# دراجات مدعومة كهربائياً

Low-tech with Refugees - Low-tech & Réfugiés

https://wiki.lowtechlab.org/wiki/V%C3%A9lo_%C3%A0_assistance_%C3%A9lectrique/ar

Dernière modification le 04/09/2024

Difficulté **Difficile**

Durée **(jour(s 2**

Coût **(€) EUR 50**

## Description

تعديل دراجة هوائية لتحويلها إلى دراجة هوائية تعمل بالكهرباء.

## Sommaire

Description
Sommaire
Introduction
المعلومات القانونية
تفكيك اللوح الطائر - Étape 1
حالة تركيب المستشعر PAS الوضع 1 - Étape 2
**الحالة 1 :** دراجة هوائية مزودة بمستشعر قوس سفلي مربع المحور "عالمي"
حالة تركيب المستشعر PAS الوضع 2 - Étape 3
**الحالة 2 :** دراجة هوائية مع الجيل الجديد من الدعامة السفلية ذات المحور المربع، والمستشعر "المدمج"
تركيب مستشعر الفرامل - Étape 4
توصيل عجلة لوح التحليق - Étape 5
**الحل 1 : أكثر مقاومة وأقل تكلفة (إذا كان لديك آلة لحام بالقوس الكهربائي)**
**الحل 2: غير دائم وقابل للتعديل**
تركيب وحدة التحكم - Étape 6
**الأسلاك**
**عزل**
شحن البطارية - Étape 7
ملحقات - Étape 8
**تعديل المحرك (زيادة السرعة ولكن استهلاك طاقة أعلى)**
ملحقات تالية - Étape 9
Commentaires

# Introduction

سنشرح في هذا البرنامج التعليمي كيفية تعديل الدراجة التقليدية لإضافة المساعدة الكهربائية. سيمكّنك ذلك من اجتياز أكثر المنحدرات انحداراً بسهولة وركوب الدراجة بشكل أسرع وبجهد أقل.
**حذاري!** تتضمن المراحل المختلفة الكثير من الإلكترونيات واللحام والميكانيكا. لذلك نوصيك بقراءة هذا البرنامج التعليمي بعناية والاطلاع على المصادر المختلفة المتوفرة قبل البدء في بناء هذه الدراجة التي تعمل بالكهرباء.

# المعلومات القانونية

مع التعديلات التي سيتم إجراؤها، سوف تتوافق هذه الدراجة مع اللوائح الأوروبية للدراجات الهوائية التي تعمل بالكهرباء. يمكنك العثور عليها <u00 هنا.
يتلخص الأمر في بعض النقاط الرئيسية:
يجب أن تعمل المساعدة حتى سرعة 25 كم/ساعة فقط (من الممكن استخدام الدواسة بسرعة أكبر، ولكن بدون مساعدة).
يجب ألا تتجاوز قوة المحرك 250 واط.
يجب تفعيل المساعدة عن طريق استخدام الدواسة.
عندما يتوقف المستخدم عن استخدام الدواسة، يتم إيقاف تشغيل المحرك.
يجب ألا يؤثر التعديل على السلامة أو كفاءة الكبح.

ومع ذلك، لا يمكن أن تكون الدراجة متجانسة، لذلك لن تواجه أي مشاكل مع الشرطة، ولكن لن يكون لديك تأمين في حالة وقوع حادث.

# Outils

مكواة لحام ولحام القوس الكهربائي
مقياس متعدد، قاطع
أدوات لتفكيك مجموعة الكرنك، معدات الوقاية الشخصية

# Matériaux

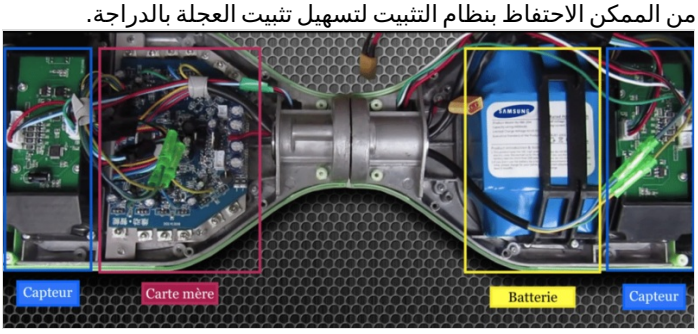
محرك + 6 بوصة عجلة لوح التزحلق: 36 فولت
بطارية 36 فولت 4.4 أمبير/ساعة
شاحن 36 فولت
يمكن العثور على كل هذه العناصر في لوح طائر مستعمل
يمكن العثور على لوح طائر مستعمل بسعر يتراوح بين 50 و100 يورو.
**وحدة تحكم الدراجة الإلكترونية بجهد 24 فولت/36 فولت 250 واط**: حوالي 26 يورو (متوفر على Aliexpress بسعر أقل)
Voir ce lien
**مستشعر PAS**
**حذاري:** قبل أن تبدأ/ تطلب أي شيء، تأكد من أن الفجوة بين الإطار ورافعة الدعامة السفلية لا تقل عن 4.5 مم، وإلا فلن تتمكن من تركيب الحساس.
capteur à monter sur le pédalier, à effet hall + disque avec aimants (fournis avec en général)) :
2 خيارات حسب الدعامة السفلية :

