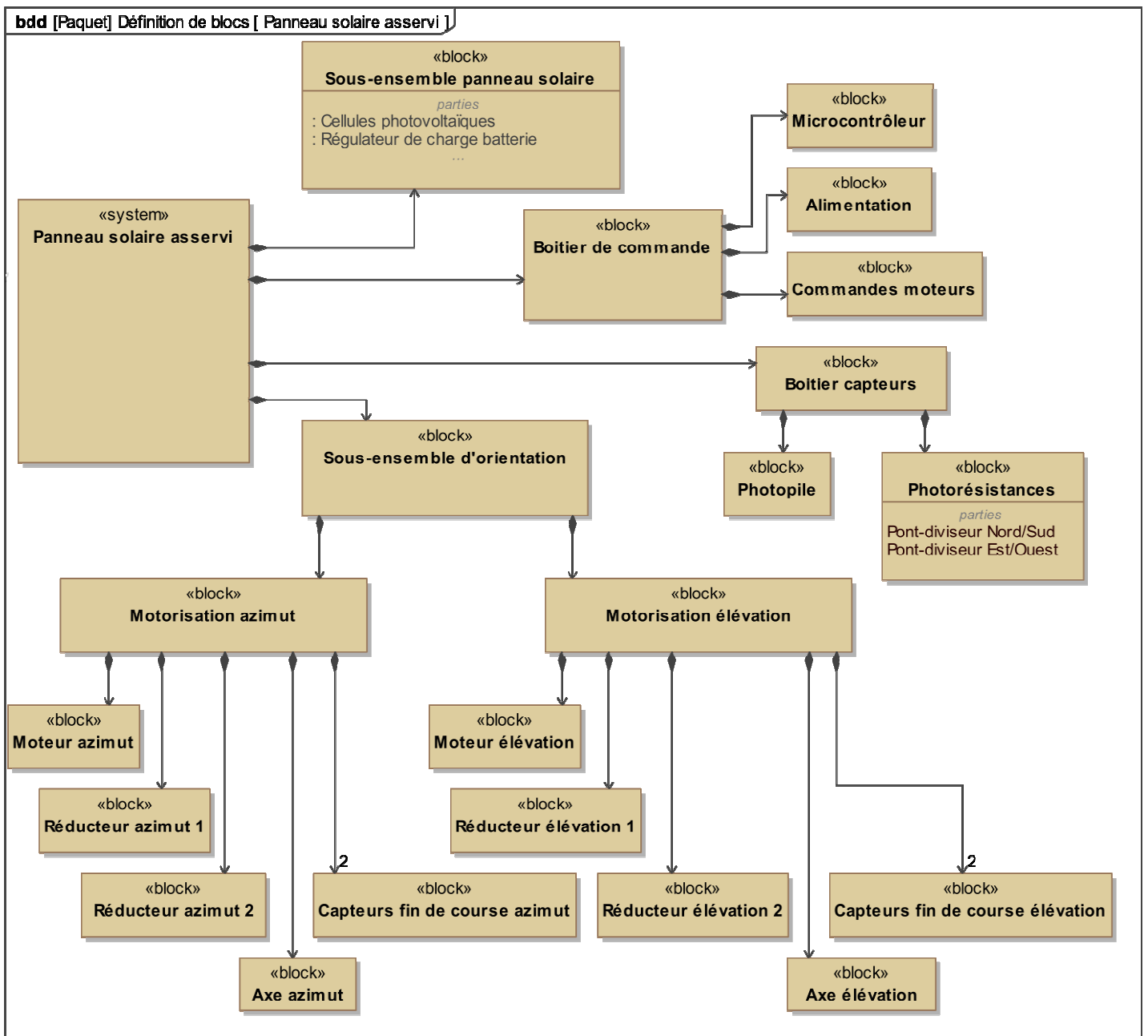


### Exigences abordées dans le sujet :

Exigences	Critères	Niveau
1.2.1	- Puissance maximale	55 W
1.1	- Erreur de traînage - Energie dissipée pour maintien statique - Consommation	1° nulle < 1 %
1.3	- Résister au vent - Résister aux impacts	Force 5 Ballon

**Remarque :** le support à disposition est alimenté par le réseau 230 VAC et ne comprend pas de batterie.

### 3. Diagramme de définition des blocs



## 4. Description des chaînes fonctionnelles

La partie commande est assurée soit par un automate programmable industriel soit par une carte électronique équipée d'un microcontrôleur et d'un module de puissance pour la commande des moteurs (Arduino Méga + Motorshield Arduino). Elle gère le mode automatique et le mode manuel.

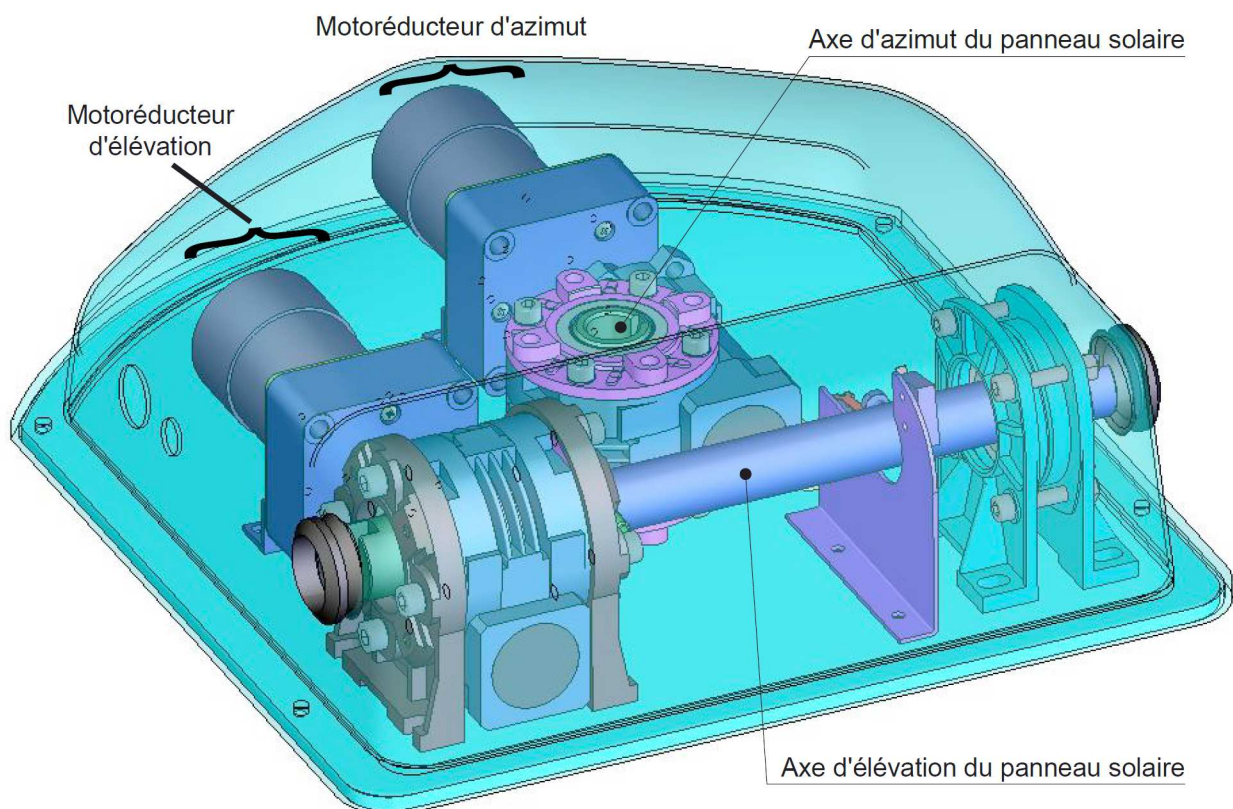
La partie opérative du panneau solaire asservi est constituée :

- d'un sous-ensemble panneau solaire, capteur d'énergie par cellules photoélectriques ;
- d'un sous-ensemble d'orientation pour le positionnement suivant deux axes du panneau solaire.

### Sous-ensemble d'orientation

Ce sous-ensemble pivote par rapport au « sous-ensemble embase » fixe. Il porte les 2 motoréducteurs de commande des mouvements de rotation :

- la rotation autour de l'axe vertical → motoréducteur d'azimut ;
- la rotation autour de l'axe horizontal → motoréducteur d'élévation.



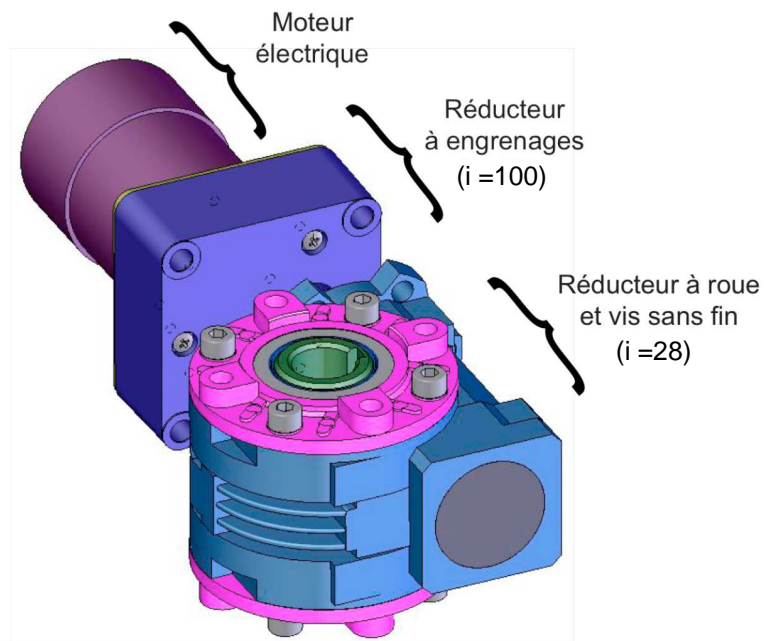
Chacun des deux motoréducteurs est constitué :

- d'un moteur ;
- d'un réducteur à engrenages ;
- d'un réducteur à roue et vis sans fin.

