

## Table des matières :

AFFECTATION DES ENTRÉES / SORTIES .....	P01
Schémas retenus pour les Entrées / Sorties. ....	P02
à .....	
Schémas retenus pour les Entrées / Sorties. ....	P05
Dessin du circuit imprimé. ....	P06
à .....	
Dessin du circuit imprimé. ....	P09
Circuit imprimé et branchements. ....	P10
Circuit imprimé et branchements. ....	P11
Problèmes rencontrés durant le développement. ....	P12
Solution pour résoudre le premier problème. ....	P13
Circuit imprimé de correction des problèmes. ....	P15
Liaisons avec le C.I. de correction. ....	P16
Organigrammes du logiciel. ....	P17
à .....	
Organigrammes du logiciel. ....	P19

## Protocole de Téléversements.

Pour téléverser il faut isoler **TX** et **RX** de l'application.  
La carte NANO actuelle est inconnue sous VISTA, donc WIN10.

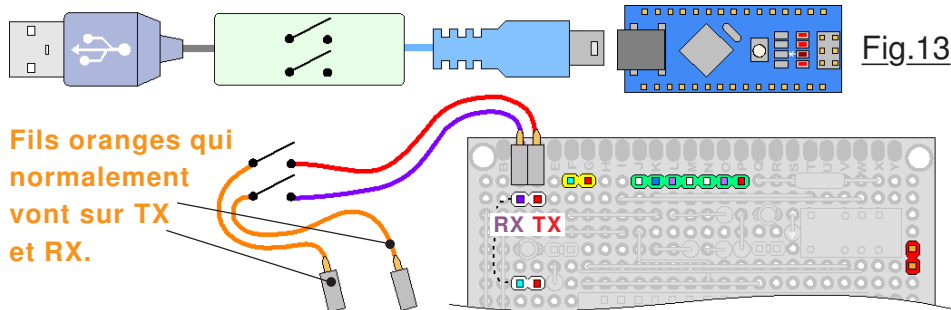


Fig.13

Fils oranges qui  
normalement  
vont sur TX  
et RX.

- L'alimentation 5Vcc d'Arduino se fait par la mini fiche USB.
- L'alimentation de la machine se fait par son bloc secteur 12Vcc.
- Il n'est pas obligatoire d'isoler la ligne USB comme montré sur la Fig.13 dans le rectangle vert, si l'on veut avoir les messages sur le moniteur de l'IDE. Toutefois, quand les échanges TX/RX sont validés sur la ligne USB, le RESET fait disjoncter. Pour réarmer il faut cliquer à la fois sur **Disj.** et sur le bouton poussoir **MA**. La LED de **Tlect.** étant pilotée par TX reste allumée en permanence, ce qui est normal. (De courts instants durant TX elle s'éteint, mais ce n'est pratiquement pas observable.)

## Gestion des TRANSITIONS

Compte tenu des 33 d'Entrées / Sorties qu'il faut gérer et d'uniquement 20 broches d'E/S disponibles sur la carte Arduino NANO, aboutir à une répartition judicieuse et établir un schéma électronique fiable est un réel défi. Cette distribution doit tenir compte des spécificités de chaque broche et des performances dont elle doivent faire preuve pour s'acquitter de leurs fonctions. Le tableau de la Fig.1 proposé ci-dessous précise les répartitions et les choix effectués, sachant que certains sont prioritaires.

Fig.1

AFFECTATION DES ENTRÉES / SORTIES	
Broche	Utilisation
D0	Liaison série USB. (RX)
D1	Clignotement de <b>T lect</b> et Fin et ligne USB. (TX)
D2	Entrée "double" Tr1 / R1.
D3	Entrée "double" Tr2 / R2.
D4	Entrée "double" Tr3 / R3.
D5	Entrée "double" Tr4 / R4.
D6	Entrée "double" Tr5 / R5.
D7	Entrée "double" Tr6 / R6.
D8	Entrée "double" Tr7 / R7.
D9	Entrée "double" Tr8 / R8.
D10	Entrée "double" Tr9 / R9.
D11	Entrée "double" Tr10 / R10.
D12	Entrée "double" Tr11 / R11.
D13	Pilotage du relais <b>R41ST</b> qui ouvre la ligne <b>ⓐ</b> .
A0	Pilotage du relais des TRANSITIONS <b>R40ST</b> .
A1	Pilotage de la LED signalant <b>ER2</b> .
A2	Isolation C1...C11 par initialisation en "INPUT".
A3	Blocage des sorties MATRICE par état "1".
A4	Actuellement disponible.
A5	Capture du Switch ①. (Pas de PUL-UP.)
A6	Capture du Switch ②. (Pas de PUL-UP.)
A7	Lecture des deux B.P. Pos 1. et <b>ER2</b> .

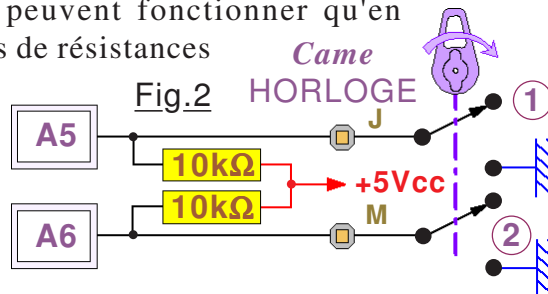
Les entrées binaires  
**D2 à D12** sont  
"multiplexées" sur les  
onze sorties de la  
MATRICE et sur les  
onze contacts Repos  
des Switchs qui  
captent la position  
actuelle du rotor des  
TRANSITIONS.

## Schémas retenus pour les Entrées / Sorties.

Certaines broches sont sélectionnées en priorité car elles présentent des performances inférieures aux autres plus "Standards". D'autres sont également choisies en premier pour pouvoir fournir un courant "important" tout en respectant leurs limites. Les descriptions sont ordonnées par ces impératifs.

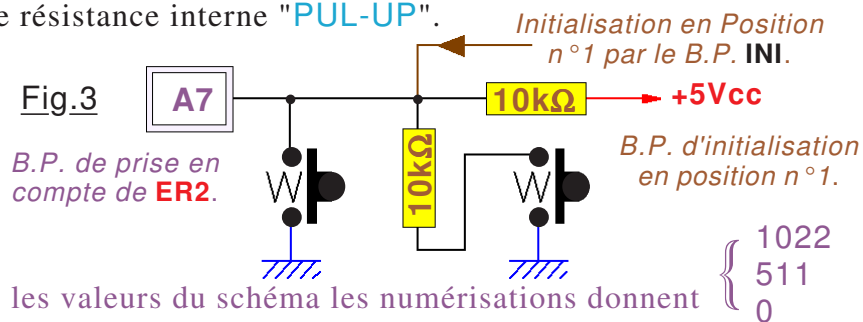
### ➤ Capture des Switchs (1) et (2).

