

# MIGRATION DE TACHYMETRE D'UN PUPITRE DE LOCOMOTIVE Le - 21/03/2025

Ce document explique comment piloter des appareils de type : Compte-tours, tachymètre, compteur de vitesse, tacho... à une sortie PWM d'un Arduino.

Les circuits imprimés sont disponibles gratuitement. Ce sont les fichiers : "Générateur triphase - LM331 - PCB - CADCAM.ZIP et Générateur triphase - LM331 Ampli- PCB - CADCAM.ZIP".

Les questions peuvent être posées sur le forum RMF. <https://www.rmf-magazine.com/phpBB/>

Mise à jour au 21/03/2025 : Correction importante pour un signal PWM basse fréquence.

Ces appareils ont en commun le fait d'être piloté en triphasé. Ce signal est fourni par une génératrice fixée en bout d'essieu.

Pour les faire fonctionner, il faut produire un signal de puissance en triphasé de très basse fréquence.

Le signal triphasé doit être à fréquence variable de 3 Hz à 30 Hz environ. Ce signal fait entre 12 et 20 Volts crête.

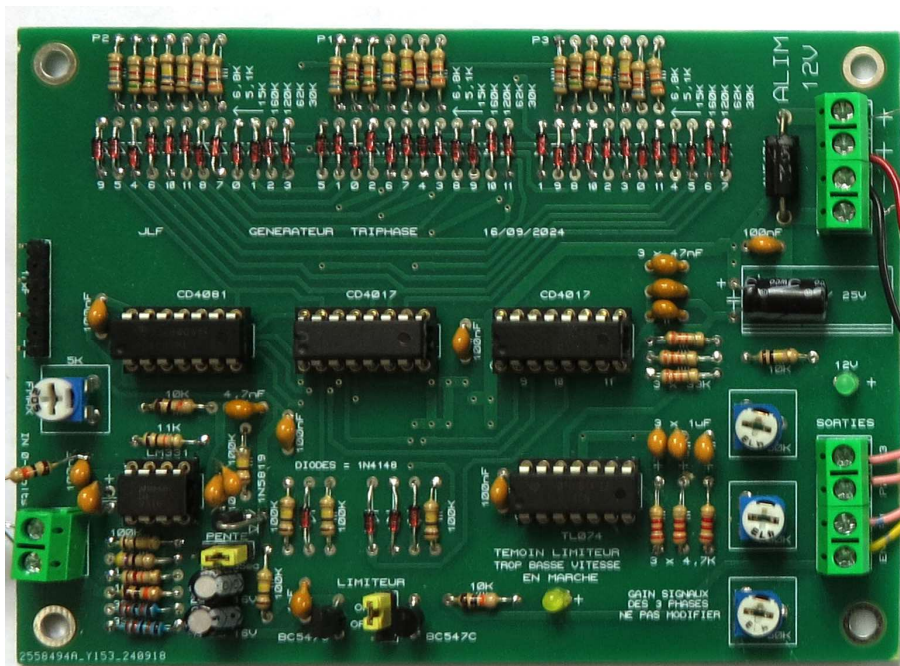
Ce montage ne permet pas d'animer des compte-tours ou des tachymètres avec des moteurs 60 Volts !

## Exemple avec le compte-tours JAEGER

Le signal en entrée du compte-tours est sinusoïdal sur 3 fils. C'est du triphasé à fréquence variable.



La carte d'interface



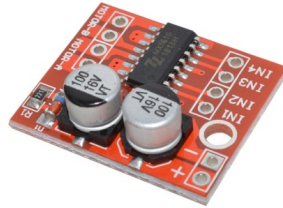
Le montage est alimenté en 12 Volts / 100 mA pour la carte principale. La carte d'ampli consomme beaucoup plus, il faut une alimentation dédiée, 12 Volts 2 Ampères.

Il faut que cette tension de 12 Volts soit stable. Elle a de l'influence sur la position de l'aiguille.

La tension d'entrée PWM varie entre 0 et 5 Volts. Le courant est de 0,5 mA (*Résistance d'entrée de 10 K*). On peut y connecter directement la sortie PWM de la carte d'interface Arduino.