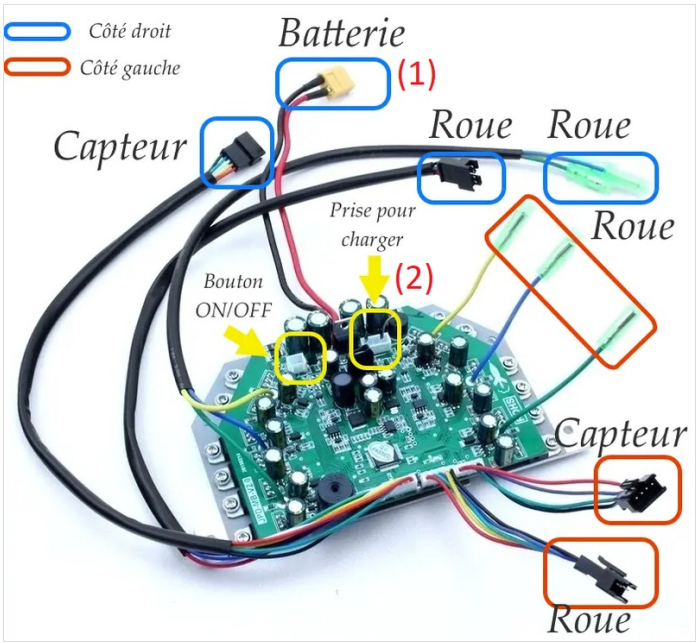
- بمحاور مربعة ("عالمية"): €8~ Voir ce lien
- مع أحدث جيل من المحاور المربعة ("المدمجة"): شاهد هذا الرابط ~8€

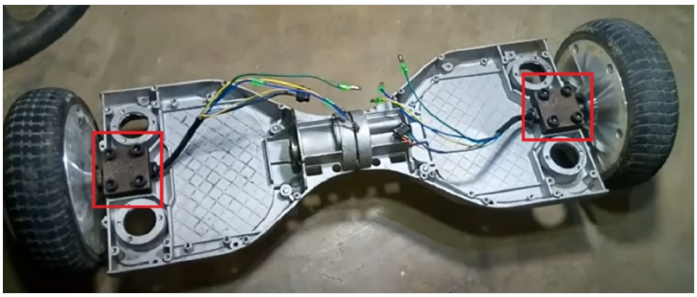
**ملاحظة:** لسوء الحظ، بالنسبة للأقواس السفلية المزودة بمحامل خارجية، لا توجد حساسات PAS تباع بشكل فردي ومناسبة لبرنامجنا التعليمي. يتم تكييفها دائماً مع أطقم VAE الأكثر تكلفة بكثير.
**مستشعر الغرامل Ebike**(يتم تركيبها على أذرع المكابح): 4-7 يورو تقريباً
يمكن العثور عليها في علي إكسبريس
**ترانزستور**
(يسمح لك بالحصول على الإشارة الصحيحة من مستشعر الدواسة إذا كان يرسل إشارة مقلوبة)، قد لا يكون ضروريًا اعتمادًا على مستشعر نظام تقييم الأداء (PAS)، المرجع: 5-3 ~ :BS170 يورو (لكل 10 قطع أو أكثر)
Voir ce lien
**موصلات XT60** لتأمين توصيل البطارية: حوالي 10 يورو لكل 25 زوجًا
**أنبوب معدني مفتوح**
**مربع معدني**
**مشابك** لتثبيت المكونات المختلفة بالدراجة
**أنابيب الانكماش الحراري** (اختياري، للعزل ضد الماء)
مثبتات لوحدة التحكم والبطارية والعجلة.