Bien que relevant d'un schéma élémentaire, ces deux broches sont affectées à la capture de position de la *came* de l'HORLOGE car elles ne peuvent fonctionner qu'en entrée. N'étant pas pourvues de résistances "PUL-UP" elles sont forcées au +5Vcc par deux résistances de 10kΩ. Noter que l'on est en logique négative, "0" étant présent quand le Switch est activé.



### ➤ Lecture des deux boutons poussoir.

Traité de façon classique pour détecter plusieurs capteurs par une seule entrée analogique, A7 a été sélectionnée car cette broche ne peut fonctionner qu'en entrée analogique et ne dispose pas de résistance interne "PUL-UP".



Avec les valeurs du schéma les numérisations donnent

1022  
511  
0

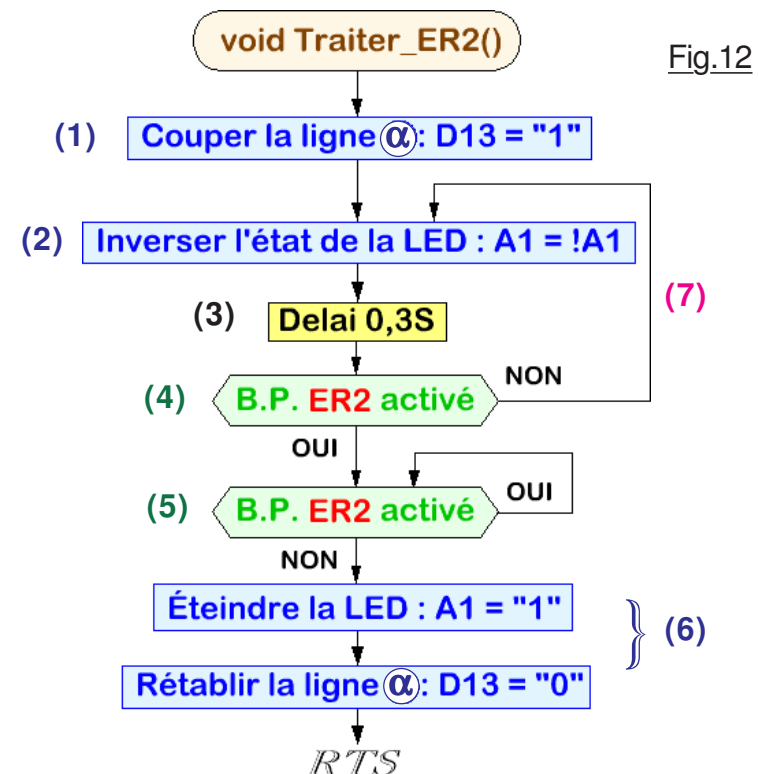
### ➤ Témoin de présence du +5V régulé.

Concrètement ce schéma Fig.4 n'est pas prioritaire, mais placé ici pour des raisons de mise en page. La LED rouge s'illumine pour attester de la tension +5Vcc en sortie du régulateur de la carte NANO.



## Organigrammes du logiciel.

### ➤ Le traitement de l'erreur ER2.



En (1) de la Fig.12 le programme a détecté une erreur dans la feuille perforée et commence par couper immédiatement l'alimentation par la ligne α et débute une boucle temporisée (7). Cette boucle fait clignoter la LED signalant ER2 en (3) sans pour autant pénaliser la rapidité de (7). En (4) le logiciel attend que l'on clique sur le B.P. de prise en compte de l'erreur ER2. Quand l'action sur ce bouton poussoir est détectée, en (5) la routine attend son relâcher. Dès que le bouton poussoir est libéré, en (6) la procédure éteint la LED et rétablit la ligne α en coupant l'alimentation du relais R41ST.

**NOTE :** La temporisation en (3) de clignotement de la LED signalant ER2 ne pénalise absolument pas la rapidité de la boucle (7) car elle ne fait pas appel à l'instruction Delay() mais procède par exploitation d'un compteur interne à l'ATmega328 qui s'incrémente de façon inconditionnelle toutes les millisecondes depuis le RESET.

