

Dimensionner et faire un tracker solaire photovoltaïque low tech

 Aurelpere

NO IMAGE YET



Recommended sizes: 800 / 600 px

All sizes are accepted.
If possible, landscape format is preferred.

https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Dimensionner_et_faire_un_tracker_solaire_photovolta%C3%AFque_low_tech

Dernière modification le 02/05/2024

 Difficulté **Difficile**

 Durée **4 heure(s)**

 Coût **600 EUR (€)**

Description

Construction d'un tracker photovoltaïque à partir d'un leve plaque

Sommaire

Sommaire

Description

Sommaire

Étape 1 - Dimensionner : mesurer les moments d'inertie

Étape 2 - Dimensionner : mesurer les angles et débattements

Étape 3 - Installer le verin sur l'axe horizontal

Commentaires



Matériaux

tracker:

Leve plaque BRD : 150€

verin "Actionneur linéaire 12V DC , 1320LBS(6000N) 20 pouces (500mm) moteur électrique" : 69€ sur aliexpress, disponible sur amazon un peu plus cher

Hbridge L298n 7a: 11€ sur aliexpress

carotteuse 2000W: environ 200€

Module

Module photovoltaïque Voltech 2mx1m 375W: 200€

Pilotage:

raspberry: environ 100€

Outils

metre facom: 20€

kit de poids soviétique: 60€

niveau à bulle: 5€

equerre alu: 6€

ebarbeuse: 50€

perceuse: 50€

poste à souder: 100€

Étape 1 - Dimensionner : mesurer les moments d'inertie

Nous posons deux axes pour notre module:

un axe Oz perpendiculaire au plan du module (vertical lorsque le module est à plat) et un axe Ox parallèle au plan du module (horizontal lorsque le module est à plat)

Caractéristiques du module:

poids 21,2kg

Longueur: 1,8m

Largeur: 1m

La théorie de wikipedia nous dit que le moment d'inertie selon l'axe Oz est donc :

$J_{\text{delta}} = \frac{1}{12} * m * L^2$ (avec m masse du module et L longueur du module)

$J_{\text{delta}} = \frac{1}{12} * 1,8 * 21,2 = 3,18 \text{Nm}$

Ndt: on assimile le module à une "barre" car ici l'axe de rotation est l'axe parallèle au plan du rectangle formé par le module et non l'axe perpendiculaire

On vérifie maintenant expérimentalement :

Centrer le module sur le leve plaque et le mettre horizontalement.

vérifier qu'il n'y a pas de vent

faire le niveau de la surface sur laquelle le mat du leve plaque est posé

fixer un repère horizontal au niveau du bas du module

poser un poids de 500g à l'extrémité du module

mesurer la distance entre la position à l'équilibre et la position avec le poids

On a:

$J_{\text{delta}} = d * F$

avec d distance en metre à l'axe de rotation (bras de levier)

F force appliquée au solide (ici mg avec m masse du solide en kg, et g constance gravitationnelle)

On a donc

$$J_{\text{delta}} = 0,9 * 0,5 * 9,8 = 4,41 \text{ Nm}$$

On mesure la rotation : dans notre cas, la distance de rotation à l'extrémité du module varie entre 3 et 10 cm. Les variations importantes sont dus aux frottements de l'axe qui peut être en force ou coulisser plus librement.

L'ordre de grandeur du moment d'inertie est bien vérifié.

Refaire avec poids exact?

Pour le moment d'inertie selon l'axe Ox, il est plus difficile de vérifier expérimentalement, car l'axe du lève plaque ne permet pas d'avoir une position à l'équilibre avec le poids du module (qui viendra caler sur la butée en subissant son poids)

On se contentera donc de la théorie:

La théorie nous dit

$$J_{\text{delta}} = 1/12 * m(b^2 + c^2) \text{ avec } m \text{ masse du module, } b \text{ longueur du petit coté, } c \text{ longueur du grand coté}$$

$$J_{\text{delta}} = 1/12 * 21,2 * (1,8^2 + 1^2) = 7,49 \text{ NM}$$

Ce résultat théorique étant très fortement inférieur au poids du module, on dimensionnera à partir de la force nécessaire pour soulever le poids du module (l'axe étant soumis au poids):

$$F = mg = 21,2 * 9,8$$

Soit 200Nm en ordre de grandeur (1m de bras de levier en ordre de grandeur)

On a donc maintenant les caractéristiques pour dimensionner les moteurs d'entraînement de notre module selon les deux axes de rotation.

Mais les trackers ont une prise au vent conséquente.