# Étape 1 - تفكيك اللوح الطائر

مصدر فيديو : https://www.youtube.com/watch?v=nikYUAnj7F0
يعتمد تفكيك لوح التحليق على العلامة التجارية للوح التحليق ونوعه. التعليمات والصور التالية عامة ولكن قد تختلف التفاصيل.
أولاً وقبل كل شيء، تحتاج إلى إزالة الغلاف البلاستيكي الذي يحيط بجميع المكونات الإلكترونية.
**ملاحظة:** كن حذراً من أي أسلاك قد تكون موصولة بالأغلفة البلاستيكية، مثل سلك الشحن.
شاهد الصورة1 رسم تخطيطي أساسي للوح التزحلق من الداخل.
افصل الكابلات وضع علامة على مكان توصيلها، باستخدام شريط لاصق عليه علامة إن أمكن. على وجه الخصوص، احتفظ بكابل الشحن على جانب واحد وضع علامة على مكان توصيله على اللوحة الأم.
قم بإزالة البطارية بعناية بعد فصلها عن اللوحة الأم وإزالة الأسلاك من المنطقة الأسطوانية المركزية. احتفظ بالبطارية (1) (انظر الصورة 3) حيث سيتم استخدامها لتشغيل محرك المساعدة الكهربائية للدراجة.
**حذاري** البطارية هي الجزء الأكثر خطورة من المكونات الإلكترونية للوح التزلج على الماء. يجب تجنب أي خطر من الصدمات، خاصة مع الأجسام الحادة. إذا كانت البطارية تالفة (تمزقات، ثقوب، إلخ) أو تبدو منتفخة، يجب عدم استخدامها، حيث يوجد خطر الانفجار أو اللهب.
اللوحة الأم عنصر مهم يجب الاحتفاظ به لتمكين إعادة شحن البطارية. تحتاج إلى تحديد موقع "مقبس الشحن" (2) على كابل الشحن الذي وضعته جانباً في وقت سابق.
بعد ذلك، قم بإزالة لوحات "المستشعر" (انظر الصورة 2) للوصول إلى حوامل المحرك.
يجب فك واحدة على الأقل من الكتل المكونة من 4 براغي باستخدام مفتاح ألين للحصول على العجلة الآلية التي ستقود عجلة الدراجة (انظر الصورة 4).
من الممكن الاحتفاظ بنظام التثبيت لتسهيل تثبيت العجلة بالدراجة.



# Étape 2 - حالة تركيب المستشعر PAS الوضع 1

**الحالة 1 :** دراجة هوائية مزودة بمستشعر قوس سفلي مربع المحور "عالمي"

فيديو مرجعي لتركيب مستشعر PAS (من 0:00 دقيقة إلى 13:30 دقيقة):https://www.youtube.com/watch?t=0&v=jiirQQv5OKU&feature=youtu.be
**حذاري:** تتعلق المراجع الواردة في هذا البرنامج التعليمي فقط بالدراجات ذات الأقواس السفلية ذات المحور المربع (وهو ما يتعلق بغالبية الدراجات في السوق اليوم). إذا لم تكن دراجتك مناسبة، فستحتاج إلى مستشعر PAS آخر.
أولاً وقبل كل شيء، تحتاج إلى تفكيك ذراع التدوير، مع حلقات السلسلة، على جانب ناقل الحركة (السلسلة، انظر الصورة 1).
بمجرد إزالة الصفيحة، يجب فك الغطاء الموجود خلفها (انظر الصورة 2). كن حذرًا: قد تكون درجة البرغي في اتجاه واحد إلى اليسار، لذا يجب فكها في الاتجاه المعاكس للاتجاه المعتاد.
احذر من فقدان محامل الدعامة السفلية (انظر الصورة 3)!
ثم ضع مستشعر PAS (مكون بجزء معدني وجزء بلاستيكي بسلك) على هذا العمود وقم بربط الغطاء مرة أخرى لتثبيته (انظر الصورتين 4 و5).
**حذاري:** يحتوي المستشعر على جزء بلاستيكي أسود، يجب أن يكون وجهه للخارج والسهم الذي يشير إلى اتجاه الدوران (محفور على هذا الجزء البلاستيكي نفسه) باتجاه مقدمة الدراجة.
بمجرد تركيب المستشعر، يجب وضع القرص الممغنط على محور الدواسة (انظر الصورة 6). ونظراً لأن المستشعر محجوب بالمسمار، فإنه لا يتحرك ويدور القرص أثناء قيام المستخدم بالدواسة، مما يجعل من الممكن اكتشاف ما إذا كان المستخدم يقوم بالدواسة أم لا وبأي سرعة.
تأكد من ترك فجوة صغيرة بين المستشعر والقرص لتجنب الاحتكاك وبالتالي تلف الجهاز.
**احذر:** مثل المستشعر، يحتوي القرص على اتجاه التركيب، ستلاحظ وجود أسهم تشير إلى اتجاه الدوران، ويجب أن يتوافق ذلك مع اتجاه الدواسة وكذلك اتجاه اكتشاف المستشعر.
بمجرد تركيب القرص، يجب إعادة تجميع العمود المرفقي. قد تكون مجموعة الكرنك حساسة للغاية (يدور المحرك بأقصى طاقة حتى عندما تدور مجموعة الكرنك ببطء)، لذلك يمكنك إزالة بعض العناصر المغناطيسية من الجزء المتحرك من المستشعر لتقليل الحساسية.