## Organigrammes du logiciel.

### ► La sélection de la TRANSITION.

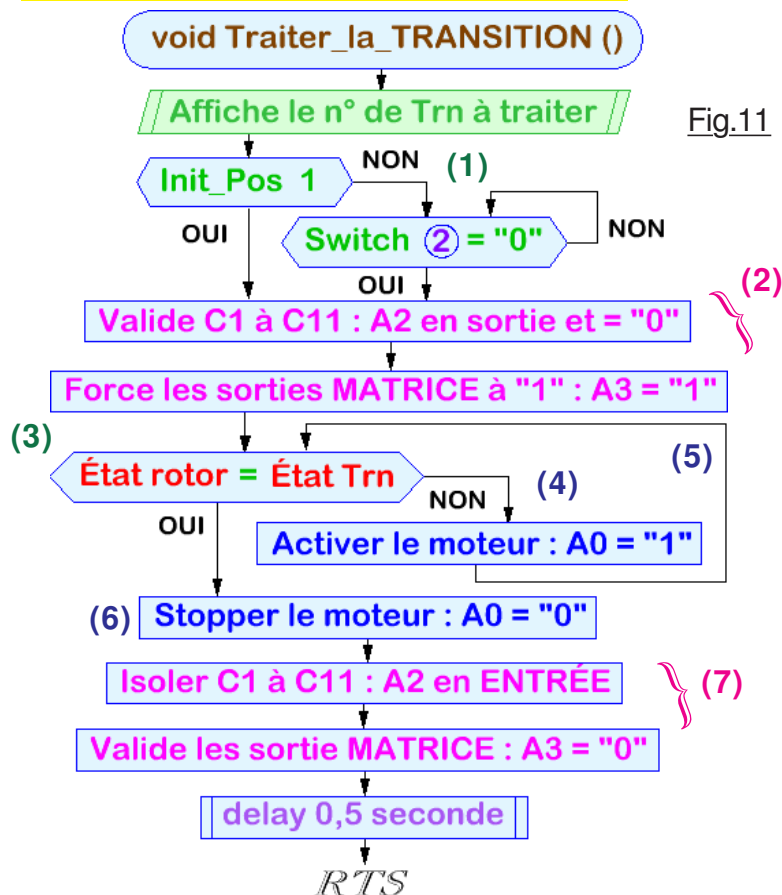


Fig.11

En (1) (*Routine anti-rebonds.*) le programme attend que le Switch ② soit activé. Immédiatement en (2) les broches du microcontrôleur sont initialisées. En (3) on teste si le rotor n'est pas déjà en position désirée, car il ne faut pas envoyer au relais une impulsion très courte. On active en (4) le moteur et l'ACR est simultanément "ouvert" bloquant l'HORLOGE système. Tant que la position mémorisée ne sera pas détectée sur l'une des onze entrées D2 à D12 la procédure bouclera en (5). Pui le moteur est stoppé en (6), libérant l'ACR. La *came* de l'HORLOGE reprend alors sa rotation. La procédure s'achève en remplaçant en (7) les broches de l'ATmega328 dans la configuration initiale d'attente, suivi d'un délai de sécurité de 0,5S.

## Schémas retenus pour les Entrées / Sorties.

### ► Pilotage du relais moteur R40ST.

Comme la broche A0 peut fonctionner en sortie binaire et peut débiter jusqu'à 40mA et que le relais piloté n'exige que 28mA, (*Le nombre de sorties disponibles étant "limité" dans la répartition.*) cette sortie commutera directement le relais R40ST en +5Vcc. Dès qu'A0 passe à "1" le relais R40ST est activé et coupe la ligne d'accusé de réception ACR. Immédiatement le moteur M6ST se met à tourner. Dès qu'A0 repasse à "0" R40ST revient au repos et stoppe immédiatement M6ST par les "contre-courants". La diode de "roue libre" D pare les surtensions produites à la coupure.

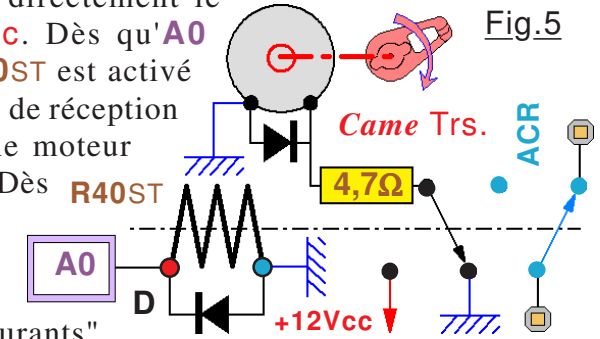


Fig.5

### ► Le multiplexage des 22 entrées.

C'était précisément ce nombre important d'entrées à prendre en compte qui posait le problème le plus critique de la répartition des broches de l'ATmega328. Le schéma Fig.6 donné en page 4 précise la façon dont cette difficulté a été contournée.

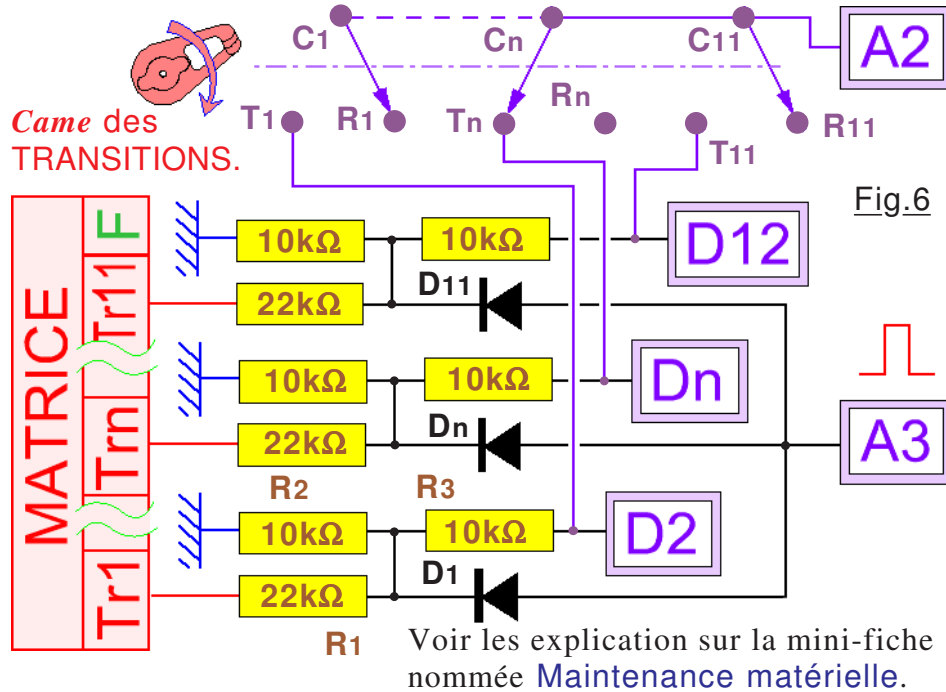
Le câblage des Switchs de capture des positions de la *came des TRANSITIONS* a été modifié pour utiliser les contacts travail des capteurs. Par ce choix une position validée donne un état "0" sur les entrées D2 à D12. *Le logiciel qui traite la séquence de positionnement devra donc fonctionner en logique positive "ordinaire"*.

Lors d'une opération de lecture des états des sorties de la MATRICE il ne faut pas que la broche D2 n'interfère, car il y aura forcément un switch de capture de position activé. *Cet impératif impose une logique à trois états dont un état ISOLÉ*, c'est à dire que D2 devra présenter une résistance infinie. C'est précisément la priorité qui a été accordée à A2 car cette broche peut fonctionner en Entrée et en Sortie. *Configurée en entrée elle présente une impédance très élevée* et n'a plus d'effet sur le reste du schéma électronique.

Suite en page 4.