Si on souhaite prendre en compte la résistance au vent il faut mesurer la force appliquée au module selon la vitesse du vent:

$$F_p = 1/2 * \rho * v^2 * S * C_p$$

Avec ρ densité de l'air égal à 1,2 kg/m³ en ordre de grandeur pour des conditions de température et de pressions "standards".

v vitesse du vent en m/s

S surface de l'objet en m²

C_p coefficient de pression sans dimension égal à 2 pour une plaque rectangulaire en métal

On a donc :

$$F_p = 1/2 * 1,2 * 1,8^2 * v^2 = 2,16 * v^2$$

Chatgpt nous donne les abaques des vitesses de vent en km/h et leurs conversions en m/s et le nom générique en météorologie:

Calme : Moins de 1 km/h (Moins de 0.3 m/s)

Très légère brise : 1-5 km/h (0.3-1.5 m/s)

Légère brise : 6-11 km/h (1.6-3.0 m/s)

Petite brise : 12-19 km/h (3.4-5.4 m/s)

Jolie brise : 20-28 km/h (5.5-7.9 m/s)

Bonne brise : 29-38 km/h (8.0-10.7 m/s)

Vent frais : 39-49 km/h (10.8-13.8 m/s)

Vent modéré : 50-61 km/h (13.9-16.9 m/s)

Vent assez fort : 62-74 km/h (17.2-20.6 m/s)

Fort vent : 75-88 km/h (20.8-24.4 m/s)

Tempête : 89-102 km/h (24.7-28.3 m/s)

Violente tempête : 103-117 km/h (28.6-32.5 m/s)

Ouragan : Au moins 118 km/h (Au moins 32.8 m/s)

Nous avons donc une Force F_p qui peut varier de

Un ordre de grandeur de 20N pour une légère brise

à

Un ordre de grandeur de 2000N pour une tempête

(Ndt: la force de gravité d'1 kg est d'environ 10N donc la force de 2000N correspond en ordre de grandeur à la force de gravité de 200kg).

Les moments d'inertie sur les axes sont du même ordre de grandeur (20Nm et 2000Nm) puisque les dimensions du modules sont de l'ordre du mètre.

Si vous souhaitez construire un tracker qui résiste donc à des conditions de tempête, il est conseillé de dimensionner le tracker en conséquence

d'une part avec des attaches au sol suffisante, d'autre part avec une armature au dos des modules pour les attacher adaptée, et désactivant le tracking

lors des vents de tempêtes ou plus important.

Le dimensionnement pour la résistance au vent est une des raisons pour lesquelles les trackers sont chers et donc moins répandus que les installations photovoltaïques fixes.

Les moteurs pas à pas et servomoteurs (step motors en anglais) qui ont un couple suffisant pour résister à des vents importants sont chers, et ça peut se comprendre pour des moteurs conçu pour de la précision dans les pas.

(par exemple là: https://www.distrelec.fr/fr/automatisation/moteurs-et-entrainements/moteurs-pas-pas-et-servocommandes/c/cat-L3D_525513)

Pour les verins (hydraulic cylinder en anglais), la force de poussée est généralement dans des ordres de grandeurs suffisant pour résister aux tempêtes.

Pour notre tutoriel low-tech, on sait que les moteurs de carotteuse ont des couples (torque en anglais) d'un ordre de grandeur suffisant pour résister à des tempêtes (1W correspond à 1 newton que multiplie 1 mètre par seconde, une carotteuse de 2000W devrait donc avoir un couple d'un ordre de grandeur plus ou moins dans les 2000Nm).

On cherchera donc à utiliser ce type de moteur commandé par un raspberry pi (mais le porte plaque étant sur roulette, on prendra la précaution de ranger le tracker en cas de tempête ;))





Étape 2 - Dimensionner : mesurer les angles et débattements

On va d'abord s'intéresser à la trajectoire solaire ou solar trajectory en anglais.

On mesure typiquement la position du soleil selon deux systèmes de coordonnées:

le système équatorial avec des coordonnées exprimées en:

ascension droite équivalente à la longitude terrestre mesurée en heures minutes secondes

déclinaison équivalente à la latitude terrestre mesurée en degrés minutes secondes

le système horizontal avec des coordonnées exprimées en:

degré d'azimut

degré d'altitude ou de hauteur

Les abaques de trajectoire solaire (par exemple disponibles ici : <https://www.astrolabe-science.fr/diagramme-solaire-azimut-hauteur>) nous donnent les trajectoires du soleil dans une journée (généralement plusieurs journées typiques de plusieurs saisons) exprimées en degrés horizontal.