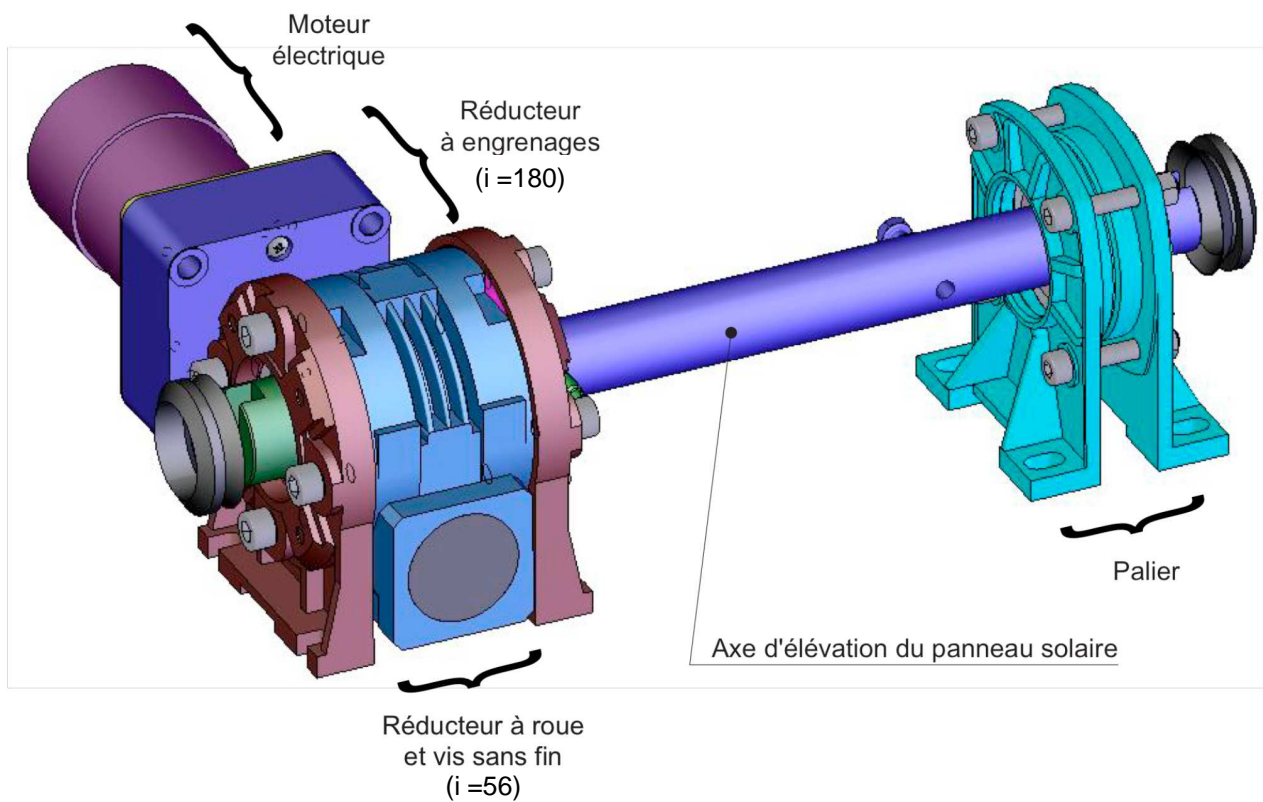
Les figures suivantes donnent le détail de ces constituants.



## Moteur d'azimut



## Motoréducteur d'élévation avec son axe et son palier

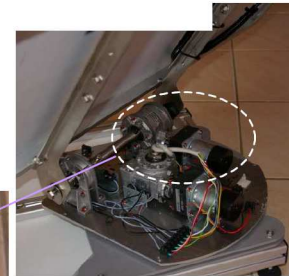
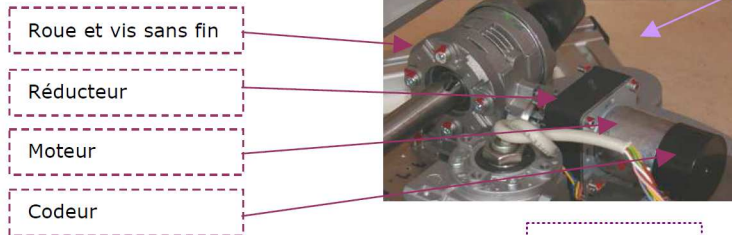




# 5. Caractéristiques techniques des composants

## 5.1. Spécifications de la motorisation d'élévation

### Motorisation d'élévation



Références et caractéristiques techniques

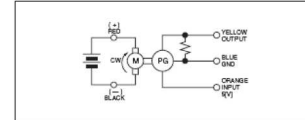
Codeur DME44 JAPAN SERVO:

Type de capteur	Magnétique
Impulsion par tour	12 imp/tour
Voltage d'entrée	CC 5 V $\pm 10\%$
Courant	5 mA
Sortie	
B/A	50 $\pm 20\%$



Magnetic Type

● CONNECTION



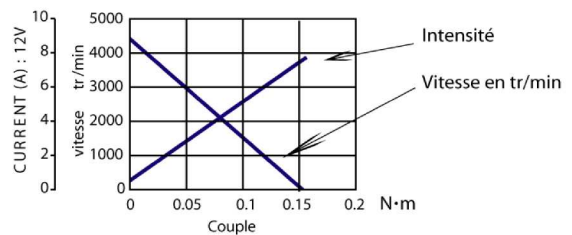
Moteur JAPAN SERVO DME44SM6 :

$$K_e = K_t = 0,0273 \text{ V.s}$$

$$R = 1,7 \Omega$$

$$L = 1,7\text{mH}$$

DME44

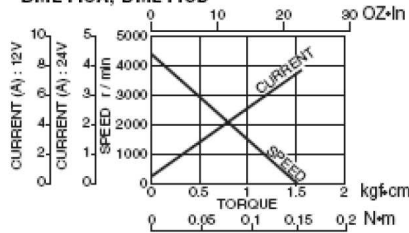


Inertie du moteur  $J_{\text{moteur}} = 20000\text{g}\cdot\text{mm}^2 = 200\text{g}\cdot\text{cm}^2$

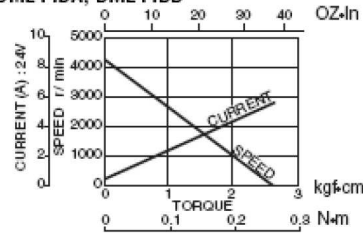
Frottement sec :  $f = 0$

● CURRENT, SPEED-TORQUE CURVE

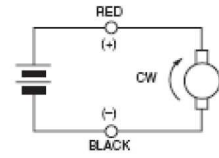
DME44SA, DME44SB



DME44BA, DME44BB



● CONNECTION

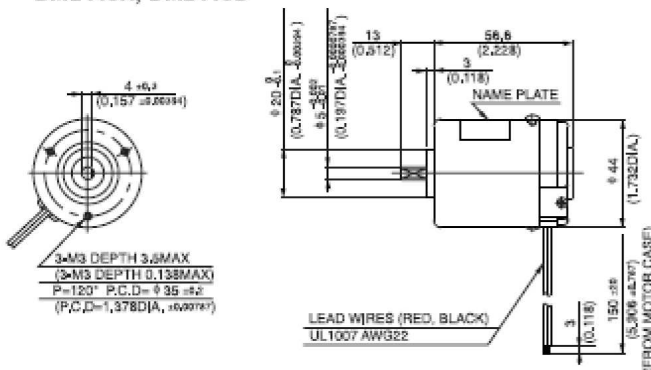


● STANDARD SPECIFICATIONS

Model	Rated					No load		Stall torque		Weight		
	Output W	Voltage V	Torque		Current A	Speed r/min	Current A	Speed r/min	mN-m	oz-in	Weight	
			mN-m	oz-in							g	lb
DME44SA	9.2	12	24	3.47	1.31	3600	0.31	4300	150	22.22	300	0.66

● DIMENSIONS Unit mm(inch)

DME44SA, DME44SB



MODEL CODE	VOLTAGE	OUTPUT	CURRENT
SA	12V	9.2W	1.31A

Réducteur JAPAN SERVO HPA 6 DG 180:



6DG

moteur

réducteur

Le réducteur HPA est un réducteur à engrenages.

$i_1=180$

Inertie sur arbre de sortie  $J_{red} = 2000 \text{ g}\cdot\text{mm}^2$

Réducteur roue et vis sans fin VARVEL SRS 28 i56:

$i_2= 56$  Inertie sur arbre de sortie  $J_{rvs} = 1700 \text{ g}\cdot\text{mm}^2$

Caractéristiques :

Module  $m_x = 0,75$

Angle de la vis  $\beta = 3^{\circ}03'$

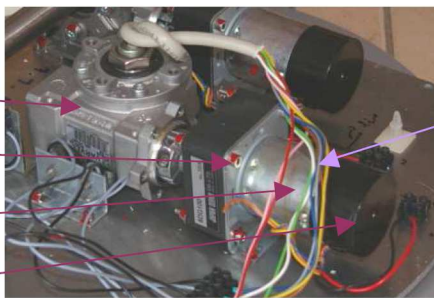
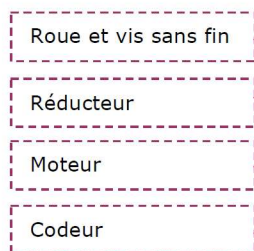
nombre de filet de la vis  $Z = 1$

Rendement  $\eta = 0,4$



## 5.2. Spécifications de la motorisation d'azimut

### Motorisation d'azimut



Moteur et codeur d'azimut identiques à ceux d'élévation.

#### Réducteur JAPAN SERVO HPA 6 DG 100:

$i_1=100$

Inertie sur arbre de sortie  $J_{red} = 2000 \text{ g.mm}^2$

#### Réducteur roue et vis sans fin VARVEL SRS 28 i28:

$i_2= 28$  Inertie sur arbre de sortie  $J_{rvs} = 1700 \text{ g.mm}^2$

Caractéristiques :

Module  $m_x = 1,5$

Angle de la vis  $\beta = 6^{\circ},06'$

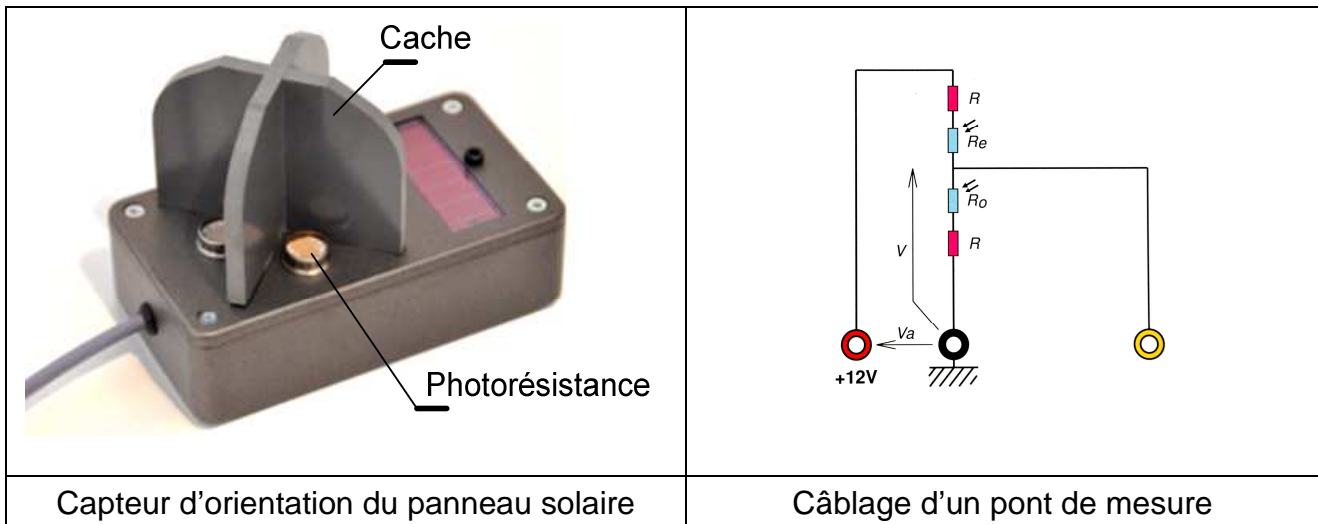
nombre de filet de la vis  $Z = 1$

Rendement  $\eta = 0,6$



## 6. Capteur d'orientation solaire

Le capteur d'orientation du panneau solaire (voir photo ci-après) renvoie au microcontrôleur deux informations analogiques, images des angles entre la normale au panneau solaire et la direction du soleil, suivant les deux directions Est-Ouest et Nord-Sud.



