



SYSTÈME DE SUIVI SOLAIRE EXTÉRIEUR



DL SUN-TRACKER 4.0

INTRODUCTION

Les panneaux photovoltaïques fixes ne peuvent capter la lumière du soleil lorsque celui-ci n'est pas à l'angle d'incidence optimal. Cependant, les systèmes de suivi solaire permettent aux panneaux de s'orienter vers le soleil, augmentant ainsi la production de 10 à 25 %. Grâce à leur capacité à capter la lumière du soleil tout au long de la journée et en toutes saisons, l'efficacité des panneaux solaires s'en trouve considérablement accrue.

Le **DL SUN-TRACKER 4.0** est un système éducatif conçu pour **orienter automatiquement un panneau solaire** de manière à optimiser la captation d'énergie solaire tout au long de la journée. L'objectif est de maintenir les rayons du soleil perpendiculaires à la surface du panneau afin de maximiser l'absorption d'énergie et, par conséquent, son rendement.

Il s'agit d'un système de formation conçu pour les instituts techniques et les universités. Ce n'est pas seulement un système de suivi solaire, mais un laboratoire complet permettant d'étudier l'intersection entre les énergies renouvelables, l'automatisation et la communication numérique.

Son fonctionnement réglable repose sur une structure mécanique qui modifie l'orientation des panneaux solaires.



Il utilise:

- **Des capteurs de lumière** qui détectent la position du soleil en repérant la direction du rayonnement le plus intense et en envoyant des signaux à des moteurs (actionneurs) pour déplacer la structure.
- **Des actionneurs** (moteurs électriques) qui assurent le déplacement de la structure, et
- **Des algorithmes de contrôle** qui garantissent un alignement précis.

Il existe deux grandes catégories basées sur les degrés de liberté de mouvement (toutes deux alimentées par l'électricité du système solaire):

- **Single-axis (Mono-axe):** Les panneaux pivotent autour d'un seul axe (généralement est-ouest) pour suivre la course du soleil.
- **Dual-axis (Bi-axe):** Ce système se déplace sur deux axes, ajustant à la fois l'orientation horizontale et l'inclinaison verticale (hauteur du soleil), comme c'est le cas pour notre système. Il prend en compte le mouvement quotidien du soleil et les variations saisonnières, assurant un positionnement optimal des panneaux et permettant ainsi une production d'énergie maximale tout au long de la journée.

En conclusion, comparés aux structures fixes, les trackers solaires permettent une augmentation significative du rendement – de 15 % à 30 % dans les systèmes à un seul axe et jusqu'à 40 % dans les systèmes à deux axes – assurant une meilleure utilisation de la surface installée et un retour d'énergie plus élevé.

Elles ont atteint un niveau de maturité technologique élevé : des composants plus robustes, des algorithmes de contrôle précis et des solutions mécaniques fiables réduisent les risques de panne et simplifient la maintenance courante. Leur déploiement à grande échelle témoigne également de leur compétitivité économique et de leur capacité à s'intégrer efficacement aux réseaux électriques.

Leur adoption demeure un élément clé dans la conception des systèmes solaires modernes, avec des avantages tangibles tant en termes de performance que de longue durée de vie du système.

DESCRIPTION DU SYSTÈME

PARCOURS ÉDUCATIF À 4 DIMENSIONS

Le simulateur pédagogique **DL SUN-TRACKER 4.0** propose **quatre logiques de contrôle différentes**, permettant aux enseignants de structurer des leçons couvrant différents domaines tels que:

- 1) **Algorithme astronomique (Real-Time Clock/horloge en temps réel):** Les élèves apprennent à planifier leurs déplacements en fonction des coordonnées géographiques et du temps, en étudiant la trigonométrie de la position solaire.
- 2) **Suivi réactif (Capteurs LDR):** Étude photométrique. Le système réagit activement aux stimuli environnementaux grâce à des capteurs différentiels, idéal pour la compréhension des systèmes en boucle fermée.



ÉNERGIES RENOUVELABLES



- 3) **Contrôle sans fil Bluetooth:** Introduction à la communication à courte portée. Une application dédiée permet de contrôler les servomoteurs de mouvement d'axe, y compris la gestion des protocoles de communication mobile.
- 4) **Commande manuelle:** Gestion directe des tests d'étalonnage et compréhension de la cinématique des axes.

LABORATOIRE IoT ET TRANSPARENCE TOTALE AVEC MQTT

Le véritable cœur de l'Industrie 4.0 réside dans la gestion des données, et le **DL SUN-TRACKER 4.0** utilise le protocole MQTT (**M**essage **Q**ueuing **T**elemetry **T**ransport/Transport de télémétrie par file d'attente de messages), la norme industrielle de l'IoT (**I**nternet **o**f **T**hings/Internet des objets), pour transmettre en temps réel:

- **Télémétrie électrique:** Analyse de la tension (V), du courant (I) et de la puissance (P) générés par le panneau.
- **Données sur les actifs:** Retour d'information angulaire précis pour vérifier la congruence entre la position théorique (optimale) et la position réelle.