# Étape 3 - حالة تركيب المستشعر PAS الوضع 2

**الحالة** 2 دراجة هوائية مع الجيل الجديد من الدعامة السفلية ذات المحور المربع، والمستشعر "المدمج"

مصدر الفيديو : https://www.youtube.com/watch?t=188&v=s1GjVU9R6Es&feature=youtu.be
الأدوات المطلوبة: مفتاح ألين، ساحبة ذراع التدوير، مفتاح ربط 15 مم.
Pour commencer il faudra démonter la manivelle gauche, pour ce genre de vélo cela nécessite l'utilisation d'un outil particulier appelé "arrache-manivelle" :
Image 1 - déboulonner la manivelle avec la clé allen.
Image 2 - installer l'arrache-manivelle dans le filetage ainsi libéré.
Image 3 - visser l'arrache-manivelle à l'aide de la clé de 15mm, pour faire sortir la manivelle.
Cette fois-ci le boîtier, au lieu d'être une vis classique, devrait présenter des cannelures, il faut donc encastrer le capteur dans ces cannelures(voir image 4) :
Une fois le capteur installé, il suffit de remonter la manivelle.

# Étape 4 - تركيب مستشعر الفرامل

لجعل الكبح أكثر أماناً وضمان توقف المحرك عن العمل عند استخدام المكابح، يجب تركيب حساسات مغناطيسية على أذرع المكابح.
من السهل تركيب المستشعرات المدرجة في قسم الأجهزة ولكن هناك حلان، كما هو موضح في هذا الفيديو. : Voir ce lien
الحل 1 (الصورة 1) :
قم بلصق المغناطيس على ذراع المكابح (الجزء المتحرك) باستخدام مادة لاصقة سريعة التثبيت للمعادن والبلاستيك (من النوع الفائق الصمغ) وضع المستشعر على الجزء الثابت، يجب أن يكون العنصران متلامسين تقريبًا.
الحل 2: يتطلب استخدام المشابك:
مرر الطوق من خلال الفتحة الموجودة في منتصف المغناطيس وقم بتوصيله بالجزء المتحرك.
اربط المستشعر بالطريقة نفسها باستخدام مشبك حول المقود.
بمجرد تركيب المستشعر، يكتشف المستشعر مدى بعد المغناطيس وعندما يكون بعيدًا بما فيه الكفاية، يقوم بقطع الدائرة الكهربائية.

# Étape 5 - توصيل عجلة لوح التحليق

## الحل 1 : أكثر مقاومة وأقل تكلفة (إذا كان لديك آلة لحام بالقوس الكهربائي)

يجب أن يكون المظهر الجانبي المعدني طويلاً بما يكفي لوضع عجلة لوح التزلج على تماس مع العجلة الخلفية للدراجة، دون أن تلامس السرج.
قم بلحام عمود المحرك (محاط بدائرة باللون الأحمر في الصورة 1) بأحد طرفي عمود التثبيت (رمادي في الصورة 1). يُفضل أن يكون عمود التثبيت هذا عبارة عن مقطع جانبي مع جانب سفلي مفتوح للسماح بمرور كابلات المحرك. يمكن تسطيح المظهر الجانبي قليلاً لتسهيل عملية اللحام.
قم بلحام قوس بقاعدة الدعامة، حيث تلتقي مع أنبوب المقعد، بحيث يمكنك لحام عمود التثبيت بزاوية طفيفة (انظر الصورة 2)، وليس عمودياً تماماً على الدعامة. قبل اللحام، تحقق من أن عجلة لوح التزلج الحوامة ملامسة لعجلة الدراجة. يجب أن تستقر عجلة لوح التزحلق على العجلة الخلفية للدراجة بثبات لضمان تشغيلها عند تنشيط المساعدة الكهربائية (انظر الصورة 3).
**حذاري :** تحتاج إلى الاحتفاظ بفتحة صغيرة باتجاه أنبوب المقعد بحيث يمكنك تمرير الكابلات من خلاله وتوصيلها بوحدة التحكم. من الناحية المثالية، يجب توجيه الكابلات عبر أنبوب المقعد لتجنب أي مشاكل.
**حذاري :** تذكر تمديد الكابلات قبل تثبيتها إذا لزم الأمر.