Le principe de la mesure de l'orientation du soleil repose sur deux ponts diviseurs de tension composés chacun de deux photorésistances. Le schéma de droite montre le câblage d'un seul pont. Les deux ponts (Est-Ouest et Nord-Sud) sont identiques. Un cache placé sur le capteur permet de créer une ombre sur les photorésistances lorsque le panneau n'est pas en direction du soleil, ce qui déséquilibre le pont. Les résistances R valent 1 k $\Omega$ .

## 7. Procédure de mise en service



Le commutateur AUTO/MANUEL permet de choisir le mode de commande du panneau :

- en mode automatique, le panneau est piloté par la carte de commande équipée d'un microcontrôleur,
- en mode manuel, le panneau est commandé par les deux commutateurs d'élévation (mouvement Nord-Sud) et d'azimut (mouvement Est-Ouest) du pupitre.

En mode automatique, le comportement du système dépend du programme implanté dans le microcontrôleur.

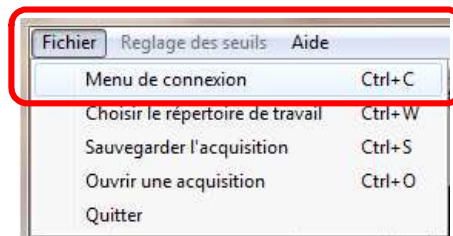
## 8. Interface de pilotage

Démarrer l'interface de pilotage du panneau solaire en cliquant sur l'icône « Panneau Solaire ».

Une aide contextuelle est disponible dans le logiciel.

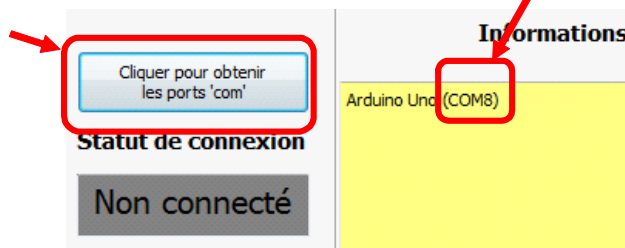
### 8.1. Procédure de connexion

A partir de la fenêtre principale, dans le menu supérieur, cliquer sur « Fichier » puis sélectionner « Menu de connexion »



2- Repérer le numéro de port de la carte de commande (Carte Arduino).

1- Quand la fenêtre de connexion est ouverte, cliquer sur « Cliquer pour obtenir les ports 'com' ».

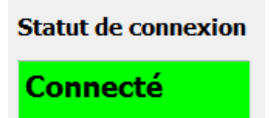


3- Renseigner le même numéro de port dans la case 'Port'



4- Ne modifier aucun autre paramètre. Cliquer ensuite sur 'Cliquer pour connecter'

Après avoir patienté quelques secondes, le statut de connexion doit être le suivant:



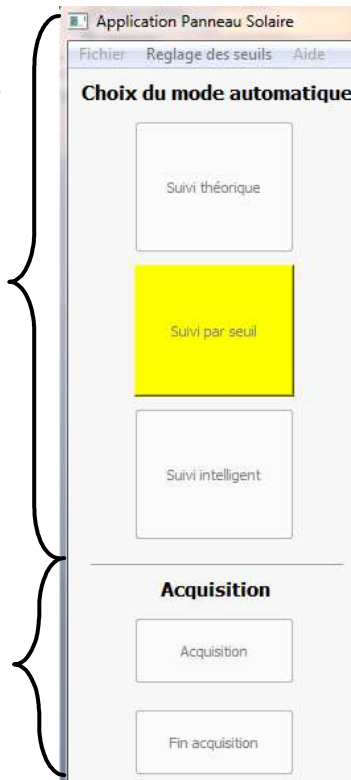
5- Cliquer sur 'Valider'. La fenêtre se ferme, le poste est prêt à être utilisé

## 8.2. Sélection des modes automatiques, acquisition des données

1- La partie gauche de l'interface est dédiée au choix des modes automatiques et à l'acquisition des données.

2- Les modes automatiques ne sont effectifs que si le sélectionneur est positionné sur « mode auto ».

3- Pour réaliser une acquisition, cliquer sur 'Acquisition'. Le choix des modes automatiques est alors verrouillé. Pour arrêter l'acquisition, cliquer sur 'Fin acquisition'



4- Une fois l'acquisition lancée, les grandeurs mesurées sont affichées en temps réel

Soit en fonction du temps, quand l'onglet « Tracés dynamiques  $f(t)$  » est actif

Tracés dynamiques  $f(t)$  Tracés c

Soit en fonction de l'angle d'azimuth quand l'onglet « Tracés dynamiques  $f(\theta)$  » est actif

Tracés dynamiques  $f(t)$  Tracés dynamique  $f(\theta)$

7- Les autres onglets ne sont exploitables que lorsque l'acquisition est terminée (cf. 3-)



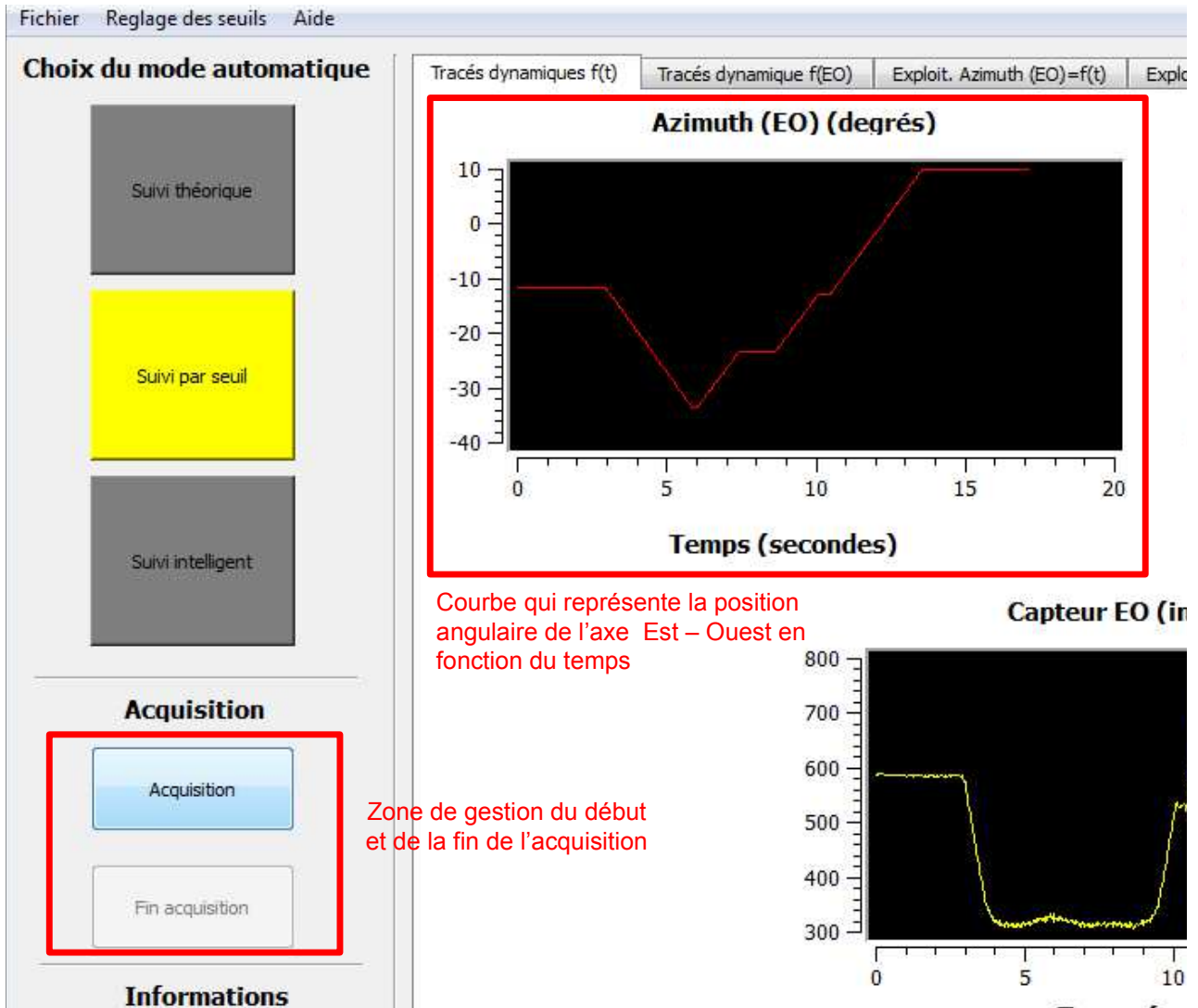
### 8.3. Exemple d'utilisation

Cliquer sur « Acquisition »

Déplacer le panneau solaire en mode MANU

Cliquer sur « Fin Acquisition »

Interpréter le résultat de la mesure dans la figure correspondante de l'onglet « Tracés dynamiques f(t) »



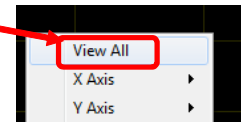
## 8.4. Exploitation des tracés

1- Une fois l'acquisition terminée, il est possible d'exploiter différents tracés en fonction de l'onglet choisi:

Onglet	Tracé
Exploit. Azimuth (EO)=f(t)	Evolution de l'angle d'azimuth en fonction du temps
Exploit. Elévation (EO)=f(t)	Evolution de l'angle d'élévation en fonction du temps
Exploit. Capteur EO=f(t)	Evolution de la réponse du capteur de lumière (détection Est Ouest uniquement) en fonction du temps
Exploit. Elévation (NS)=f(EO)	Evolution de l'angle d'élévation en fonction de l'angle d'azimuth
Exploit. Capteur EO =f(EO)	Evolution de la réponse du capteur de lumière (détection Est Ouest uniquement) en fonction de l'angle d'azimuth
Exploit. Vitesse Azimuth (EO)=f(t)	Evolution de la vitesse angulaire de l'axe d'azimuth en fonction du temps
Exploit. Vitesse Elévation (NS)=f(t)	Evolution de la vitesse angulaire de l'axe d'élévation en fonction du temps

2- Une fois l'onglet choisi, il est possible de manipuler la courbe:

- Molette haut/ bas de la souris ajuste le zoom de la courbe
- Maintien bouton gauche, déplacement de la souris puis relâchement bouton gauche provoque un zoom dans la zone voulue de la courbe
- Pour afficher entièrement le tracé dans la fenêtre: clique droit puis sélectionner « View All »

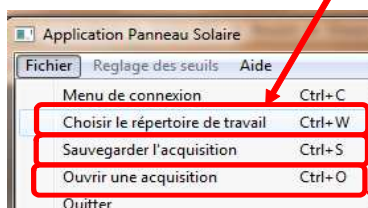


## 8.5. Sauvegarde d'une acquisition

1- Définir le répertoire de travail:

Choisir le dossier « Mesures » du dossier « Dossier\_TP » situé dans le bureau

Une fois le répertoire choisi, il n'est plus utile de le redéfinir, tant que l'application n'est pas quittée



2- Pour sauvegarder l'acquisition sélectionner « Sauvegarder l'acquisition ».

**LES NOMS DONNES AUX FICHIERS DE SAUVEGARDE NE DOIVENT PAS CONTENIR D'ACCENTS NI DE CARACTERES SPECIAUX.**

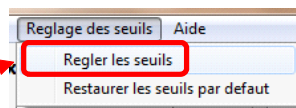
Deux fichiers sont enregistrés:

- un fichier au format « csv », exploitable dans un tableur
- un fichier au format « hv », utilisable uniquement avec l'application panneau solaire

3- Pour ouvrir une acquisition, sélectionner le fichier « hv » correspondant. Un seul chargement ne peut être effectué à la fois

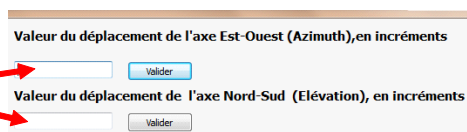
## 8.6. Réglage des seuils

1- Cliquer sur « Réglage des seuils » puis « Régler les seuils »

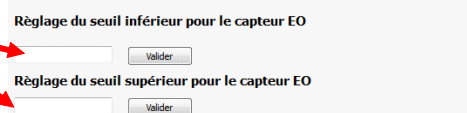


2- AVANT TOUTE MODIFICATION LE COMMUTATEUR AUTO/MANUEL DOIT ETRE SUR MANUEL

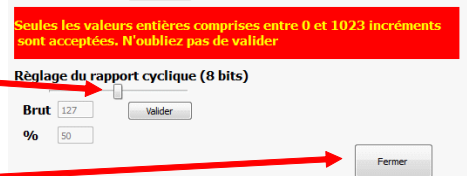
3- Les deux premiers champs correspondent à la modification du déplacement du panneau solaire. Cette valeur doit être exprimée en incréments (ou top codeur). Cliquer sur Valider pour la prise en compte du changement



4- Les deux champs suivant correspondent à la modification des seuils inférieur et supérieur du capteur EO, exprimés en incréments. Cliquer sur Valider pour la prise en compte du changement

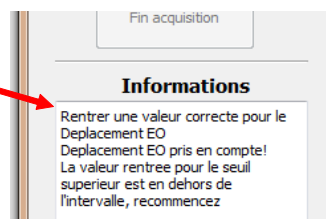


5- Il est également possible de changer le rapport cyclique du hacheur pour régler la vitesse de rotation des axes. Cliquer sur Valider pour la prise en compte du changement



6- Une fois les paramètres réglés, fermer la fenêtre

**Remarque :** Les informations sur la prise en compte de la modification des paramètres sont disponibles en simultanément, dans la fenêtre principale de l'application, dans l'onglet « Informations »



# Optimisation d'unités de production d'électricité solaire

## Dossier Ressources

### Sujet TSI



## Sommaire du Dossier Ressources

<b>1. L'énergie et les panneaux solaires</b> .....	<b>3</b>
1.1. L'énergie solaire .....	<b>3</b>
1.2. Les panneaux solaires .....	<b>4</b>
1.3. Production comparée entre système fixe et système suiveur .....	<b>5</b>
1.4. Mouvement du soleil dans le ciel (et de la Terre autour du soleil).....	<b>5</b>
1.4.1. Position de l'observateur : .....	5
1.4.2. Position de la Terre par rapport au soleil : .....	5
1.4.3. Mouvement de la terre par rapport au soleil : .....	6
1.4.4. Position du soleil dans le ciel, vu de la terre : .....	6
<b>2. Banc d'étude du capteur de positionnement</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Notice logiciel Scilab</b> .....	<b>8</b>
3.1. Édition du schéma-bloc associé au modèle.....	<b>8</b>
3.2. Simulation d'un modèle .....	<b>9</b>
3.2.1. Pour effectuer une étude temporelle : .....	9
3.2.2. Pour effectuer une étude fréquentielle : .....	9
3.2.3. Pour utiliser la notation paramétrique : .....	10
3.3. Aide sur différents blocs : .....	<b>10</b>
3.3.1. Bloc « fonction » : .....	10
3.3.2. Bloc « interpolation » : .....	11
3.3.3. Bloc « relay » : .....	11
3.3.4. Bloc « negtopos » : .....	12
3.3.5. Bloc « samphold » : .....	12
3.3.6. Bloc « selector » : .....	12
<b>4. Extrait du programme de la carte Arduino</b> .....	<b>13</b>
4.1. Suivi intelligent .....	<b>13</b>
4.2. Suivi théorique.....	<b>14</b>
4.3. Éléments du langage utilisés dans le programme .....	<b>14</b>
4.3.1. Types de données .....	14
4.3.2. Conversion de données .....	14
4.3.3. Déclaration des variables.....	14
4.3.4. Opérateurs arithmétiques .....	15
4.3.5. Opérateurs de comparaison.....	15
4.3.6. Structure de contrôle.....	15
4.3.7. Opérateurs mathématiques.....	15
4.3.8. Fonctions .....	15
4.3.9. Fonction temporelle .....	15
4.4. Liste des variables utilisées dans le programme.....	<b>15</b>



# 1. L'énergie et les panneaux solaires

## 1.1. L'énergie solaire

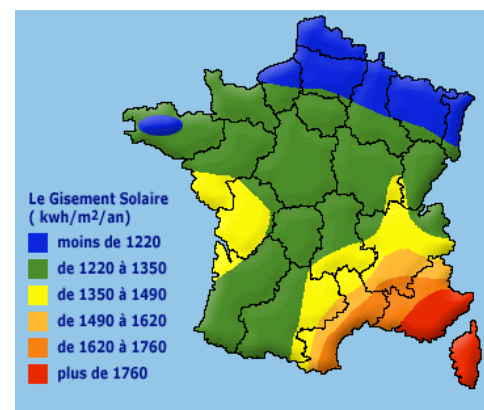
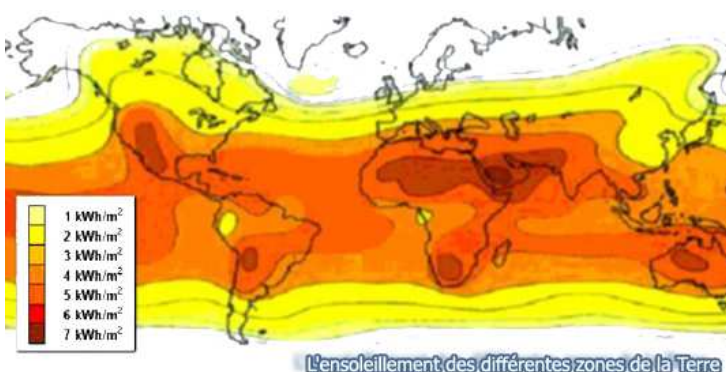
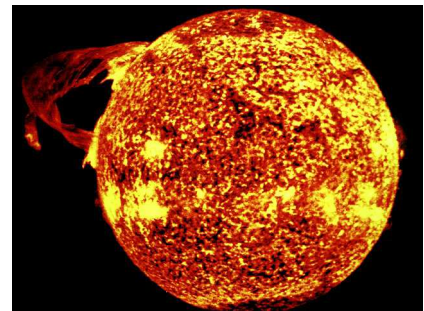
### ▪ Pourquoi les énergies renouvelables ?

Le Soleil constitue une énorme source d'énergie dans laquelle nous baignons en permanence. L'homme a compris depuis longtemps l'intérêt pour lui d'exploiter une telle source de lumière et de chaleur. Actuellement, il existe deux voies d'utilisation de l'énergie solaire qui transforment directement le rayonnement en chaleur ou en électricité, respectivement le solaire thermique et le solaire photovoltaïque. Toutefois, l'exploitation de cette source énergétique est récente et se développe mais reste encore très coûteuse.

Les énergies renouvelables ne peuvent pas remplacer dès aujourd'hui toutes les énergies conventionnelles, mais elles peuvent enrichir la gamme des énergies exploitées à l'heure actuelle.

### ▪ Forme et potentiel de l'énergie solaire

Ce que l'on désigne par énergie solaire est le rayonnement émis dans toutes les directions par le Soleil et que la Terre reçoit à raison d'une puissance moyenne de  $1,4 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ , pour une surface perpendiculaire à la direction Terre - Soleil. Ce flux solaire est atténué lors de la traversée de l'atmosphère par absorption ou diffusion, suivant les conditions météorologiques et la latitude du lieu ; au niveau du sol, la puissance restante est de l'ordre de  $1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  sous nos latitudes. La quantité d'énergie utilisable varie entre  $800$  et  $7000 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  suivant le lieu.



Une petite idée de l'ensoleillement sur notre pays est donnée par la carte ci-dessus. Les régions les plus froides reçoivent un enssoleillement inférieur à  $1220 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2} / \text{An}$ , alors que les zones rouges en reçoivent un supérieur à  $1760 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2} / \text{An}$ .

## 1.2. Les panneaux solaires

### ▪ Principe des panneaux solaires

Les panneaux solaires convertissent l'énergie lumineuse en énergie électrique.