## Schémas retenus pour les Entrées / Sorties.

### ► Le multiplexage des 22 entrées. (Suite de la page 3.)



### Lecture des sorties de la MATRICE :

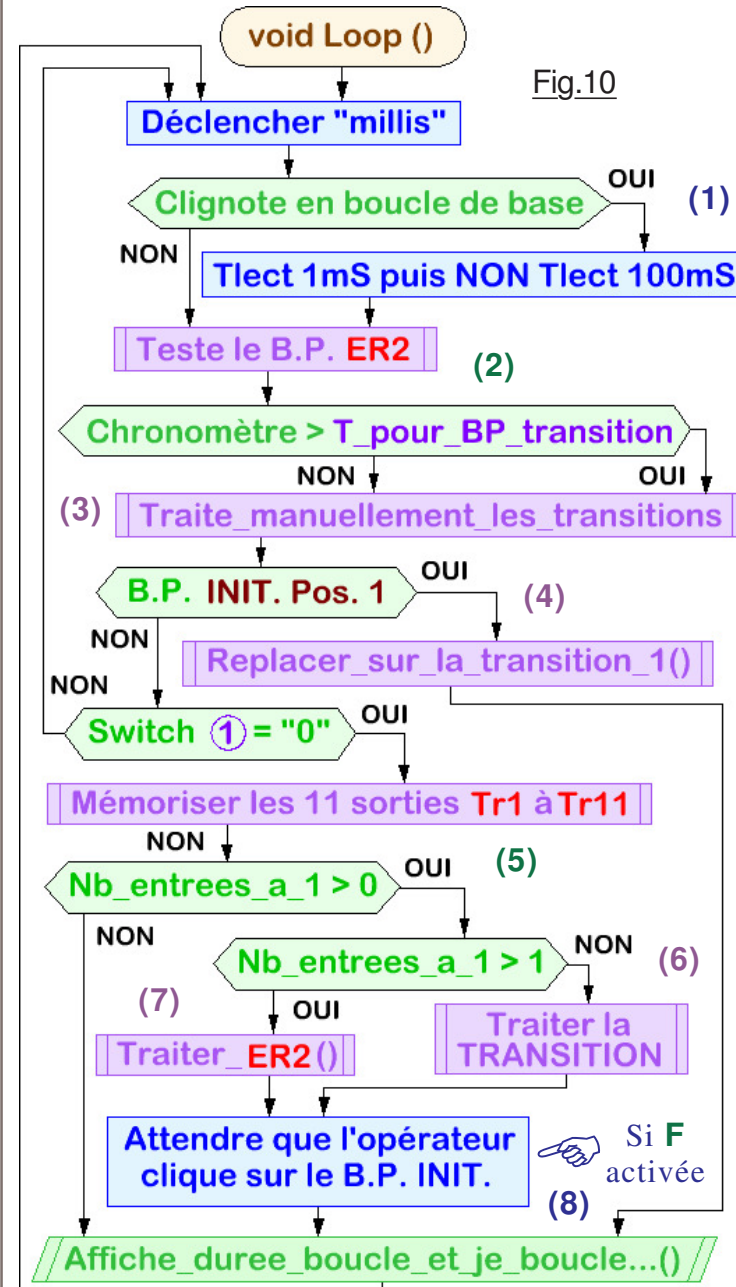
Étant configurée en entrée A2 n'intervient pas car elle présente une impédance très grande. Lorsque la sortie de la MATRICE est à l'état logique "0", elle est dans une configuration électrique isolée et la résistance R1 n'intervient pas. La sortie sera établie au niveau électrique "0" par la résistance R2 de 10kΩ. Si la sortie est à l'état logique "1" elle fournit du +12V qui sera réduit à 3,75V par le diviseur constitué de R1 et de R2. L'entrée Dn lira alors un état "1".

### Lecture de la position de la came des TRANSITIONS :

La première étape consiste à forcer A3 au niveau électrique "1". par le truchement des diodes D1 à D11, toutes les entrées D2 à D12 sont forcées à "1" par les résistances R3. Puis la broche A2 est configurée en sortie et à l'état "0". Ainsi seule la broche d'entrée D2 à D12 qui sera en liaison avec le Switch activé sera à "0", le logiciel traitant alors la rotation de la *came des TRANSITIONS*. En fin de traitement A3 repasse à "0" et A2 redevient une entrée.

## Organigrammes du logiciel.

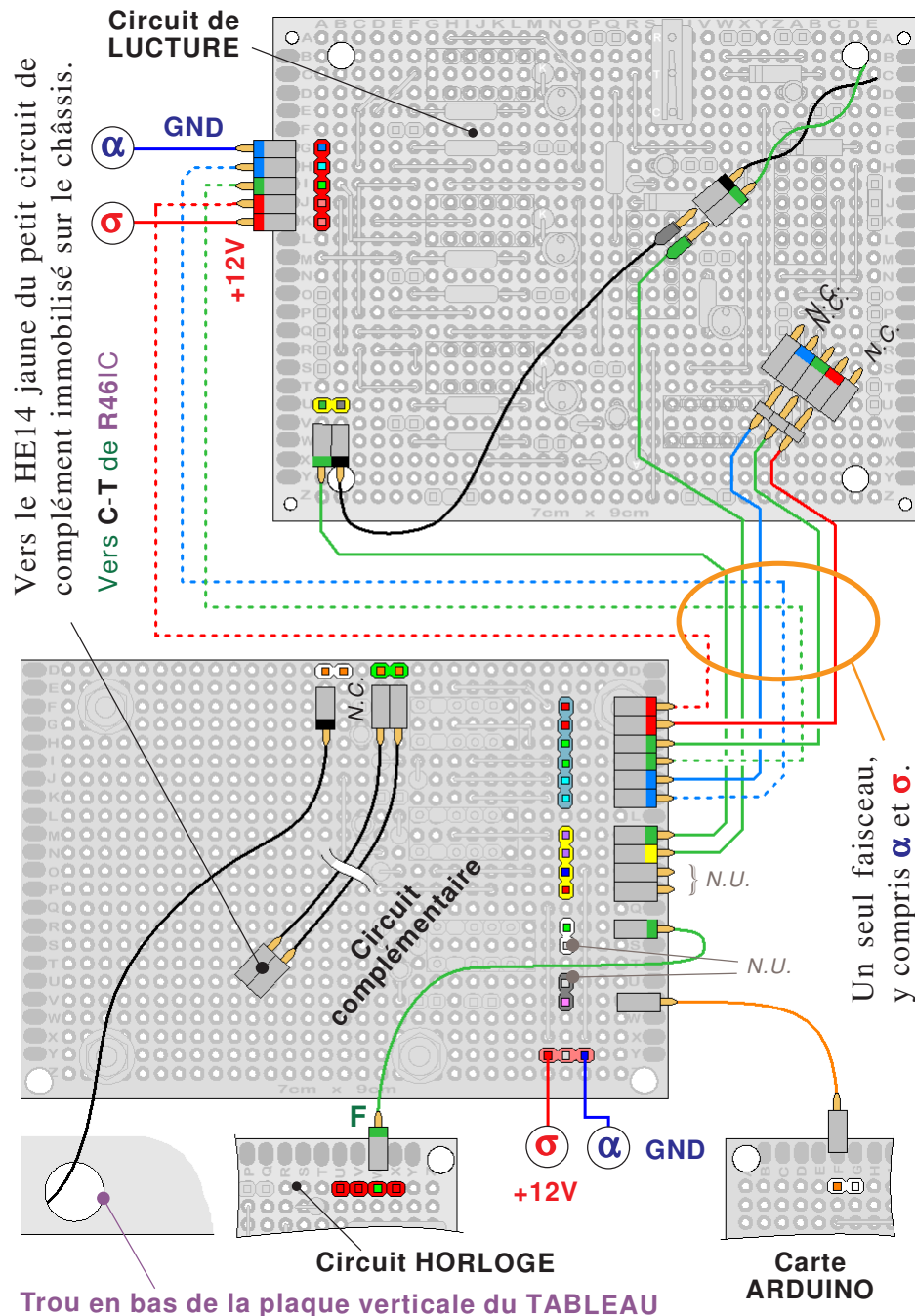
### ► Le corps du programme.