## الحل 2: غير دائم وقابل للتعديل

يمكن تركيب أنبوب معدني مشابه لذلك الموجود في الحل 1 على عمود المقعد. اضغط الأنبوب على عمود المقعد باستخدام ألواح معدنية و4 براغي. لا تتردد في تشويه الألواح للحصول على مساحة سطح أكبر للتلامس مع عمود المقعد والأنبوب. إذا كان الأنبوب أسطواني الشكل، يمكنك أيضاً تسطيحه لزيادة مساحة التلامس ومنع الدوران. يمكن استخدام نظام توصيل العجلات بلوح التحويم (انظر صور تفكيك لوح التحويم) لتوصيل الأنبوب (كلا النظامين متاحان حيث يتم استخدام عجلة واحدة فقط). يمكن استخدام عملية مماثلة لربط العجلة بالأنبوب. من خلال ضبط ارتفاع السرج، يمكن زيادة أو تقليل الضغط على عجلة الدراجة مع عجلة لوح التزلج الطائر.
تتمثل عيوب التثبيت على عمود المقعد في أن السرج لن يكون قابلاً للتعديل ليناسب الشخص الذي يستخدم الدراجة. واعتماداً على نسب الدراجة، يمكن أيضاً تثبيته على أنبوب المقعد أو على دعامة المقعد.
يجب أن تكون المثبتات مشابهة لتلك الموضحة في الصورة 4.
يمكنك إضافة قضيب ملولب إلى الكفن لضبط الضغط الذي تمارسه عجلة لوح التزلج على الإطار، كما هو موضح في الصورة 5. يمكنك لحام القضيب أو إرفاقه مثل بقية النظام.