Si on utilise un Arduino alimenté en 3,3 Volts, il faut utiliser une carte amplificatrice pour obtenir un signal entre 0 et 5 Volts. Dans ce cas, il faudra penser à inverser le signal PWM en sortie de l'Arduino. En sortie PWM d'Arduino : 0% = 3,3 Volts et 100% = 0 Volt.

Son utilisation est décrite ici : [http://www.la-tour.info/uts/uts\\_page15.html](http://www.la-tour.info/uts/uts_page15.html)



Si la tension d'entrée PWM est inférieure à 0,6 Volts, les amplificateurs de sortie sont désactivés par les transistors Q1 et Q2. Ça protège le compte-tours qui au départ doit recevoir les signaux très basse fréquence à théoriquement une tension faible. Comme la tension est fixe en sortie (12 à 20 Volts) sur toute la plage de fréquence, on valide les sorties qu'à partir de 250 Tr/mn ou 30 Km/h.

Quand les amplificateurs sont inhibés, la led jaune s'allume. Ce dispositif peut être mis en/hors fonction par un cavalier. Il est conseillé de mettre ce cavalier en position 'ON'.

Le signal en entrée du compte-tours est sinusoïdal, sur 3 fils. C'est du triphasé, avec 3 signaux décalés de 120°.

#### Spécifications du compte-tours :

600 tr/mn = 7 Volts 10 Hz

1080 tr/mn = 13 Volts 18 Hz

1400 tr/mn = 18 Volts 25 Hz

Ce compte-tours affiche la plage 150 à 1600 tr/mn : 150 tr/mn = 2,6Hz, 1600 tr/mn = 28 Hz.

Il faut donc construire un générateur triphasé 3 x 12 Volts, de fréquence variable entre 0 et 28 Hz, quand la tension d'entrée varie de 0 à 5 Volts.

#### LIMITATIONS :

Ne pas dépasser 24 Volts en sortie de l'élévateur de tension, au risque de griller les amplis de puissance.

Ce montage est limité en tension de sortie. Il a été utilisé avec succès sur un tachymètre et sur un compte tours, mais il ne permettra pas d'animer des appareils avec des moteurs de 60 Volts.

Ce montage fournit un signal de sortie triphasé d'amplitude constante, alors que l'amplitude réelle doit augmenter progressivement. Pour éviter les à-coups au démarrage ou à faible tension d'entrée, j'ai ajouté une détection qui coupe l'alimentation des amplis à très faible vitesse.

En dessous de 30 km/h ou de 250 tr/mn ce montage ne sort pas de signaux. En pratique, ça convient quand même.

On peut activer ou désactiver cette protection en déplaçant un cavalier.

Fonctionnement :

Le circuit LM331 convertit la tension d'entrée (0-5 Volts) en une fréquence de 0 à 336 Hz.

En entrée du LM331, il y a un filtre passe-bas, (10 KOHms / 220  $\mu$ F) pour atténuer les variations rapides en entrée. Le compte-tours est fragile et n'accepte pas de brusque variation de vitesse. Le condensateur lisse aussi le courant délivré par une sortie de type PWM. Il faudra alors 3 secondes au compte-tours pour que l'aiguille atteigne sa position finale. On peut régler la pente à 1 ou 3 secondes par un cavalier. Il est conseillé de mettre ce cavalier en position '3Sec'.

Le signal est ensuite divisé par 12, avec les circuits CD4017 et CD4081.

En sortie des CD4017, le réseau de résistances de 5,1K, 6,8K, 15K, 30K, 62K, 120K et 160K crée une courbe sinusoïdale sur 12 pas.

On a une résistance de charge de 33 K reliée à la masse.

On a 3 condensateurs de 47 nF en parallèle avec les 33K, pour lisser ces signaux.

Ces signaux passent par un amplificateur opérationnel quadruple TL074, monté en inverseur avec un gain de 1. Cela permet d'avoir une grande impédance d'entrée.

On a ensuite un filtre pour lisser les signaux (2,2K / 1 $\mu$ F).

Pour ajuster l'amplitude en sortie à la limite d'écrtage, on a 3 potentiomètres de 47K.