En (1) le programme génère une impulsion si sur RESET on a cliqué sur **INIT. Pos. 1**. En (2) et (3) on traite la gestion manuelle des transitions afin de vérifier un programme. En (4) la *came* des transitions est initialisée en position n°1 si on clique sur **INIT. Pos. 1**. Si en (5) une transition est "validée", on traite (6) ou (7). Puis, si la transition inclus une **Fin** détectée, on attend en (8) l'action **INIT** de l'opérateur qui remplace la machine en **VEILLE**.



## Liaisons avec le C.I. de correction.

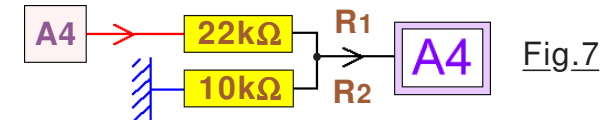


## Schémas retenus pour les Entrées / Sorties.

### ➤ Entrée A4 actuellement inutilisée.

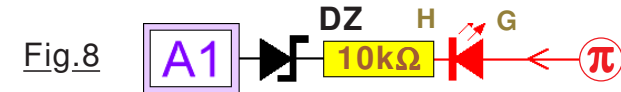
Cette broche était initialement prévue comme une entrée avec un signal de +12V ramené à 3,75V par le truchement du diviseur potentiométrique constitué de **R1** et de **R2**. Actuellement cette broche devient disponible pour une future fonction dans l'éventualité d'une modification logicielle.

E/S disponible pour une future modification.



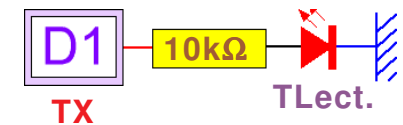
### ➤ Pilotage de la LED signalant ER2.

Faciliter l'étude du circuit imprimé et le câblage a incité à continuer d'alimenter cette LED à partir du +12Vcc issu de  $\pi$  au lieu de la relier directement sur **A1**. Sur le schéma de la Fig.8 on observe **DZ** une diode ZENER de 9,1V impérative pour que la LED puisse s'éteindre complètement quand **A1** fournit un "1".



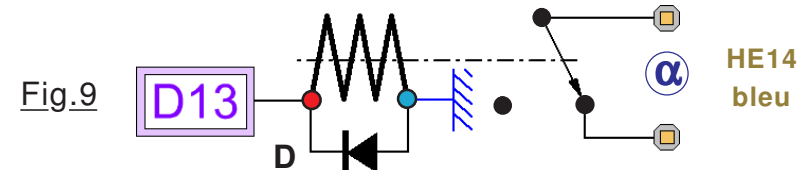
### ➤ Pilotage de TLect. pour RESET et Fin.

Lorsque le dialogue série avec le Moniteur de l'IDE est validé, la LED **TLect.** s'allume de courts instants quand **TX** accuse réception.



### ➤ Coupure de la ligne $\alpha$ .

Dans le but de ne pas changer les protocoles prévus pour sortie d'une situation de type **ER2** le schéma prévoit de couper l'alimentation de la machine par la ligne  $\alpha$ . Ce choix implique l'utilisation du relais de coupure **R41ST**. En "standard", La diode de "roue libre" **D** pare les surtensions produites à la coupure.



## Dessin du circuit imprimé.

### ➤ Dessin complet vu face composants.

(1) : Pour placer le Strap quand la mini USB est branchée.

Mesure du +5V par le galvanomètre.