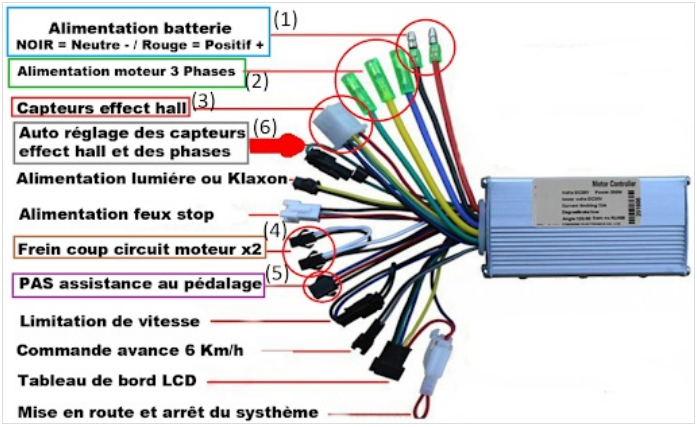
# Étape 6 - تركيب وحدة التحكم

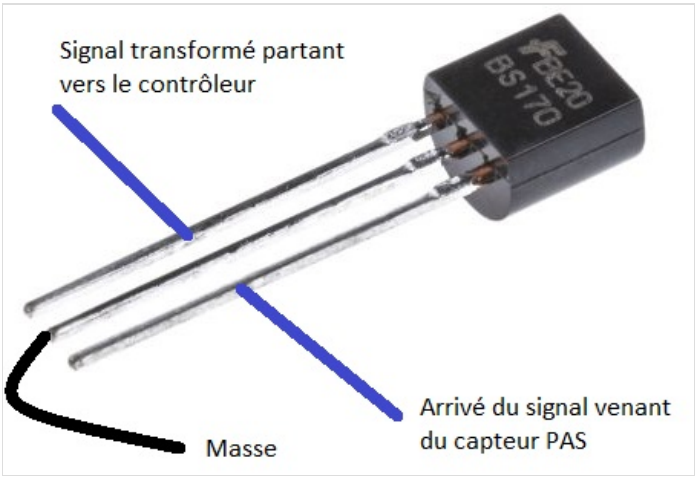
## الأسلاك

موقع المراجع : Voir ce lien
شرح فيديو لوحدة التحكم (فيديو إضافي على نفس القناة) : https://www.youtube.com/watch?t=861&v=jiirQQv5OKU&feature=youtu.be (بداية من min 13:30)
شاهد الصورة 2
أولاً، حدد موقع القطبين الموجب والسالب لمصدر الطاقة (أزرق، 1). قبل كل شيء، يجب عدم عكس هذين القطبين. إن أفضل طريقة لتأمين التوصيل هي لحام موصل XT60 الأنثوي (انظر الصورة 1) (انظر قسم الأجهزة). قم بتوصيل الكابل الأسود بطرف - من XT60 والكابل الأحمر بطرف + من XT60. اقطع العروات الموجودة بالفعل على الكابلات قبل المتابعة.
**ملاحظة:** افحص القطبية الموجبة والسالبة.
بالرجوع إلى الصورة أعلاه، قم بتوصيل مستشعر PAS (البنفسجي، 5)، وخطوط إمداد طاقة المحرك بدون فرش (الأخضر، 2)، ومستشعر تأثير قاعة المحرك (الأحمر، 3)، ومستشعر المكابح (البني، 4). تُستخدم خطوط الضبط الذاتي لمستشعرات تأثير القاعة ومستشعرات الطور (رمادي، 6) لمزامنة المحرك، وإذا لزم الأمر، اتجاه الدوران. https://www.youtube.com/watch?t=861&v=jiirQQv5OKU&feature=youtu.be
**ملاحظة:** يمكن عكس اتجاه الدوران عن طريق قلب مرحلتين من المحرك.
**حذاري:** من المهم التحقق من أن مستشعر PAS يُرجع جهدًا، "1"، عندما يمر مغناطيس أمام المستشعر. إذا لم يكن الأمر كذلك، فإن استخدام الترانزستور (راجع قسم المعدات) مطلوب لعكس الإشارة (تحويل "1" إلى "0"). انظر الرابط 5:44 min à 13:30 min (https://www.youtube.com/watch?t=344&v=jiirQQv5OKU&feature=youtu.be).انطؤ الصورة 3 للاسلاك. يجب أن تصل الإشارة إلى الترانزستور وتعود إلى وحدة التحكم (الأزرق). اللون الأرضي أصفر في الفيديو، ويعتمد اللون على المستشعر، تحتاج إلى قراءة ورقة البيانات للعثور على أرضية المستشعر.

## عزل

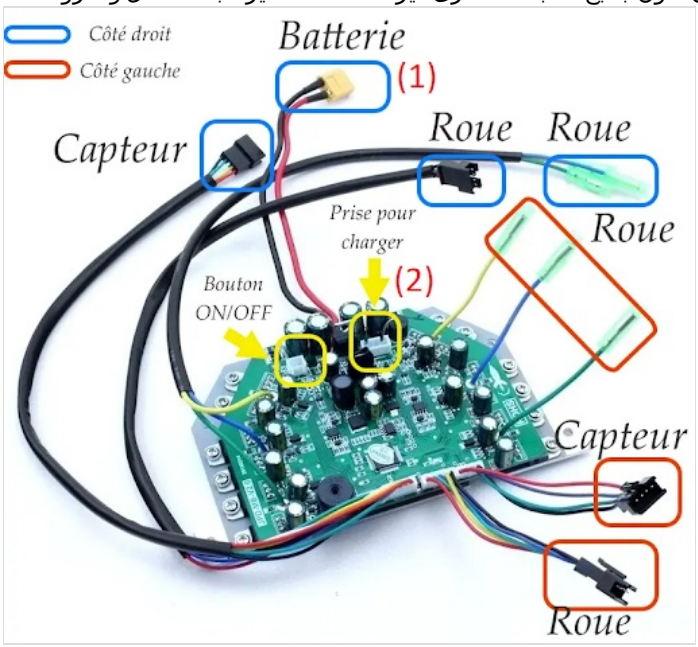
لحماية وحدة التحكم، يجب عزلها عن الرطوبة، إلى جانب البطارية. مع مراعاة أبعادها، يجب أن تكفي زجاجة سعة 1.5 لتر أو 2 لتر (انظر الصورة 4). كل ما عليك فعله هو قطع الجزء السفلي من الزجاجة بضعة سنتيمترات (4-5 سم)، ووضع العنق باتجاه مجموعة الكرنك لتمرير الكابلات من خلالها، واستخدام الجزء السفلي من الزجاجة كغطاء (انزلق فوقها لإغلاقها).
بطاريات LIPO حساسة للاهتزاز. نوصي بتغطيتها بطبقة من الإسفنج. لضمان عدم تسرب الماء من خلال الفتحات اللازمة للأسلاك، ما عليك سوى إغلاقها بعازل (نوع السيليكون). لتثبيت الزجاجة بالإطار (انظر الصورة 5)، استخدم المشابك أو الشريط اللاصق.
**اختياري:** يمكنك استبدال الزجاجة بصندوق بلاستيكي مصمم خصيصاً لحمل البطارية. انظر الرابط



## Étape 7 - شحن البطارية

تحتاج الآن إلى أخذ اللوحة الأم للوحة الحوامة التي تم وضعها جانباً، وكابل الشحن الذي يجب إعادة توصيله ((2) في الصورة 1).
لتأمين هذا التجميع، من الممكن استخدام المواد المتوفرة لصنع صندوق لتخزين البطاقة، مع ترك قابس كابل الشحن فقط معاد توصيله بعناية باللوحة الأم (2) وكابل البطارية (1). يجب أن يكون القابس الأصفر بصيغة XT60 (انظر الصورة 2) وأن يكون متوافقًا مع القابس الذكر XT60 على كابل البطارية.
**ملاحظة:** قد يلزم فصل كابل الشحن عن الغلاف البلاستيكي للوح التزلج. يجب أن تكون جميع الكابلات الأخرى غير المستخدمة غير قابلة للفصل ومعزولة.