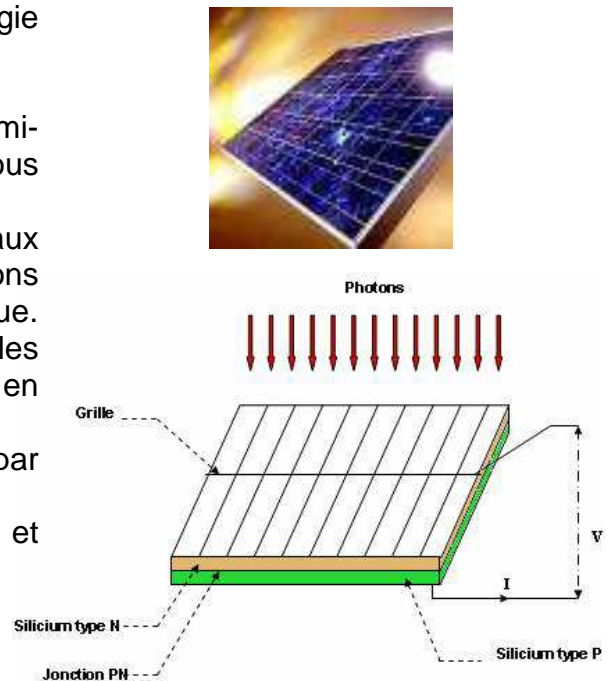
Ils sont composés de cellules photovoltaïques.

Ces cellules sont constituées de matériaux semi-conducteurs qui peuvent libérer leurs électrons sous l'action d'une énergie (ici l'énergie lumineuse).

La libération des électrons des matériaux constituant les cellules sous l'action des photons permet ainsi la production d'un courant électrique. Sous l'action de la lumière (photons) ces cellules génèrent une tension électrique qui se mesure en volt.

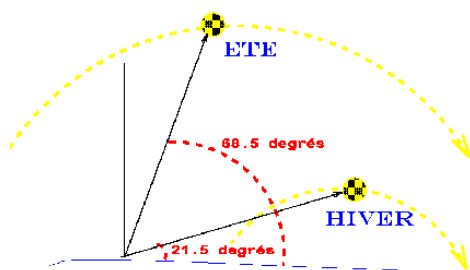
La tension obtenue est de l'ordre de 0,5 V par cellule.

Ces cellules sont ensuite assemblées en série et parallèle pour former des panneaux.

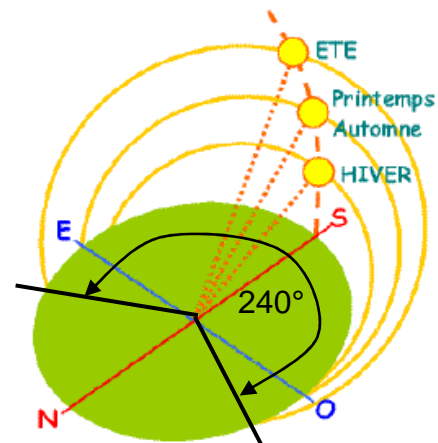


### ▪ Pourquoi orienter les panneaux solaires ?

Le soleil se déplace au cours de la journée et suivant les saisons :



*Le déplacement apparent du soleil est d'environ 240° en azimut et de 70° en élévation sous nos latitudes.*



Le panneau solaire, en revanche, se trouve généralement en position fixe, ce qui entraîne des pertes énergétiques précieuses. Une installation fixe, orientée, dans le cas idéal, vers le sud délivre une puissance qui croît très lentement tôt le matin et diminue fortement l'après-midi. Une part importante de l'énergie récupérable est ainsi perdue.

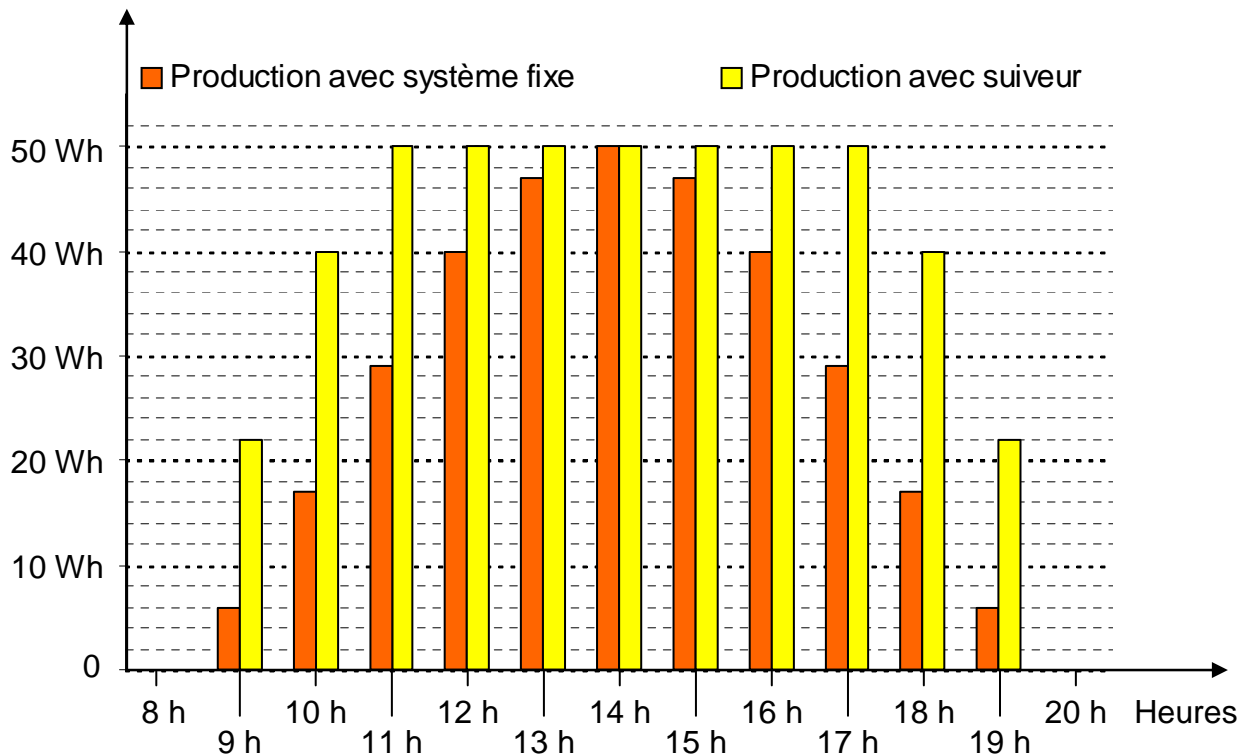
Le rendement des panneaux solaires dépend ainsi de leur orientation. Il est optimal lorsque la normale à leur surface pointe directement vers le soleil.

Si l'installation s'oriente constamment en direction du soleil, elle génère alors un maximum d'énergie électrique.



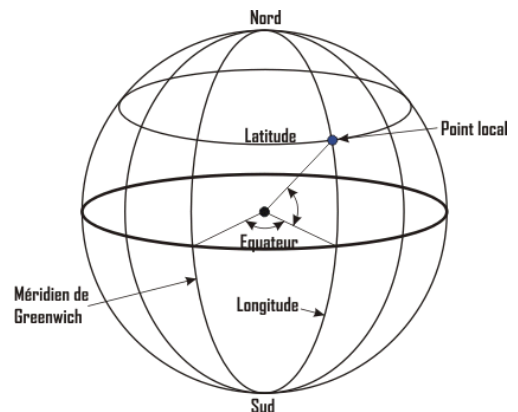
### 1.3. Production comparée entre système fixe et système suiveur

Production d'énergie électrique d'un panneau solaire de 55 watts pour un jour ensoleillé, début avril à Paris.



### 1.4. Mouvement du soleil dans le ciel (et de la Terre autour du soleil)

La position du soleil dans le ciel dépend d'une part de la position de l'observateur sur terre (position fixe dans le cas d'un panneau solaire) et d'autre part de la position de la Terre par rapport au soleil (position mobile au cours du temps).



#### 1.4.1. Position de l'observateur :

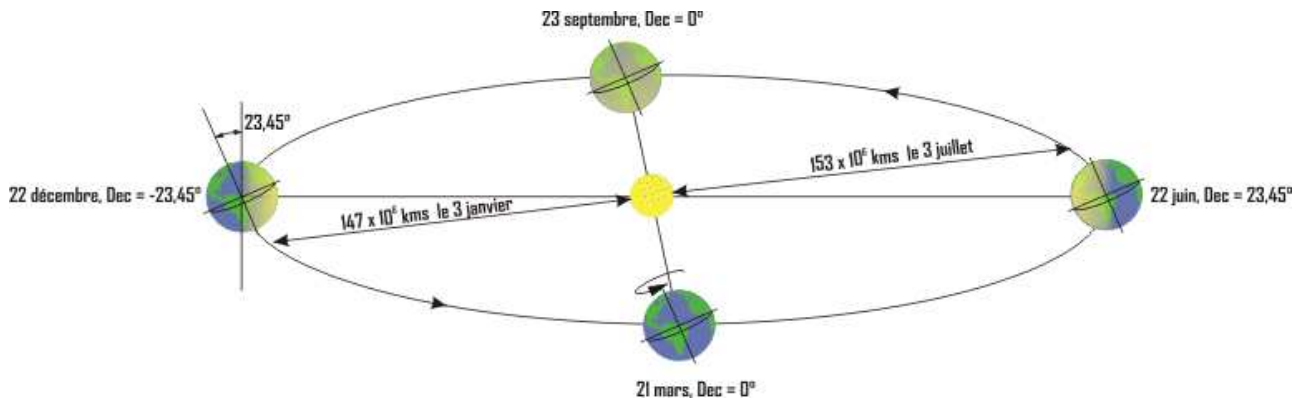
La position de l'observateur sur terre est caractérisée par la latitude et la longitude.

La latitude (Lat) est l'angle formé par le plan équatorial et le vecteur "centre de la terre → point local". L'angle pour la France est d'environ 47°N (Paris).

La longitude (Lon) est l'angle formé par le méridien de référence (méridien de Greenwich) et le méridien du point local. L'angle est négatif vers l'ouest et positif vers l'est. Le méridien de Greenwich coupe la France.

#### 1.4.2. Position de la Terre par rapport au soleil :

La terre tourne autour du soleil en décrivant une trajectoire quasi circulaire, dans le plan de l'écliptique, à la vitesse d'un tour tous les 365,25 jours.



La terre tourne sur elle même autour d'un axe incliné à 23,45° par rapport à la normale au plan de l'écliptique, à la vitesse d'un tour toutes les 24 h environ (23 h 56 min).

### 1.4.3. Mouvement de la terre par rapport au soleil :

La position du soleil dans le ciel commence par la déclinaison. La déclinaison (Dec) est l'angle que forme le vecteur « centre de la terre → soleil » et le plan équatorial de la terre, sans tenir compte de la rotation de la terre sur elle-même.