(2) : Bride la mini USB en alimentation extérieure

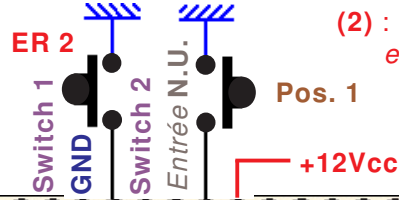
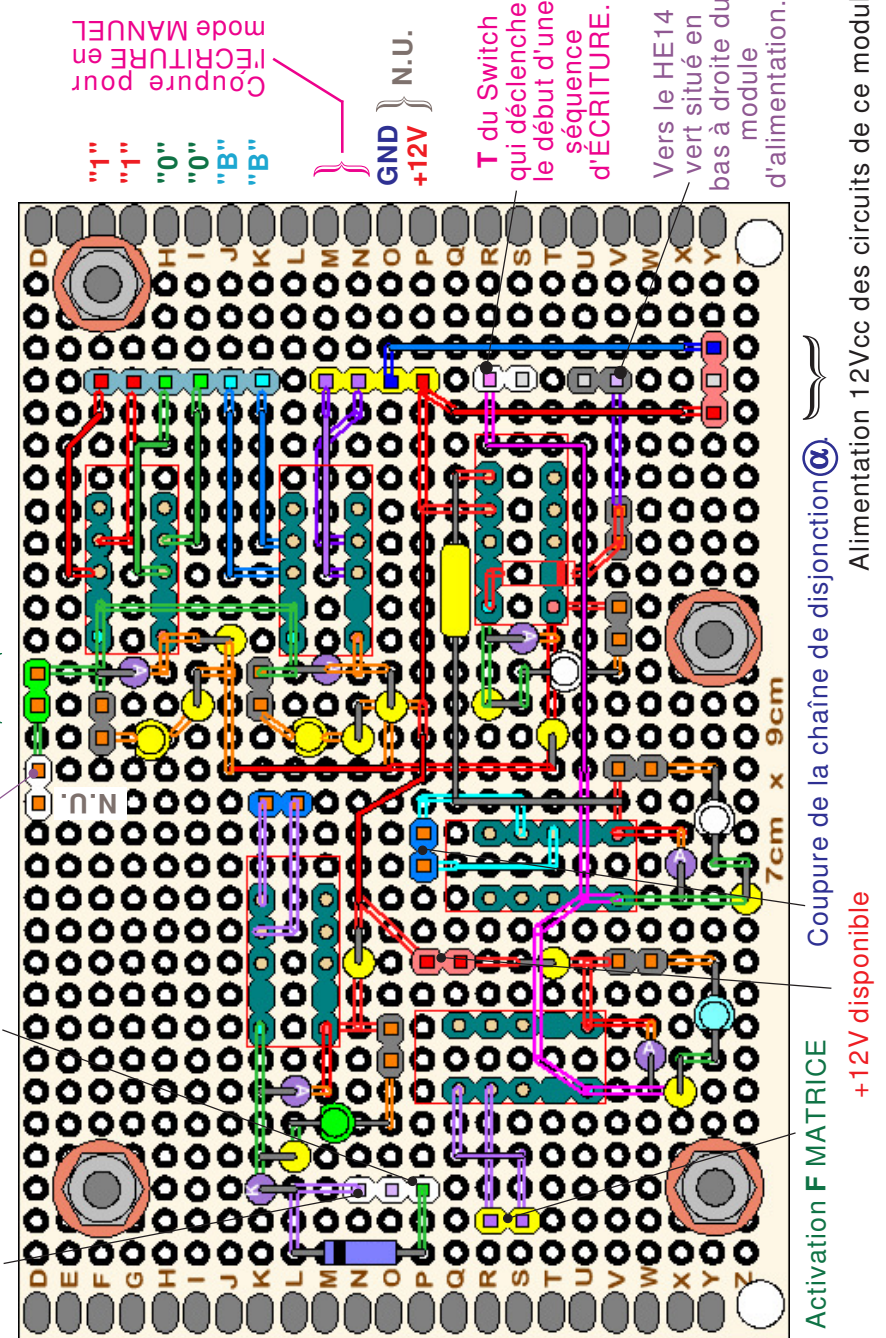



Fig.10

## Circuit imprimé de correction des problèmes.


Fig.19





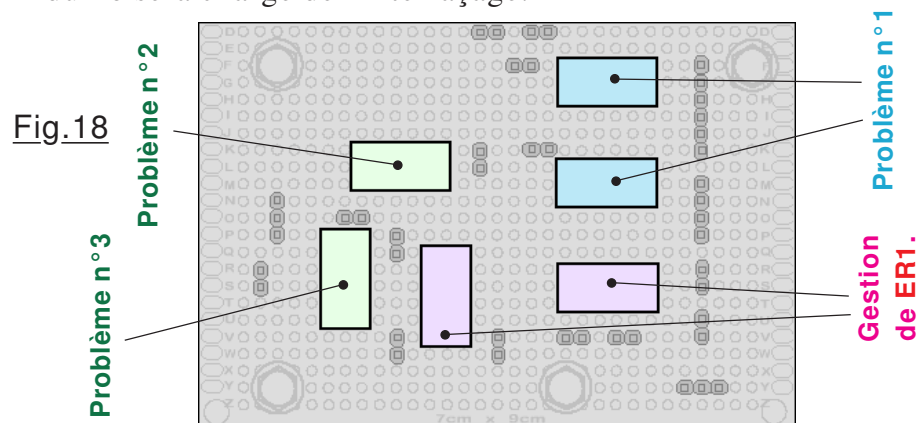
active le relais **R46IC** qui isole le compteur électromagnétique car l'HORLOGE n'est plus active. La section disponible **C-R** valide inconditionnellement les trois sorties mémorisées du module de LECTURE pour que l'ÉCRITURE en mode  soit correcte. La Fig.19 en page 15 présente dessin du circuit imprimé de correction.

**Deuxième problème :** Quand le moteur des TRANSITIONS franchit plusieurs positions, il passe parfois sur l'une de celles qui programme la **Fin** de l'algorithme. Le relais **R26FP** passe alors au travail et engendre l'arrêt prématuré du fonctionnement.

**Solution :** Ne transmettre le signal **F** de la sortie de MATRICE vers la logique de l'HORLOGE que durant l'activation du Switch  qui déclenche la fonction ÉCRITURE. Le schéma est donné Fig.12 en page 8. Le dessin du C.I. est en page 15.

**Troisième problème :** Pour ramener la came des TRANSITIONS sur la position de départ n°1 le microcontrôleur de la carte ARDUINO ne peut pas utiliser le signal **F** issu de la matrice, car la came reviendrait en position initiale et la logique de l'HORLOGE ne serait plus informée de la fin du programme.

**Solution :** Utiliser l'action de l'opérateur sur la touche **INI** de la logique de l'horloge pour déclencher le retour en position n°1 de la came des TRANSITIONS. Il suffit dans ce but d'interfacer le bouton poussoir **INI** pour qu'il soit en "parallèle" du B.P. Init. pos.1 pour faire croire au programme de la carte NANO que l'opérateur a cliqué sur ce dernier. Le relais **R41IA** d'Initialisation de la carte Arduino sera chargé de l'interfaçage.