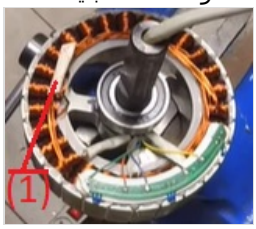


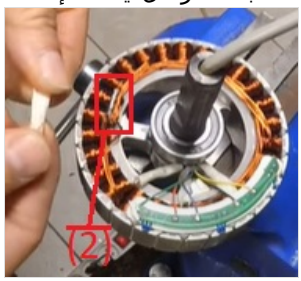
# Étape 8 - ملحقات

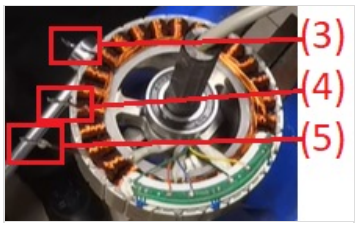
### تعديل المحرك (زيادة السرعة ولكن استهلاك طاقة أعلى)

هذه الخطوة ضرورية إذا كنت بحاجة إلى مزيد من السرعة. العملية معقدة ويجب عدم تجاوز الحدود التنظيمية (انظر القسم الخاص بـ السلامة والشرعية).
فيديو المصادر:
Partie électronique : https://www.youtube.com/watch?v=qG8b6QkTnCU
Partie test : https://www.youtube.com/watch?v=P6iGSc3aIrk

لكي يكون محرك لوح التحليق قادراً على قيادة العجلة بشكل صحيح، يجب تغيير اقترانها من نجمة إلى دلتا.
بادئ ذي بدء، تحتاج أولاً إلى تفكيك محرك لوح التحليق لفصل الجزء الثابت (الجزء الثابت بالأسلاك) والدوّار (الجزء الدوّار مع المغناطيس فقط).
الجزء الذي نهتم به هو الجزء الثابت، الجزء الذي يحتوي على اللفات، حيث إنها هي التي تقترن بنجمة، لذلك نحتاج إلى إزالة الغلاف العازل (1)، وإزالة اللحام حيث تلتقي اللفات (2) وفصل الأطراف الثلاثة الرئيسية للفات المتصلة بالأطوار (3) و(4) و(5).
**حذاري:** من المهم الحفاظ على الأسلاك النحاسية المقابلة لنفس المرحلة معًا، لذا قد تحتاج إلى لفها مرة أخرى للتأكد من أنه يمكنك رؤية الأطراف الثلاثة المقابلة للمراحل. يمكنك إعادة لحام خيوط نفس الطرف معاً لمنع انفصالها أثناء الخطوات المستقبلية..