La déclinaison varie de +23,45° en degrés décimaux au solstice d'été (22 juin) à -23,45° au solstice d'hiver (22 décembre) en passant par la valeur 0 aux équinoxes (21 mars et 23 septembre). Cette déclinaison est due à l'inclinaison de l'axe des pôles terrestres par rapport au plan écliptique ce qui nous donne les différentes saisons (en hiver en France, les rayons étant plus rasants, la chaleur reçue est plus faible).

La déclinaison (Dec) dépend du temps, plus exactement du jour  $j$  de l'année.

Elle est obtenue avec l'équation suivante :

$$\text{Dec} = \text{ArcSin}(0,3978 \times \text{Sin}(\text{Va} \times (j - (81 - 2 \times \text{Sin}(\text{Va} \times (j - 2))))))$$

où  $\text{Va}$  est la vitesse angulaire moyenne de rotation de la Terre en degrés/jour,

$\text{Va} = 360 / 365,25$  et  $j$  est le numéro d'ordre du jour dans l'année (1 pour le 1er janvier).

Pour tenir compte de la rotation de la Terre sur elle-même, on définit l'angle horaire (Ah) qui mesure le mouvement du soleil par rapport à midi (instant où le soleil passe au zénith, c'est à dire au plan méridien du lieu). Cet angle horaire est négatif si le temps solaire est inférieur à 12 h.

L'angle horaire est obtenu de la façon suivante, en fonction de l'heure de la journée :

$$\text{Ah} = 360 \times (\text{heure} - 12) / 24$$

### 1.4.4. Position du soleil dans le ciel, vu de la terre :

La position du soleil dans le ciel se définit par rapport au plan horizontal du lieu, et les points cardinaux.

La hauteur du soleil ( $h$ ), ou l'élévation, est l'angle formé par le plan horizontal du lieu considéré et le vecteur « point local → soleil ». La formule classique est la suivante :

$$h = \text{ArcSin}(\text{Sin}(\text{Lat}) \times \text{Sin}(\text{Dec}) + \text{Cos}(\text{Lat}) \times \text{Cos}(\text{Dec}) \times \text{Cos}(\text{Ah}))$$

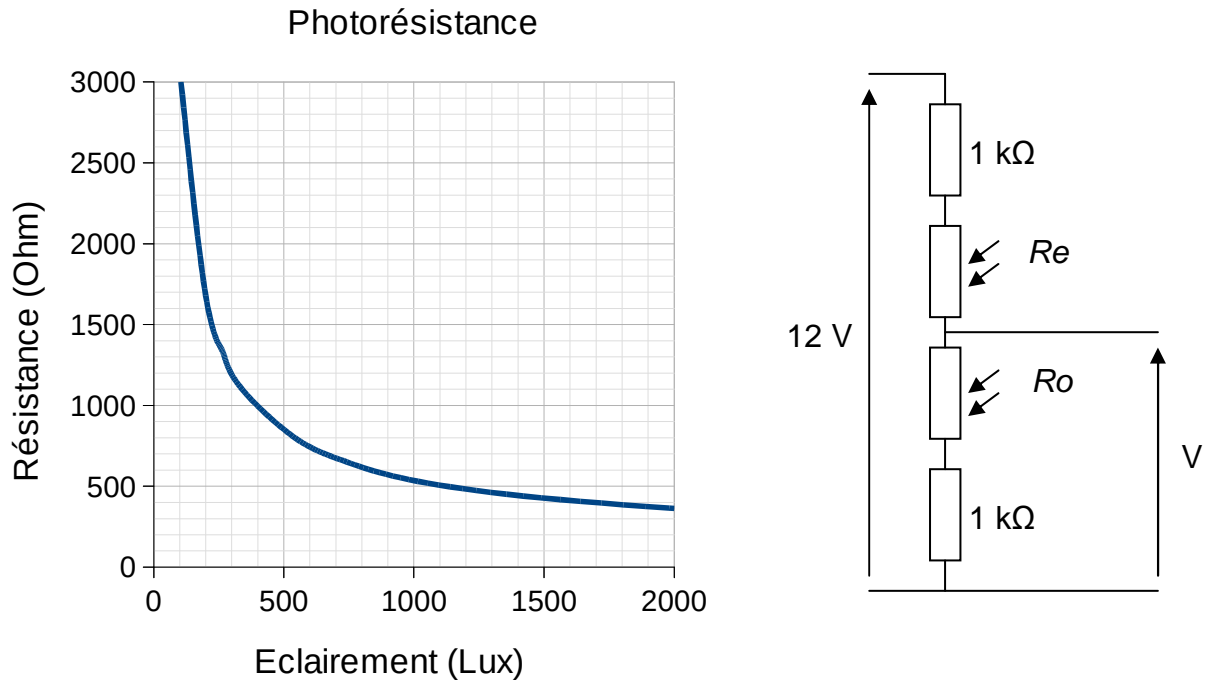
L'azimut solaire ( $a$ ) est l'angle horizontal formé par le plan méridien (axe nord-sud) et le plan vertical du vecteur « point local → soleil ». Le signe de l'azimut est le même que celui de l'angle horaire.

$$a = \text{ArcSin}((\text{Cos}(\text{Dec}) \times \text{Sin}(\text{Ah})) / \text{Cos}(h))$$

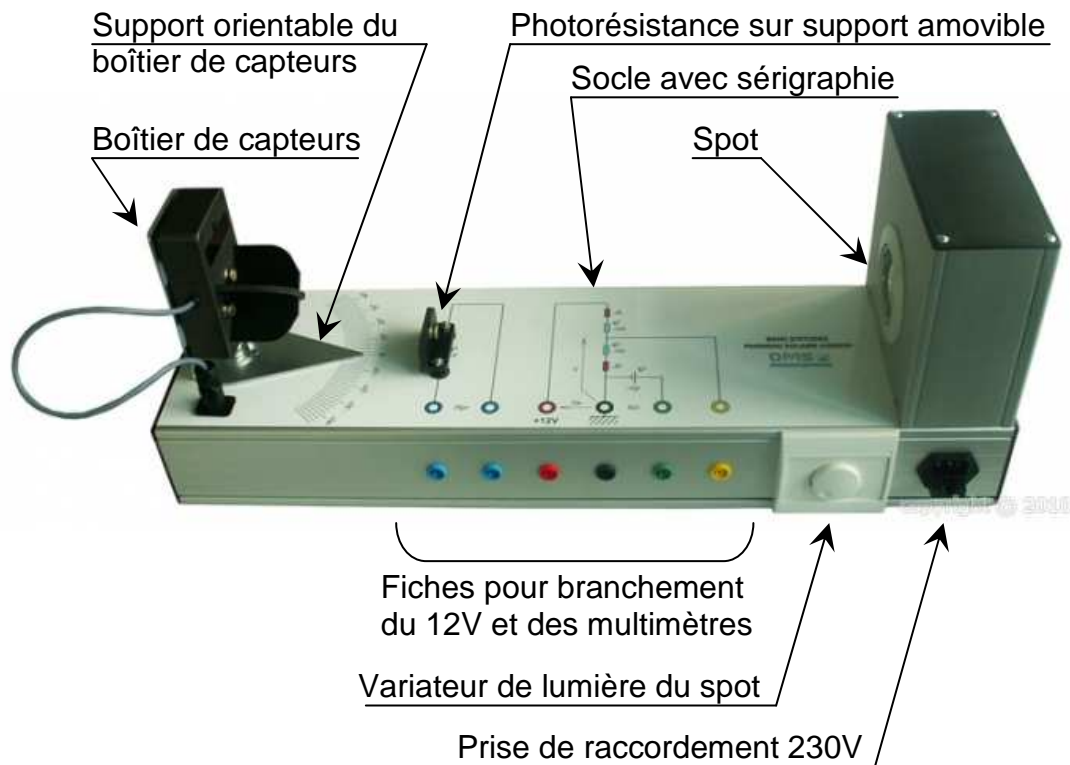
Le fichier « Simulation\_Trajectoire\_Soleil.xls » propose le calcul des angles d'élévation et d'azimut en fonction de l'heure de la journée et des paramètres évoqués.

## 2. Banc d'étude du capteur de positionnement

Ce banc dispose d'une photorésistance sur support amovible. Un variateur permet d'éclairer plus ou moins cette photorésistance. Un multimètre permet de mesurer la résistance. On relève dans la salle actuelle la courbe suivante :



Le capteur d'orientation du panneau solaire peut être débranché du panneau et monté sur ce banc. Il est alors possible de mesurer à l'aide d'un multimètre la valeur de la tension délivrée par le capteur en fonction de l'angle d'incidence des rayons lumineux.



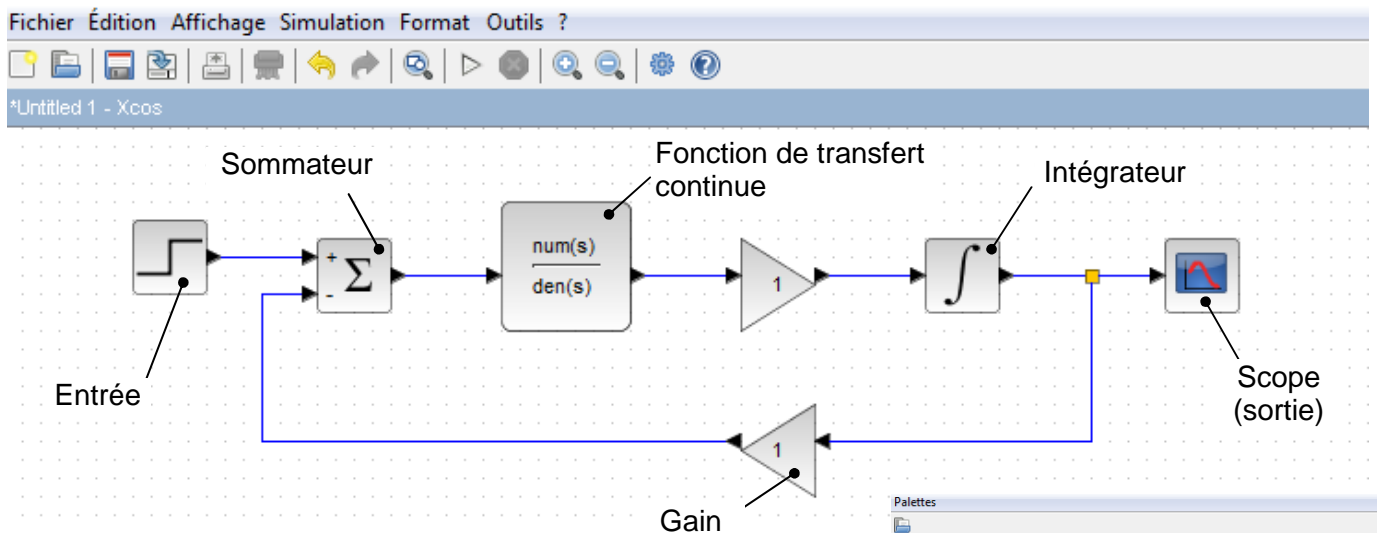
## 3. Notice logiciel Scilab

Scilab est un logiciel de calcul numérique permettant par l'intermédiaire d'une interface graphique nommée Xcos de simuler le comportement des systèmes dynamiques.