Grâce à ces deux points mentionnés ci-dessus, les étudiants peuvent s'abonner à des "**topics/sujets**" de suivi via des courtiers (comme **Mosquitto**/l'un des **courtiers MQTT** open source les plus populaires), visualiser des graphiques sur des tableaux de bord comme **Node-RED**, permettant à chacun de créer des applications qui collectent, transforment et visualisent leurs données, construisant des flux qui peuvent automatiser leur monde, ou sur une interface **SCADA**.

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Le **DL SUN-TRACKER 4.0** ne se contente pas de suivre la lumière; il surveille l'environnement pour fournir une analyse complète. L'intégration de capteurs météorologiques permet aux étudiants d'étudier les variables qui influencent la production d'énergie renouvelable et d'analyser les données environnementales en temps réel.

Tous les paramètres météorologiques sont échantillonnés par le microcontrôleur et envoyés via MQTT avec les données électriques, telles que:



ÉNERGIES RENOUVELABLES



- **Vitesse du vent (anémomètre):** Étude de la sécurité des structures. Les étudiants peuvent programmer une fonction « Mode de sécurité » qui bascule automatiquement le dispositif de suivi en position horizontale si les rafales de vent dépassent un seuil prédéfini.
- **Direction du vent:** Analyse de la circulation de l'air et de la répartition de la chaleur autour des modules.
- **Précipitations (Pluviomètre):** Surveillance de l'intensité des précipitations pour étudier l'effet « autonettoyant » des panneaux ou la réduction de l'irradiation.
- **Température des cellules photovoltaïques (capteur de température):** Indispensable pour le calcul du coefficient de température des cellules photovoltaïques.

Ce système permettra à l'étudiant d'expérimenter différentes méthodes de contrôle d'un système de suivi solaire extérieur à deux axes et de développer les compétences nécessaires à la conception matérielle et à la programmation logicielle.

Les activités pédagogiques expérimentales sont les suivantes:

- **Commande manuelle:** Gestion du système motorisé via une interface analogique (joystick).
- **Télécommande:** Mise en œuvre d'une commande sans fil utilisant le protocole Bluetooth.
- **Suivi du temps:** Suivi solaire basé sur un système temporel.
- **Suivi adaptatif:** Suivi automatique et visée via des capteurs d'irradiance (LDR).
- **Caractérisation énergétique:** Analyse des courbes de rendement et des paramètres électriques des panneaux photovoltaïques. Comparaison de la productivité entre les systèmes à orientation fixe et les systèmes à suivi solaire.
- **Collecte de données environnementales.**

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Panneaux photovoltaïques (PV)

- **Type:** Silicium polycristallin.
- **Puissance totale:** Environ 220 Wp (puissance crête).
- **Configuration:** 2 panneaux pour étudier les effets des connexions série/parallèle.
- **Construction:** Verre trempé à haute transmission, cadre en aluminium anodisé, boîte de jonction IP67.

Système de montage à suivi double axe

- **Axes du mouvement:**
 - ◆ **PAN (Azimut):** Inclinaison Est-Ouest.
 - ◆ **TILT:** De 0° à 60° pour s'adapter à la hauteur du soleil selon les saisons.
- **Actionneurs:** Moteurs linéaires ou actionneurs.
- **Retour d'information sur la position:** Capteur d'inclinaison (Tilt).

Caractéristiques électriques

- **Plage de mesure:**
 - ◆ V_{\max} : 50Vcc.
 - ◆ I_{\max} continue: 15A.



ÉNERGIES RENOUVELABLES



- ◆ **I_{max} temporaire:** 20A.

Alimentation électrique

- **V:** batterie de 12Vcc/27Ah.
- **I_{repos}:** 100mA.
- **I_{max}:** 1A avec 2 moteurs actifs simultanément.

Fourni avec tous les accessoires nécessaires (câbles, logiciels) et un manuel pratique détaillé.

OPTION POUR LES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES ET HYBRIDES

Le système DL SUN-TRACKER 4.0 peut être utilisé avec nos systèmes appartenant aux domaines des énergies renouvelables photovoltaïques et hybrides (en alternative au panneau photovoltaïque traditionnel), notamment avec:

- **DL SOLAR-B:** Système modulaire pour l'étude de l'énergie solaire.
- **DL SOLAR-D1:** Système modulaire pour l'étude de l'énergie solaire avec raccordement au réseau.
- **DL SOLAR-AT:** Système avancé pour l'étude de l'énergie solaire photovoltaïque.
- **DL SOLAR-GTS:** Système modulaire pour l'étude de l'énergie solaire avec raccordement au réseau et stockage.
- **DL WP-SOLAR-D:** Système de pompe solaire.
- **DL SUNWIND-OG:** Système modulaire pour l'étude de l'énergie solaire/éolienne.
- **DL SUNWIND-GT:** Système pour l'étude de l'énergie solaire/éolienne avec raccordement au réseau.
- **DL SUNWIND-A2:** Système avancé pour l'étude de l'énergie solaire/éolienne.
- **DL SGWD/DL SWGD-W/DL SGWD2.0/DL SGWD2.0-W:** SMART GRID.