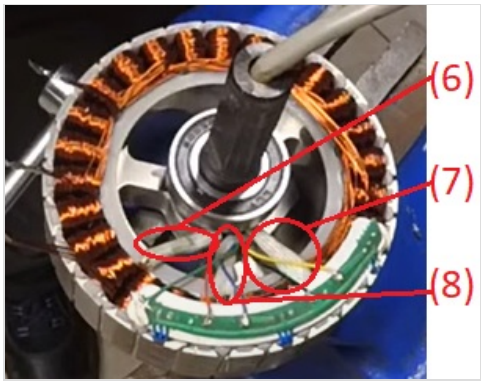



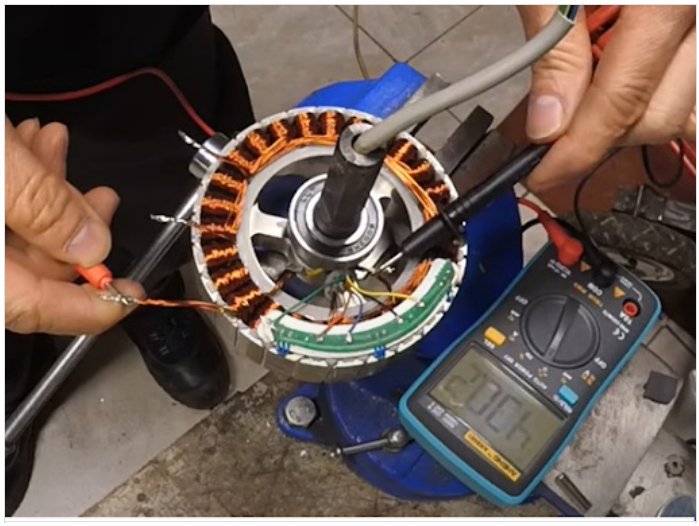



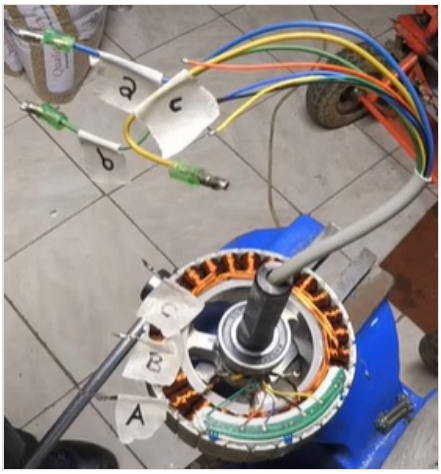

# Étape 9 - ملحقات تالية

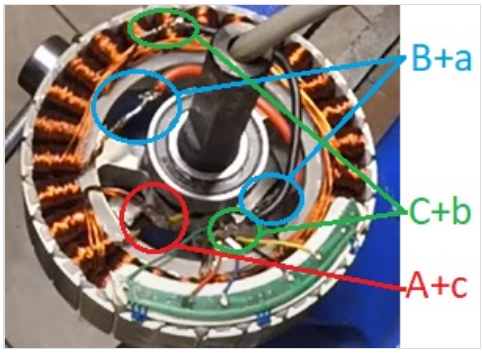
بعد ذلك، استخدم القاطع لإزالة الأغلفة العازلة (6) و(7) و(8)، والتي تقع في وسط المحرك بين العمود واللفائف.
**حذاري:** يمكن أن تكون هذه المرحلة صعبة بعض الشيء، حيث يجب عدم قطع الكابلات المتصلة بالجزء الأخضر (مستشعر هول الداخلي للمحرك).
هذه الأطراف الداخلية التي اكتشفتها هي أطوار المحرك، لذا فهي متصلة بالأطراف الخارجية الثلاثة التي فصلتها سابقًا.
للقيام بذلك، استخدم مقياسًا متعددًا في وضع الأوميتر (قياس المقاومة)، ثم المس أحد الطرفين الخارجيين بأحد المسابر وامسح الطرف الداخلي بالطرف الآخر (انظر الصورة 2).
عندما تكون المقاومة المعروضة منخفضة جدًا (لاحظ أن 0L تعني ما لا نهاية، لا توجد استمرارية في الدائرة) أو عندما يصدر المقياس المتعدد صوتًا، فهذا يعني أن الأطراف التي تم توصيل المسابر بها متصلة.
حدد مختلف الأطراف المتصلة باستخدام الأحرف الكبيرة للأطراف الخارجية والأحرف الصغيرة للأطراف الداخلية: "A"، أول طرف خارجي تم تحديده و"a"، أول طرف داخلي تم تحديده...
مثال: انظر الصورة 3.
**حذاري:** تحقق من عدم تلامس كابلات طور المحرك، وإلا سيكتشف مقياس الأوميتر استمرارية الدائرة بين طرفين غير متصلين.
نحتاج الآن إلى إجراء توصيل دلتا: توصيل اللفات بطريقة خاصة.
للقيام بذلك، إذا كان لديك أي منها، قم بتمرير قطعة من أنابيب الانكماش الحراري فوق أحد الطرفين لتغطية وصلة اللحام وعزلها كهربائيًا، ثم قم بلحام الطرفين معًا على النحو التالي:
A" (الطرف الداخلي الأول) مع 'B' (الطرف الخارجي الثاني)
B" مع C"
C" مع A"

(انظر الصورة 4).
إذا لم يكن لديك أنابيب الانكماش الحراري، يمكنك استخدام عدة طبقات من الشريط الورقي للعزل، على الرغم من أن الأنابيب موصى بها أكثر.
(يُطلق على هذا الاقتران اسم اقتران مثلث لأن الدائرة التي تم إنشاؤها على هذا النحو تشكل مثلثًا).
**ملاحظة:** في بعض الحالات، لا يمكن توصيل الطرف الخارجي مباشرةً بالطرف الداخلي لأن السلك قصير جداً، لذا من المحتمل أن يلزم إضافة سلك وسيط لإجراء التوصيل.
وأخيراً، يجب تخزين الأسلاك في الداخل لمنعها من أن تعلق في الدوار أثناء التشغيل.
وأخيراً، يمكنك إعادة تجميع المحرك المعدل.


(6)
(7)
(8)




a
c
b
C
B
A


B+a
C+b
A+c