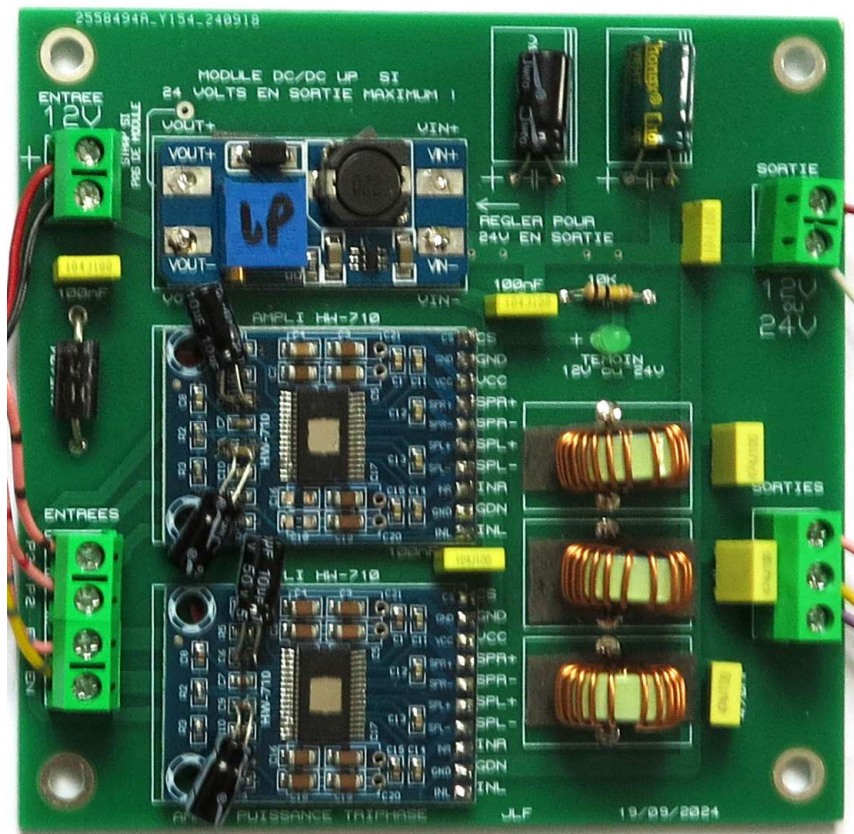
On a 2 modules TP3116 pour amplifier les 3 signaux. C'est des amplificateurs BF à découpage. Ils ne chauffent pas.