Pour lancer le logiciel Scilab, double cliquer sur l'icône correspondant sur le bureau puis dans le menu 'Applications', choisi le module 'Xcos'.

### 3.1. Édition du schéma-bloc associé au modèle

Voici un exemple de schéma-bloc sous Scilab :



#### **Pour placer et relier les blocs :**

Utiliser le navigateur de palette ci-contre. Le dossier 'CPGE – Xcos toolbox blocks' contient les blocs utiles aux études réalisées en filière TSI.

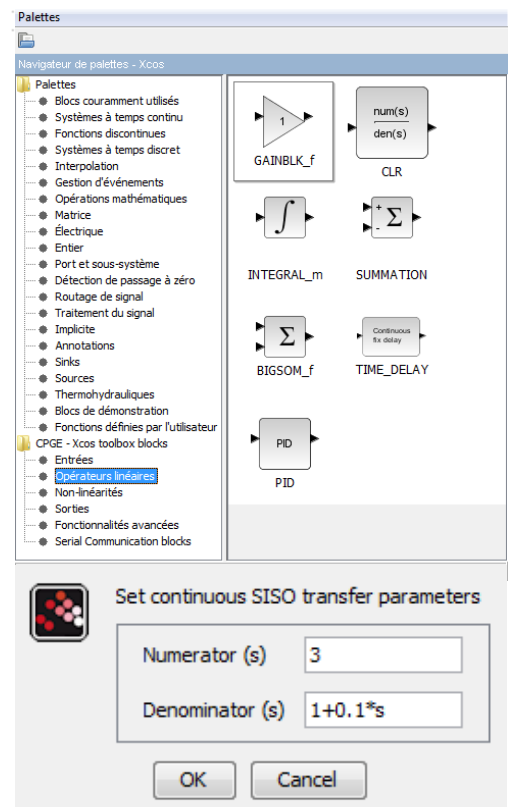
Glisser les blocs de la palette vers la zone de travail. Il est possible de changer leur orientation par un clic droit suivi d'un choix dans la fonction 'Format'.

Pour relier les blocs, cliquer et glisser d'une extrémité d'un bloc à un autre.

#### **Pour modifier la transmittance d'un bloc :**

Double cliquer sur un bloc pour ouvrir la fenêtre de réglage de ses paramètres.

Pour une fonction de transfert continue, rentrer le numérateur et le dénominateur en utilisant 's' comme variable de Laplace. Par exemple, la fonction du 1<sup>er</sup> ordre de gain statique 3 et de constante de temps 0,1 seconde sera configurée comme indiqué ci-contre.





#### **Pour modifier un sommeur :**


Double cliquer sur le composant et régler le nombre d'entrées en modifiant le paramètre 'Number of inputs'. Le formalisme [1;-1] indique deux entrées : une positive et une négative.

## 3.2. Simulation d'un modèle

A partir d'un modèle créé ou en ouvrant un fichier imposé par le sujet.

### 3.2.1. Pour effectuer une étude temporelle :

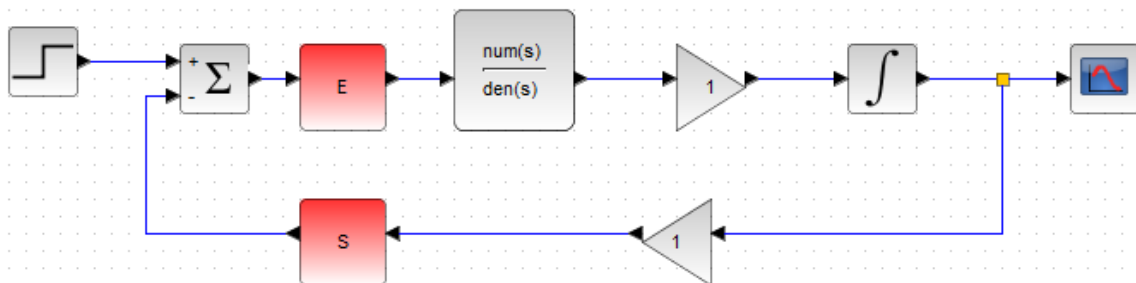
- Dans le dossier 'fonctionnalités avancées' du navigateur de palettes, glisser un bloc 'REP\_TEMP' sur la zone de travail.
- Double cliquer sur le bloc 'REP\_TEMP' et définir les paramètres de l'analyse : temps de simulation, nombre de points, affichage d'une grille.
- Double cliquer sur le bloc 'scope'  pour définir le nombre de courbes souhaitées et le nom des variables associées.
- Lancer la simulation en cliquant sur l'icône 'Démarrer' 
- Dans la fenêtre contenant les courbes affichées, utiliser les fonctions suivantes :


Zoom  Accès aux valeurs. Cliquer sur l'icône puis sur la courbe




### 3.2.2. Pour effectuer une étude fréquentielle :

- Il faut avant tout définir les variables d'entrée et de sortie pour l'analyse souhaitée. Pour cela, dans le dossier 'fonctionnalités avancées' du navigateur de palettes, glisser deux blocs 'GRANDEUR\_PHYSIQUE' sur la zone de travail.
- Insérer les blocs en fonction de l'analyse souhaitée comme sur l'exemple ci-dessous. L'orientation des blocs est ajustable par clic droit et fonction 'Format'.



- Nommer les variables en double-cliquant sur les blocs 'GRANDEUR\_PHYSIQUE' et en changeant le nom par défaut.
- Dans le dossier 'fonctionnalités avancées' du navigateur de palettes, glisser un bloc 'REP\_FREQ' sur la zone de travail.
- Double cliquer sur le bloc 'REP\_FREQ' et définir les paramètres de l'analyse : type de diagramme, noms des entrée/sortie, plage de fréquences et nombre de points, affichage des marges de stabilité.
- Lancer la simulation en cliquant sur l'icône 'Démarrer' 
- Dans la fenêtre contenant les courbes affichées, utiliser les fonctions suivantes :

Zoom  Accès aux valeurs. Cliquer sur l'icône puis sur la courbe



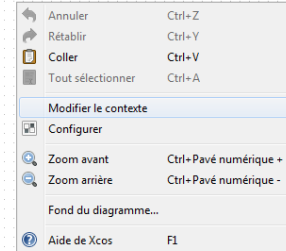
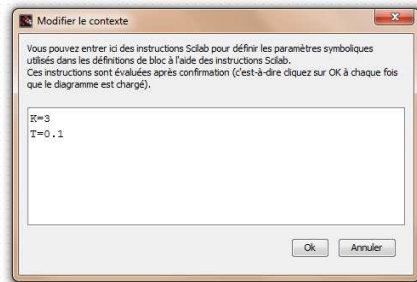
### 3.2.3. Pour utiliser la notation paramétrique :

Scilab permet de remplir les transmittances avec des paramètres définis par l'utilisateur. L'avantage est d'améliorer la lisibilité du schéma bloc.

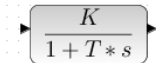
Voici un exemple :

On désire créer la transmittance  $K/(1+T*s)$ . Il faut définir les paramètres **K** et **T** avant de créer le bloc :

- faire un clic droit sur la fenêtre de travail et cliquer sur 'modifier le contexte' ;
- définir les paramètres ligne par ligne :

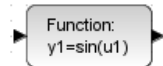


- créer le bloc :



### 3.3. Aide sur différents blocs :

#### 3.3.1. Bloc « fonction » :



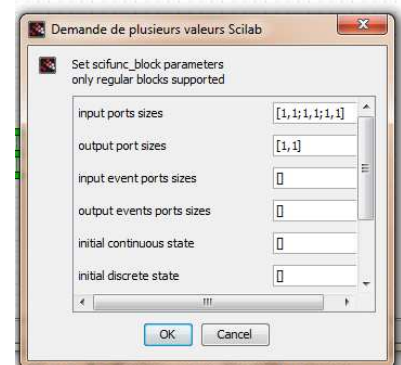
**Fonction** : ce bloc permet de créer une ou plusieurs fonctions des entrées

**Emplacement** : Palettes/fonction définies par l'utilisateur

**Utilisation** :

- Double cliquer sur le bloc et indiquer dans la première ligne le nombre d'entrées. Dans le cadre du TP, chaque entrée est un scalaire qui est représenté par sa dimension : [1,1] sous Scilab. Pour deux entrées, il faudra indiquer [1,1;1,1], pour trois [1,1;1,1;1,1], etc...

Exemple pour trois entrées :



- Le principe est le même pour la sortie (deuxième ligne)
- Cliquer sur ok
- A ce stade, il faut définir l'expression de la sortie. Il y a trois entrées, elles sont appelées 'ui'. u1 est la première entrée (tout en haut), u2 l'entrée en dessous de u1, etc. La ou les sorties suivent le même principe mais s'appellent yj. Prenons un bloc à trois entrées et une sortie. On désire par exemple que y1 prenne la valeur de u1 si u3 est supérieur à 2, de u2 si u3 est inférieur à 1, et de 0 sinon.