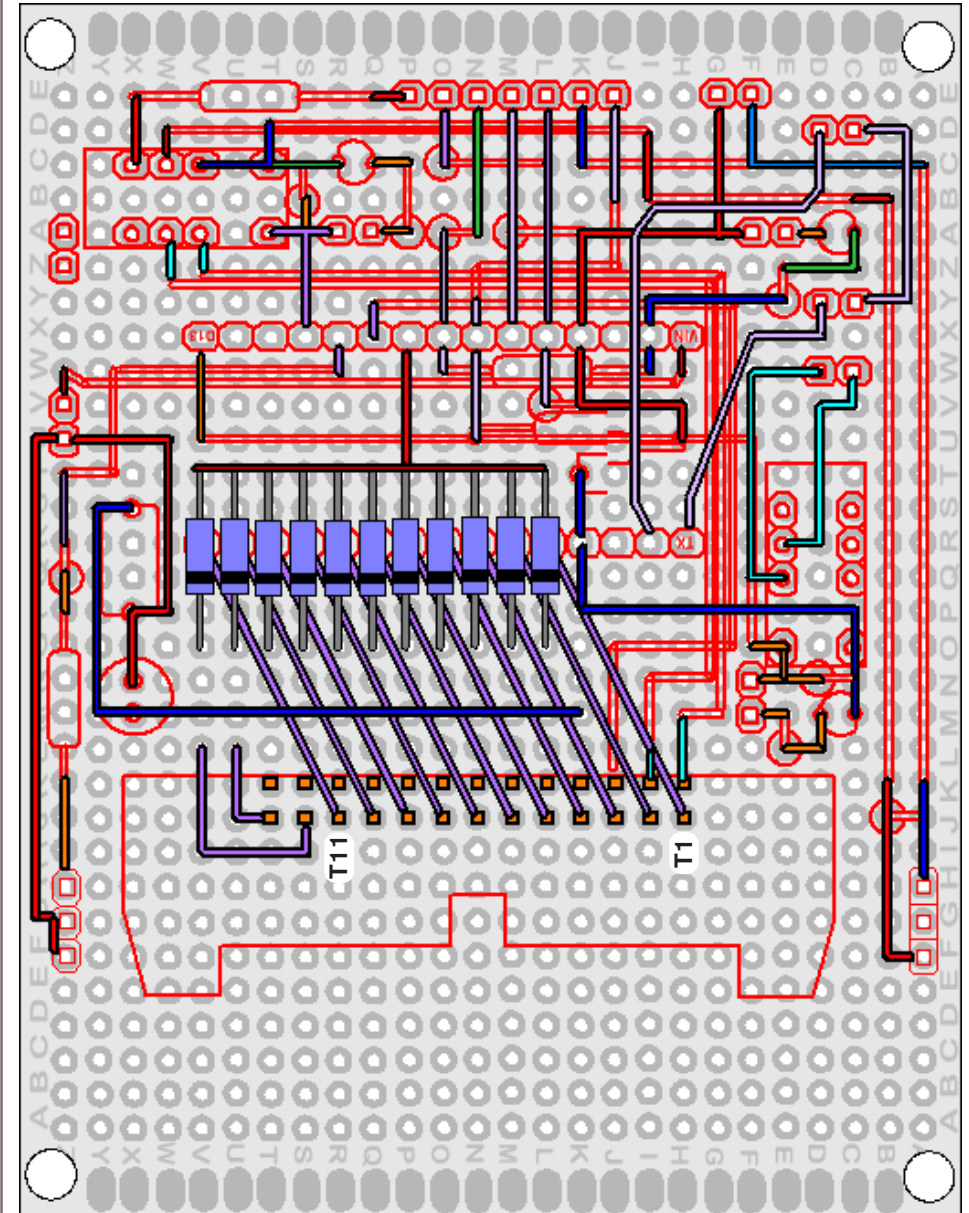


## Dessin du circuit imprimé.

Fig.11

### ➤ Dessin du C.I. en vue de dessous.

Compte tenu de la densité considérable des composants, le circuit imprimé doit être impérativement réalisé "par couches successives".







## Problèmes rencontrés durant le développement.

Diverses mauvaises surprises ont imposé l'étude et la réalisation d'un petit circuit imprimé supplémentaire ainsi que la modification du petit module de la fiche A5 nommée **Petit circuit imprimé de correction** 1/2 pour utiliser la section **C-T** disponible.

**Premier problème :** Lorsqu'une sortie à l'état "1" par exemple reste mémorisée et que l'instruction qui suit impose d'écrire un état identique, la logique imagine que le capteur de l'état désiré est activé. Elle provoque alors la rétraction du bras qui est déjà en position dégagée, engendrant le forçage mécanique.

**Solution :** Isoler les trois sorties des mémoires de l'unité de LECTURE durant la position **ARRÊT** de la came de l'HORLOGE. En option MANUEL imposé par de l'**Inverseur**, il faut rétablir ces liaisons sous peine de voir les cames tourner uniquement lorsque le poussoir concerné est cliqué. (Voir la Fig.17 en page 13.)

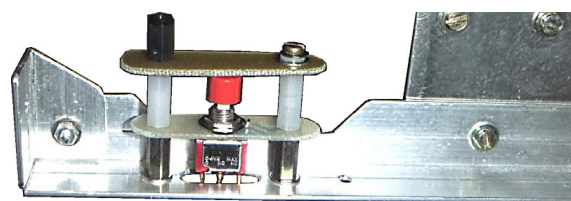
>>> La suite est en page 14. <<<

## > Dessin du circuit imprimé.

N'étant occupé que sur la moitié de la surface disponible, ce circuit imprimé sera disponible pour d'éventuelles modifications et ajouts sur la machine. (Précaution de "future expansion", car maintenant la réalisation est à son terme.) Sur les schémas précédents, seules les diodes de roue libre sont représentées. Toutefois, le circuit imprimé est prévu pour implanter des diodes LEDs qui témoignent de l'état des trois relais installés sur ce module.

## > RESET facilement accessible.

Lorsque l'opérateur s'aperçoit qu'un algorithme proposé à la machine est erroné il clique sur le bouton **AR** qui coupe l'énergie. Comme la carte NANO est sur le **+12Vcc** issu de  $\pi$  elle ne peut détecter ce type d'incident. Dans ces conditions elle continue son cycle de surveillance des Switchs de déclenchement des TRANSITIONS et