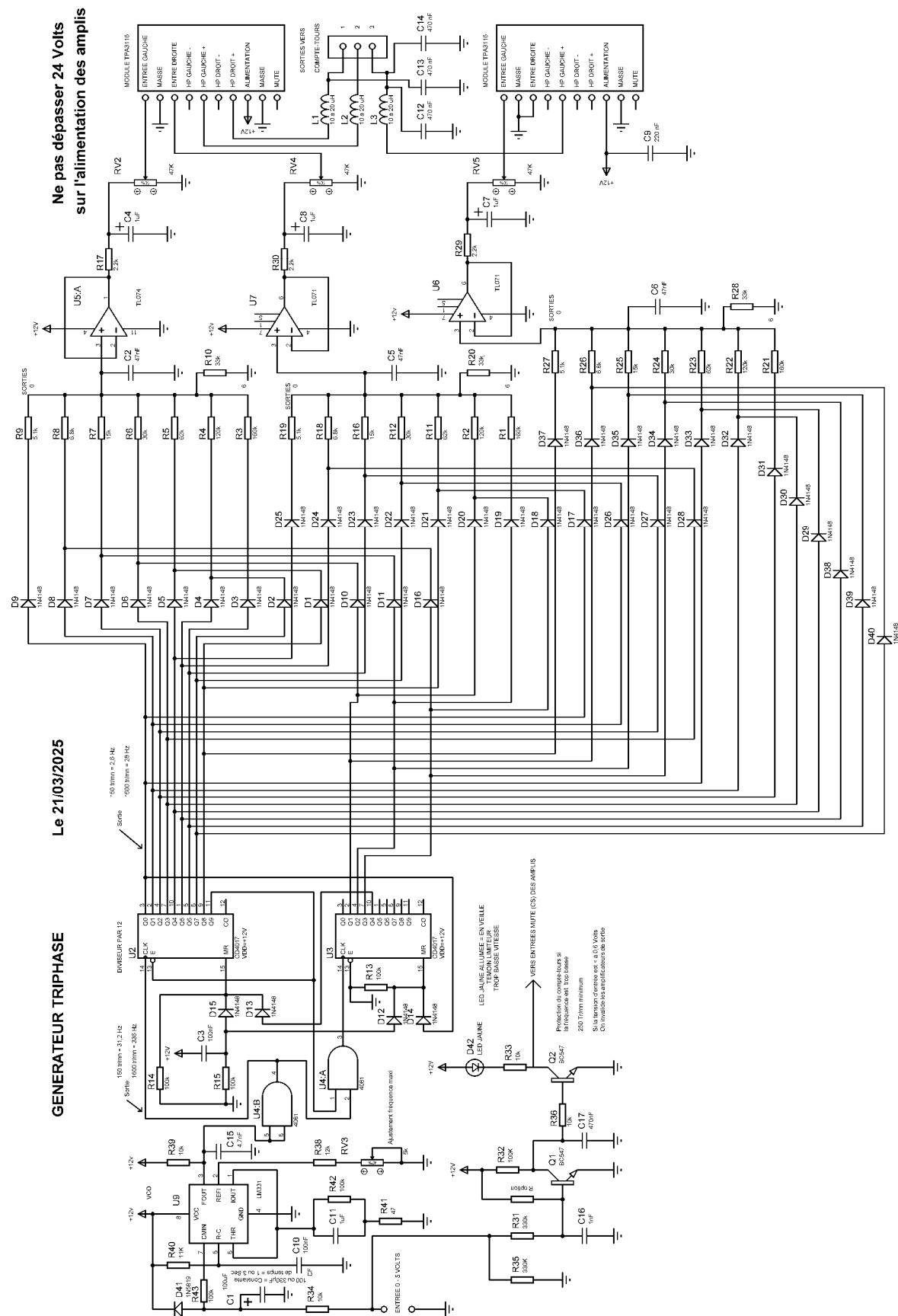
Sur ces petits modules, il faut ajouter 3 filtres en sorties (20 $\mu$ H / 470nF) pour limiter les parasites hautes-fréquence.

Sur plusieurs cartes réalisées, le réglage de ces trois potentiomètres est pratiquement au maximum de leurs courses.

On peut ajouter en parallèle des condensateurs de 10  $\mu$ F / 25 Volts sur les amplis (C6 et C9), pour ne pas diminuer les signaux en sortie pour les très basses fréquences inférieures à 20 Hz (*Voir photos*). Attention à leur polarité.