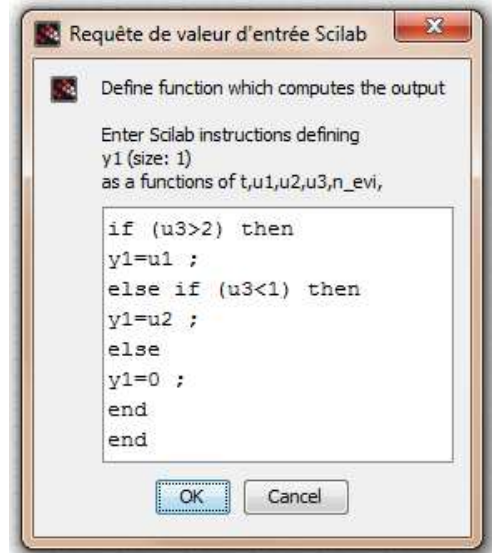


- La syntaxe sous Scilab de cette structure conditionnelle, montrée à la figure ci-contre est :

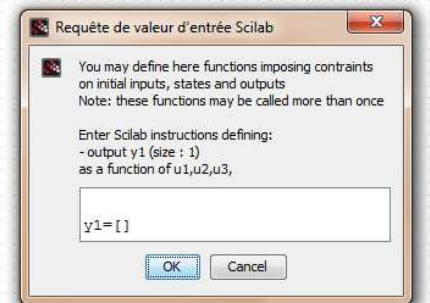
```

if (u3>2) then
y1=u1 ;
else if (u3<1) then
y1=u2 ;
else
y1=0 ;
end
end
end

```



- Cliquer 3 fois sur 'Ok' à ce stade, la sortie est bien prise en compte, la fenêtre associée doit être celle indiquée ci-contre :

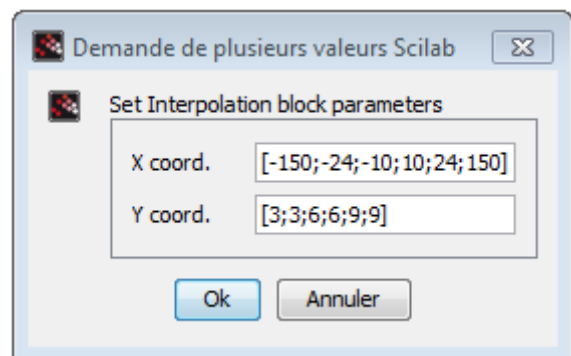


### 3.3.2. Bloc « interpolation » :

**Fonction** : ce bloc construit une loi d'entrée sortie constituée de segments de droite.

**Emplacement** : Palettes/Interpolation.

**Utilisation** : Double cliquer sur le bloc et définir la liste des points (x,y) auxquels les segments de droite seront reliés.



### 3.3.3. Bloc « relay » :

**Fonction** : ce bloc renvoie val1 si l'entrée est positive, val2 sinon. val1 et val2 sont des réels définis par l'utilisateur en double cliquant sur le bloc (ne pas toucher à la dernière ligne).

**Emplacement** : CPGE Xcos toolbox blocks/Non linéarité.

**Utilisation** : Double cliquer sur le bloc et définissez les valeurs de sortie.

### 3.3.4. Bloc « negtopos » :



**Fonction** : ce bloc génère un événement lorsque la variable d'entrée passe d'une valeur négative à une valeur positive.

**Emplacement** : Palettes/Détection de passage à zéro.

**Utilisation** : Le bloc est simplement à glisser dans la fenêtre de travail.

### 3.3.5. Bloc « samphold » :



**Fonction** : ce bloc permet de mémoriser l'entrée sur l'apparition d'un événement. La valeur mémorisée reste constante entre deux événements. La valeur de sortie par défaut, avant le premier événement est 0.

**Emplacement** : Palette/traitement du signal.

**Utilisation** : Le bloc est simplement à glisser dans la fenêtre de travail, un double clic permet de choisir le type de variable à traiter. La valeur par défaut est celle utilisée dans le cadre du TP.

### 3.3.6. Bloc « selector » :



**Fonction** : même fonction que le bloc 'samphold' sauf que la sortie prendre la valeur mémorisée de deux entrées : la sortie est mémorisée sur l'entrée 1 (entrée supérieur) à l'apparition d'un événement 1 (événement en haut à gauche).

**Emplacement** : Palette/routage du signal.

**Utilisation** : Le bloc est simplement à glisser dans la fenêtre de travail, les paramètres par défaut ne sont pas à modifier.

## 4. Extrait du programme de la carte Arduino

La commande du système est réalisée par une carte Arduino Méga associée à un module comprenant deux hacheurs 4 quadrants (Motorshield Arduino).

Les extraits suivants du programme permettent de gérer le fonctionnement en mode « Suivi intelligent » et en mode « Suivi théorique ».

### 4.1. Suivi intelligent

```
int initint=0 ;
decEO = (capteurEO < seuilinf) - (capteurEO > seuilsup) ;
if (decEO != 0)
  {
  if (initint == 0)
    {
    topcodeurEOi = topcodeurEO ;
    decEO2 = decEO ;
    topcodeurEOa = topcodeurEOi + (long)decEO2 * seuilEO ;
    SENSEO = decEO2 ;
    initint = 1 ;
    }
  }
else {
  topcodeurEOi = topcodeurEO ;
  if (initint == 1)
    {
    « Partie à convevoir »
    }
  else { SENSEO = 0 ;}
  }
... // suite du programme
```

**// Explication de l'extrait de programme « Suivi intelligent » :**

// La variable 'topcodeurEO' est décrémenté à chaque top codeur dans le sens Est-Ouest.

// La variable 'initint' est à 0 au départ.

// Dès-que la tension capteur est supérieure au seuil supérieur, "decEO" passe à -1.

// On mémorise alors "topcodeurEO" dans "topcodeurEOi",

// et la variable "decEO2" mémorise la valeur -1 de "decEO".

// On calcule ensuite le nombre de tops à atteindre "topcodeurEOa"

// en faisant ici une soustraction (car decEO = -1) de "topcodeurEOi" avec seuilEO

// (qui correspond au nombre de tops codeurs de la valeur de déplacement).

// La variable "SENSEO" est mise à -1, ce qui déclenche le mouvement vers l'ouest,

// et la variable "initint" est mise à 1, mémorisant qu'une demande de déplacement a bien

// été prise en compte.

// Dès-que le mouvement démarre, la condition (capteurEO>seuilsup) ne sera plus vraie,

// donc "decEO" passe à 0.

// Le mouvement doit continuer vers l'ouest de la valeur de déplacement.

## 4.2. Suivi théorique

//Calcul de l'élévation théorique du soleil en top/degré pour une durée accélérée de 1 min

```
long elev(float temps) {  
    return long(0.0072*pow(temps,4) - 0.8589*pow(temps,3) + 16.183*pow(temps,2)  
        + 575*temps+1510.2) ; }
```

// Calcul de l'azimuth théorique du soleil en top/degré pour une durée accélérée de 1 min

```
long azi(float temps) {  
    return -long(-0.0921*pow(temps,3) + 8.2225*pow(temps,2) +127.78*temps) ; }
```

// initialisation du panneau

```
{  
...  
tempsinit = millis() / 1000. ;  
}  
// fin de l'initialisation du panneau
```

```
if(millis()/1000.- tempsinit < 60) {  
    tempsabs = millis()/1000. - tempsinit ;  
    topcodeurEOi = topcodeurEO ;  
    topcodeurNSi = topcodeurNS ;  
    decEO = (topcodeurEOi < azi(tempsabs) - seuilEO)  
        - (topcodeurEOi > azi(tempsabs)+seuilEO) ;  
    decNS = (topcodeurNSi > elev(tempsabs)+seuilNS)  
        - (topcodeurNSi < elev(tempsabs)-seuilNS) ;  
... // suite du programme
```

## 4.3. Éléments du langage utilisés dans le programme

### 4.3.1. Types de données

- « boolean » pour une grandeur binaire,
- « byte » ou « uint8\_t » pour un entier non signé sur 8 bits,
- « int » pour un entier signé sur 16 bits,
- « long » pour un entier signé sur 32 bits,
- « unsigned long » pour un entier non signé sur 32 bits,
- « float » pour un nombre à virgule flottante.

### 4.3.2. Conversion de données

- « long(x) » ou « (long)x » convertit une variable « x » de tout type en une variable de type « long »,
- il en est de même pour les autres types.

### 4.3.3. Déclaration des variables

- int initint = 0 : la variable « initint » est du type « int », pourra être modifiée par le programme, mais est initialisée à « 0 » ;
- long topcodeurEOa : la variable « topcodeurEOa » est simplement déclarée de type « long » ;

### 4.3.4. Opérateurs arithmétiques

+ : addition    - : soustraction  
\* : multiplication    / : division

### 4.3.5. Opérateurs de comparaison

== : égal à    != : différent de    < : inférieur à  
> : supérieur à    <= : inférieur ou égal à    >= : supérieur ou égal à  
Le symbole '=' est utilisé pour l'affectation.

### 4.3.6. Structure de contrôle

- if(condition) {action a;} else {action b;} : si la condition est vraie, exécuter l'action a sinon l'action b ;  
*Remarque* : plusieurs actions peuvent être effectuées entre les accolades.

### 4.3.7. Opérateurs mathématiques

- pow(temps,3) : variable « temps » à la puissance 3.

### 4.3.8. Fonctions

- long azi(float temps) { return -long(-0.0921\*pow(temps,3) + 8.2225\*pow(temps,2) +127.78\*temps); } : fonction recevant la variable temps de type flottant et retournant une variable de type long.
- L'instruction « azi(tempsabs) » appelle cette fonction en lui transmettant la variable « tempsabs » puis récupère le résultat de cette fonction.

### 4.3.9. Fonction temporelle

- millis() : renvoie la durée en millisecondes depuis l'initialisation de la carte Arduino (type « unsigned long »).

## 4.4. Liste des variables utilisées dans le programme

Variable	Signification	Etendue
capteurNS	Information du capteur d'orientation (du panneau solaire) autour de l'axe NS	0 à 1023
capteurEO	Information du capteur d'orientation autour de l'axe EO	0 à 1023
topcodeurNS	Nombre de tops codeurs comptés pour le moteur NS : 336 tops codeur par degré. Initialisé à 0 à la mise sous tension.	32 bits
topcodeurEO	Nombre de tops codeurs comptés pour le moteur EO : 93 tops codeur par degré. Initialisé à 0 à la mise sous tension.	32 bits
SENSNS	Commande de la direction du moteur NS : 1 sens Nord, -1 sens Sud	1 ou -1
SENSEO	Commande de la direction du moteur EO : 1 sens Est, -1 sens Ouest	1 ou -1
decEO, decEO2 decNS	Variables intermédiaires utilisées pour déclencher une commande de mouvement	-1, 0, 1
seuilinf	Seuil inférieur du capteur d'orientation axe EO ou axe NS	0 à 1023
seuilsup	Seuil supérieur du capteur d'orientation axe EO ou axe NS	0 à 1023
initint	Variable binaire, initialisée à 0	0 ou 1
topcodeurEOi	Nombre de tops codeurs axe EO, variable intermédiaire	32 bits
topcodeurEOa	Nombre de tops codeurs axe EO à atteindre	32 bits
topcodeurNSi	Nombre de tops codeurs axe NS, variable intermédiaire	32 bits

<b>Variable</b>	<b>Signification</b>	<b>Etendue</b>
seuildegEO	Seuil en degrés axe EO	16 bits
seuildegNS	Seuil en degrés axe NS	16 bits
seuilEO	Seuil en tops codeurs pour l'axe EO (= 93 * seuildegEO)	32 bits
seuilNS	Seuil en tops codeurs pour l'axe NS (= 336 * seuildegEO)	32 bits
elev	Fonction calculant l'élévation théorique du soleil en top/degré pour une durée accélérée de 1 min	
azi	Fonction calculant l'azimut théorique du soleil en top/degré pour une durée accélérée de 1 min	
tempsinit tempsabs	Variables temps en ms	Nombre à virgule flottante