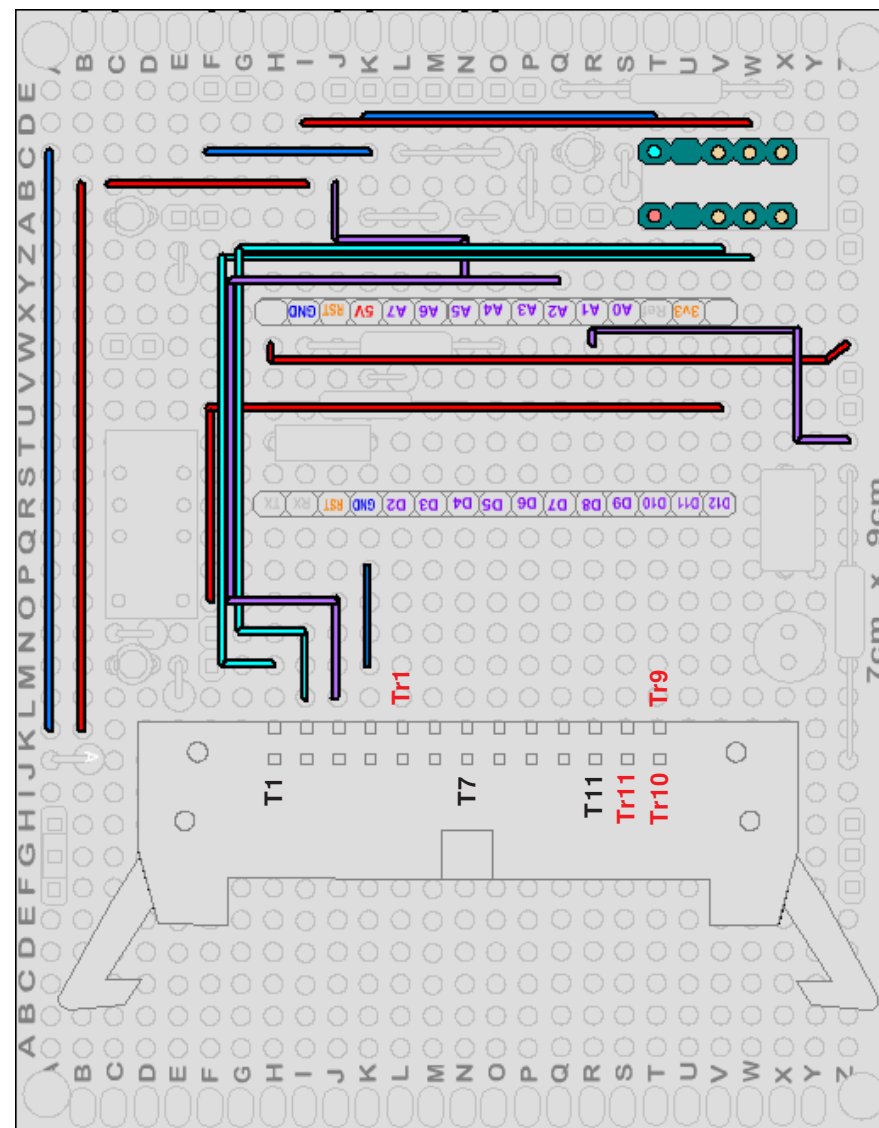
ignore somptueusement le B.P. **Init. Pos. 1**. Pouvoir déclencher un RESET sur Arduino est alors indispensable.

## Dessin du circuit imprimé.

### > Dessin "épuré" des liaisons filaires du dessus.

Pour faciliter l'opération de câblage et pouvoir vérifier visuellement le circuit réalisé, ce dessin représente les nombreuses lignes qu'il faut souder sur la face de dessus.

Fig.13

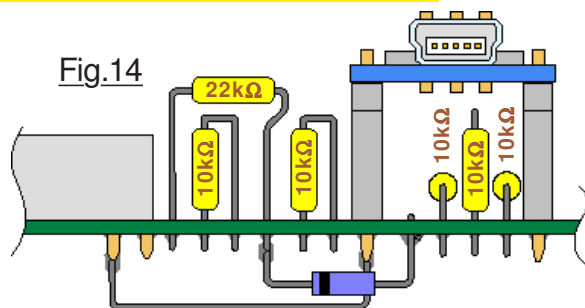


## Circuit imprimé et branchements.

**NOTE :** Dans la version microcontrôleur, le Switch ③ sur le rotor de l'HORLOGE système n'est plus utilisé.

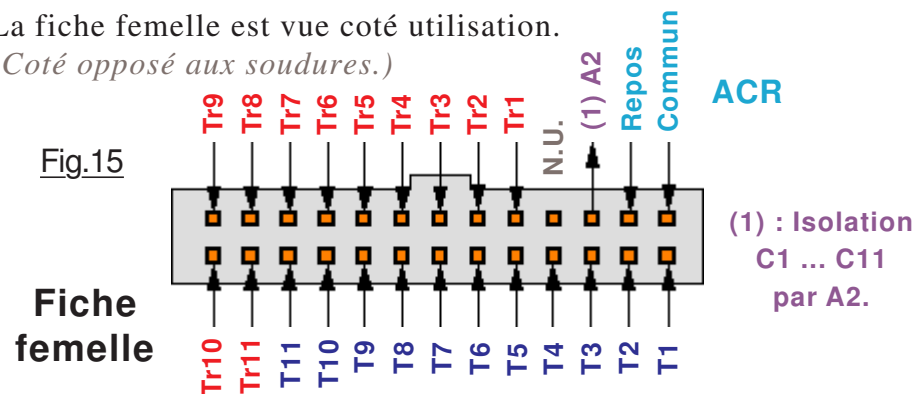
### ➤ Réalisation du circuit imprimé.

Compte tenu de la densité et de l'enchevêtrement des composants, le câblage sera réalisé par étapes successives.



### ➤ Branchements de la limande.

La fiche femelle est vue coté utilisation.  
(Coté opposé aux soudures.)



### ➤ Éléments à prendre en compte.

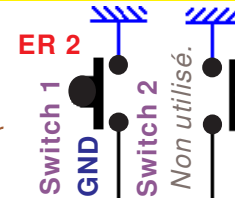
- La carte Arduino consomme 19mA à 22mA.
- Alimentation en  $\pi$  pour que la consommation ne soit pas prise en compte sur le galvanomètre et ne fausse pas les protocoles et pour ne pas engendrer de RESET sur une disjonction de type ER2.
- Une sortie peut fournir 40mA.
- Un relais de 170Ω consomme 28mA sous 5Vcc.
- IMAX pour toutes les sorties : 200mA.
- Relais : Travail à  $\approx 3,75V_{cc}$  et Repos à  $\approx 1,3V_{cc}$ .

## Circuit imprimé et branchements.

### ➤ Liaisons de la carte NANO avec l'extérieur.

(1) : Pour placer le Strap quand la mini USB est branchée.

Mesure du +5V par le galvanomètre.



(2) : Bride la mini USB en alimentation extérieure

Pos. 1

+12Vcc

Fig.16