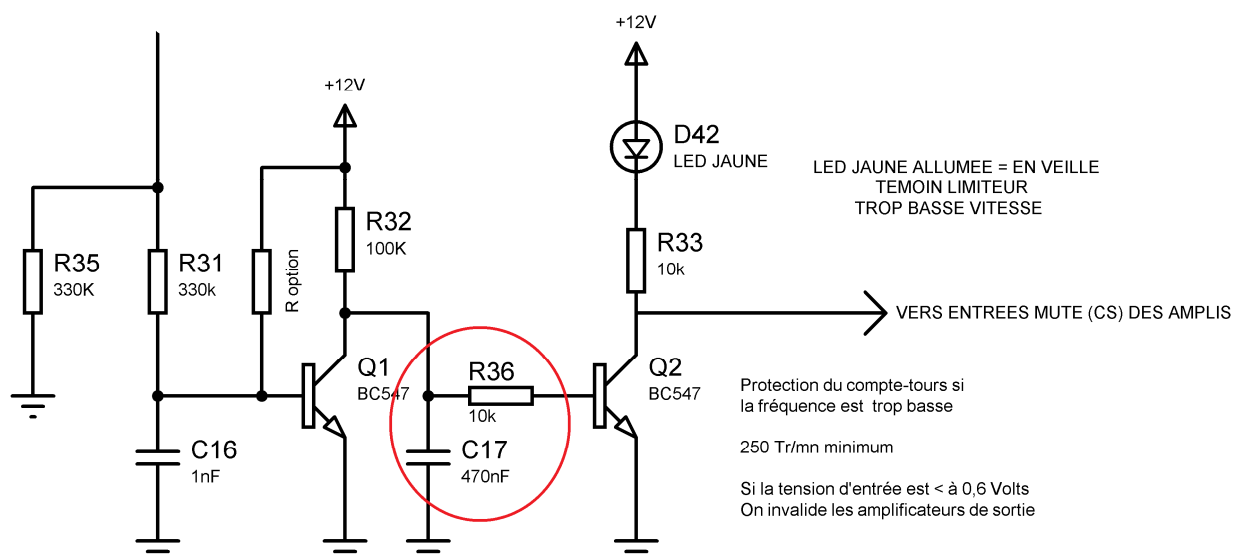
### La carte de puissance





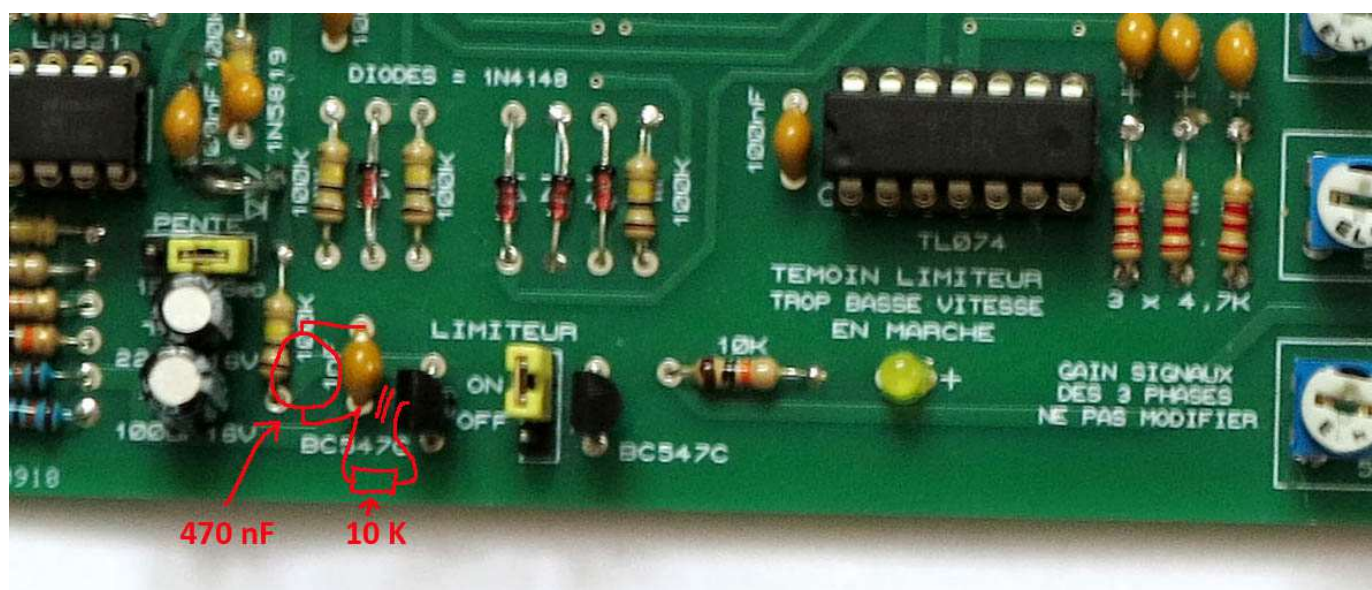


Le schéma corrigé au 21/03/2025 incorpore un filtre indispensable, au bon fonctionnement des amplificateurs. Sans ce filtre entouré en rouge, le signal PWM perturbe le signal d'entrée ENABLE des amplificateurs.