Pour lire un graphique de ce type:

si on suit le graphique inséré dans ce tuto et issu du lien ci-dessus, lorsqu'on suit par exemple la courbe rouge pour Paris, voici ce qu'on peut lire:

Le 21 décembre, lorsqu'on regarde le sud, le soleil suit une trajectoire qui commence à -50° d'azimut (vers l'Est sur l'axe horizontal) lorsque le soleil se lève, puis lorsque le soleil va vers l'ouest tout au long de la journée (on suit la courbe rouge), il prend de la hauteur jusqu'à atteindre 17° de hauteur (sur l'axe vertical) à midi (position 0° d'azimut sur l'axe horizontal) puis redescend jusqu'à 0° de hauteur lorsqu'il se couche (vers l'Ouest sur l'axe horizontal).

Pour Paris, on a :

un degré d'azimut qui varie de -130° à $+130^\circ$ selon l'heure et la saison

un degré d'altitude ou de hauteur qui varie de 0° à 64° selon l'heure et la saison

Pour notre tracker,

Pour calculer notre débattement horizontal (selon un axe Oz vertical si le module est posé au sol), on n'a pas vraiment de contrainte sur le lève plaque utilisé puisque l'axe tourne à 360° sans problème. Donc on pourra suivre le soleil de -130° d'azimut à $+130^\circ$ d'azimut sans problème.

Pour calculer notre débattement vertical (selon l'axe Ox horizontal si le module est posé au sol), on a une contrainte sur l'angle maximal.

N'ayant pas de décimètre sous la main, on va utiliser Pythagore (voir photo):

$64\text{cm} \times 150\text{cm} \times 134\text{cm}$

soit:

$\sin \phi = \text{opposé}/\text{hypoténuse}$

$\sin \phi = 134/150$

$\sin \phi = 0,8933$

$\phi = 1,1046 \text{ rad}$

$\phi = 1,1046 \times 180/\pi = 63^\circ$

On a donc une contrainte pour notre lève plaque qui accepte des angles selon l'axe Ox de 0° à 63° .

Lorsque le tracker est à son angle maximum (63°), on est perpendiculaire au soleil lorsque le soleil est à un angle ϕ de $\phi = 180 - 63 - 90 = 27^\circ$

Lorsque le soleil a un angle plus faible que 27° , le tracker ne pourra pas suivre en étant perpendiculaire au soleil.

On voit cependant que la butée est assurée par le ressort (sur la photo on voit la marque au niveau de la peinture) et on peut gagner en amplitude d'environ 8mm (voir photo) sur la butée en perçant et en faisant une encoche dans la potence, soit un angle maximum de 71° .

On peut donc gagner 8° , soit un angle minimum pour le soleil de 19° .

Ndt: contacter le constructeur BRD?

La mesure manuelle du débattement entre l'axe du tube sur lequel est fixé la manivelle et le dos du module lorsque le lève plaque est incliné à son angle maximum nous donne 42cm. (voir photo)







Étape 3 - Installer le verin sur l'axe horizontal

On va fixer une potence sur la partie fixe du porte plaque qui tourne avec l'axe vertical, afin d'y fixer une tige sur laquelle on fixera le verin qui pourra tourner avec l'axe vertical afin d'ajuster l'angle sur l'axe horizontal.

On commence par fixer la potence en métal en la soudant à la partie fixe vis à vis de l'axe vertical. Il faut bien poncer la peinture avant de faire la soudure. (voir photo). On fait ici une soudure à l'arc.

On perce ensuite une tige en métal qu'on vient boulonner à la potence (voir photo).

On perce et on fixe également une tige en métal qu'on vient boulonner à la partie mobile qui ajuste l'angle sur l'axe horizontal, cad les "bras" qui permettent de porter la plaque ou le module photovoltaïque (voir photo).

On fixe ensuite le verin aux deux tiges en métal. Le verin est équipé de fixations avec des chevilles qui permettent de "suivre" l'angle pris par les tiges sur lesquelles il est fixé. (voir photo)

Remarquez qu'on a pris une tige en métal en angle droit afin d'éviter que cette fixation soit entièrement libre. Elle vient buter sur une partie de la tige, ce qui permet par la suite d'étalonner plus précisément l'amplitude du verin.

On teste ensuite la course du verin. Il faudra faire attention, car on arrive sur la butée du porte plaque à une avancée du verin d'environ 40cm et ce modèle a une course de 50cm. (voir photos)