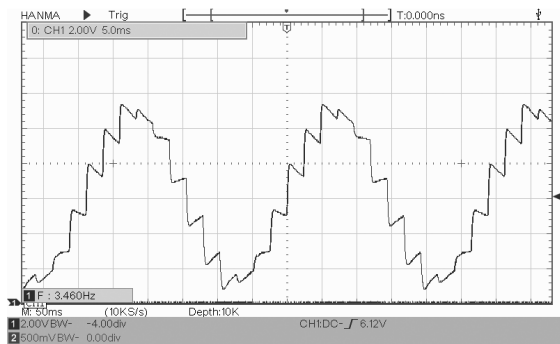


Le circuit imprimé au 21/03/2025 comporte cette correction.

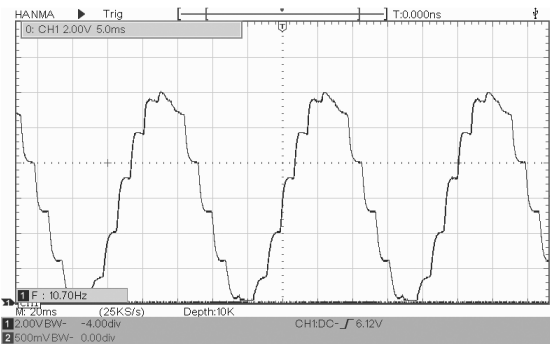
Si vous avez un circuit imprimé d'avant cette date, il faut couper la piste ci-dessous, et insérer une résistance de 10 K Ohms. Il faudra aussi remplacer le condensateur par un 470 nF. C'est obligatoire pour avoir un fonctionnement correct.



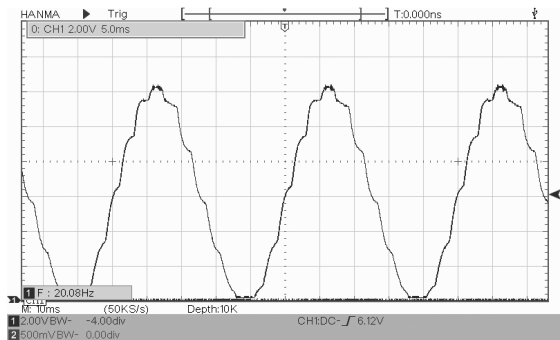
En pratique, on obtient ces courbes en sortie :



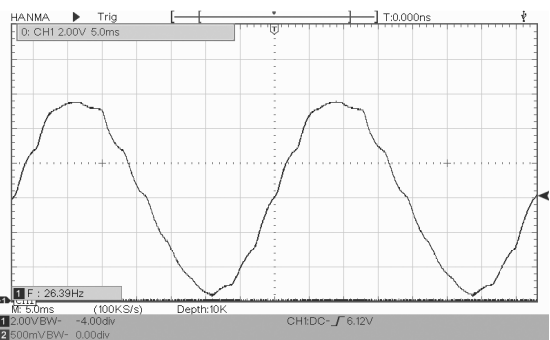
3,6 Hz pour 200 tr/mn



10 Hz pour 400 tr/mn



20 Hz pour 800 tr/mn

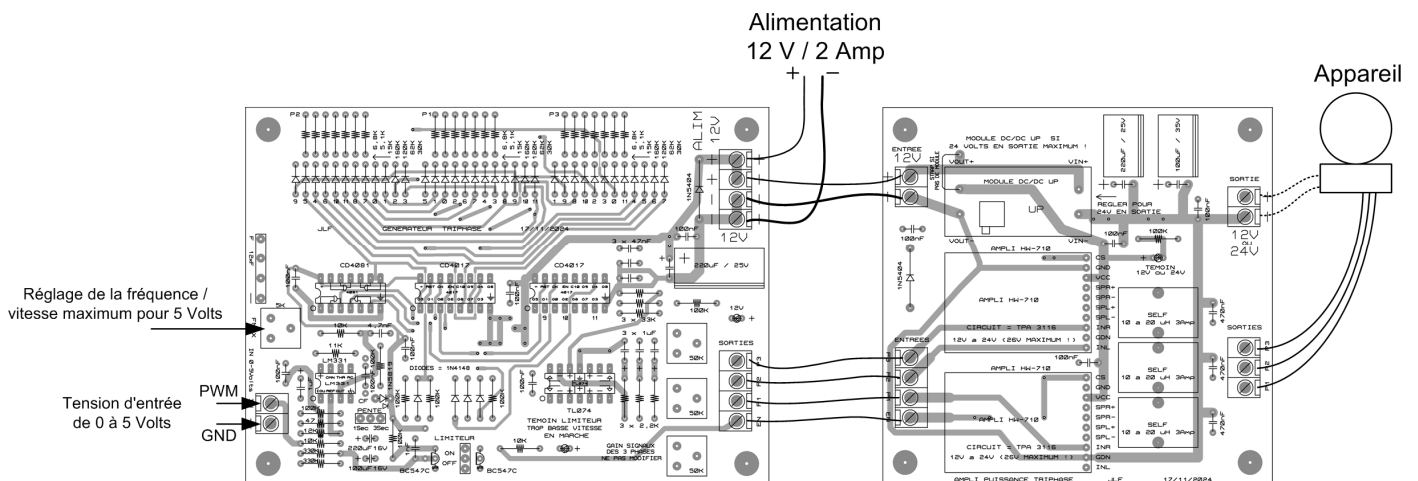


26 Hz pour 1200 tr/mn

Les signaux font 12 Volts crête à crête, pour toutes ces fréquences. L'amplitude est constante de 2,6 à 28 Hz.

### Branchement :

On relie la carte à une alimentation 12 V / 2 Amp, de préférence indépendante de l'alimentation de l'Arduino, car ça peut consommer beaucoup.



Régler le module élévateur de tension à 20 Volts.

Mettre un potentiomètre en entrée, pour faire varier la tension de 0 à 5 Volts.

Sur la patte n° 3 du LM311, on doit avoir un signal dont la fréquence varie en fonction de la tension d'entrée.

Sur les pattes des résistances aux marquages notés P1, P2 et P3, on doit avoir une forme de sinusoïde non filtrée.

Sur les pattes des résistances 2,2K, vers les condensateurs de 1µF, on doit avoir une forme de sinusoïde filtrée.

Avec un oscilloscope et une tension en entrée proche de 5 Volts, régler les 3 potentiomètres pour avoir le maximum d'amplitude en sortie, sans avoir trop d'écrtage (*A la limite de saturation*).

Avec la tension d'entrée proche du maximum de vitesse, régler le potentiomètre sur cette carte, pour obtenir la même valeur que sur le simulateur.

Si l'on ne peut pas atteindre le bon réglage avec ce potentiomètre, modifier le condensateur à droite du LM331. Il a comme valeur 100 nF, et peut être remplacé entre 10 nF et 1  $\mu$ F.

Par exemple si le compte-tour va deux fois trop vite, il faut passer la valeur du condensateur de 100 nF à 220 nF.

Brancher les 3 fils du compte-tours. Si en présence des 3 signaux en sortie, l'aiguille du compte-tours ne bouge pas, inverser le branchement de deux fils.

Sur certains compte-tours, il faut aussi brancher deux fils d'alimentation, comme sur le schéma.

Un changement de vitesse brusque peut faire décrocher l'appareil.

Au final régler le circuit élévateur de tension, à la tension minimum. Il faut essayer de monter au maximum du cadran et diminuer la tension jusqu'à au décrochage. Remonter ensuite un peu cette tension de 1 volt.

Ca évite d'avoir une tension trop élevée, qui aboutirait à une consommation trop élevée de courant.

Les circuits imprimés sont disponibles gratuitement. Ce sont les fichiers : "Générateur triphase - LM331 - PCB - CAD/CAM.ZIP et Générateur triphase - LM331 Ampli- PCB - CAD/CAM.ZIP".

Pour faire fabriquer un circuit imprimé, il suffit d'envoyer ce fichier sur un site comme : <https://jlcpcb.com/>

Les questions peuvent être posées sur le forum RMF. <https://www.rmfmagazine.com/phpBB/>

Je n'ai pas essayé ce montage sans le LM311, et demander à l'Arduino de sortir un signal de fréquence 0 - 336 Hz pour attaquer les CD4017 directement. Je ne suis pas sûr que l'on puisse facilement générer ce signal très basse fréquence.

A+