

Recommandations pour réaliser les fiches.

Par Nulentout (Achevé le 21 Mai 2019.)

NOTE : Pour des raisons de convivialité, généralement les fiches qui accompagnent l'une de mes réalisations sont au format A5. (*Légèrement plus petit pour pouvoir à notre guise les ranger éventuellement dans une chemise constituée d'une feuille au format A4 pliée en deux.*) Comme la plastification engendre un coût qui sans être important doit être minimisé, les fiches sont systématiquement de type RECTO / VERSO ce qui divise par deux le coût de la plastification. C'est probablement du "gagne petit", *mais écologiquement chaque petit bénéfice s'ajoute aux autres ...*

- La **page 2** contient une fiche complète. Pour des raisons économiques, et compte tenu du fait qu'elle ne sera utilisée qu'épisodiquement, cette dernière ne sera pas plastifiée. Imprimer sur un seul coté, avec une feuille de bonne qualité, c'est à dire d'un papier suffisamment épais pour ne pas que l'encre ne "traverse". Quand l'impression est bien sèche, séparer au milieu. Puis encoller l'une des deux faces et assembler. (*Sans inverser le haut avec le bas !*) Lorsque la colle est sèche, découper le tour du cadre gris "en laissant vivre le trait" du contour extérieur. Cette fiche n'est pas prévue pour être plastifiée car elle sera bien moins manipulée que celles qui suivent.
- Les fiches **page 3** et **page 4** ainsi que **page 5** et **page 6** constituent des couples. Chaque couple matérialise deux fiches de type RECTO / VERSO qui *étant d'un usage fréquent* en cours de développement de programme ou lors de la réalisation du matériel *seront renforcés*. Quand l'impression est bien sèche, *la feuille est à protéger des deux cotés dans une plastifieuse "thermique"*. On découpe ensuite sur le contour extérieur, toujours "en laissant vivre le trait", pour obtenir deux fiches bien rigides.

- Les fiches **page 7** et **page 8** constituent également un couple qui matérialise deux fiches de type RECTO / VERSO à *protéger éventuellement des deux cotés dans une plastifieuse "thermique"*. À vous d'en estimer la pertinence, car la fiche sur les informations logicielles s'avère presque indispensable quand on modifie le programme. En revanche, celle sur l'assemblage risque d'être particulière à mon prototype (*Par les outils d'assemblage utilisés*) et pas forcément d'actualité pour votre réalisation.
- Les fiches **page 9** et **page 10** constituent également un couple qui matérialise deux fiches RECTO / VERSO à *protéger des deux cotés dans une plastifieuse "thermique"*. En effet, la fiche sur le logiciel n'est pas forcément d'un usage intensif, bien qu'en programmation elle sera précieuse. Par contre, *la fiche sur le comportement du programme et sur les modes d'affichage constitue "le manuel d'utilisation"* et sera souvent bien utile.
- Les fiches **page 11** et **page 12** constituent également un couple qui matérialise deux fiches RECTO / VERSO à *protéger des deux cotés dans une plastifieuse "thermique"*. Initialement seule la fiche **TESTEUR DE CONTINUITÉ ET DE LED** était prévue. Puis, en "dernière minute" celle relative aux diverses *Opérations de maintenance* a été considérée comme indispensable. Du coup, elle a été ajoutée et contient les affectations des broches de l'ATmega328 pour "remplir la place" qui restait disponible.

Carte Arduino NANO.

L'arduino Nano se présente sous la forme d'une minuscule carte qui condense l'intégralité des fonctions d'une Arduino UNO tout en ne mesurant que 1,9 cm x 4,5 cm. Le Nano utilise l'ATmega328 en version CMS. Les broches d'utilisation sont séparées pour pouvoir le placer sur une platine d'essais, configuration idéale pour le développement de projets et le prototypage.

Arduino Nano peut être alimenté via le connecteur USB Mini-B, entre +6V et +20V non réglementée en alimentation externe sur la broche 30 **VIN**, ou +5V en alimentation externe régulée sur la broche 27 notée **5V**. La source d'alimentation est automatiquement sélectionnée pour la source de tension la plus élevée.

Par rapport à la carte Arduino UNO la NANO présente **deux entrées Analogiques supplémentaires A6 et A7** qu'autorise son boîtier CMS à 32 broches au lieu de 28 pour le boîtier DIL. Elle ne peuvent pas être utilisées en E/S binaires, mais uniquement en entrée CAN et ne disposent pas de résistances PUL-UP internes. Inutile de les déclarer en entrée, on les utilise directement avec la syntaxe standard `analogRead(20)` et `analogRead(21)`.

14 broches binaires. (*Dont 6 fonctionnant en PWM.*)

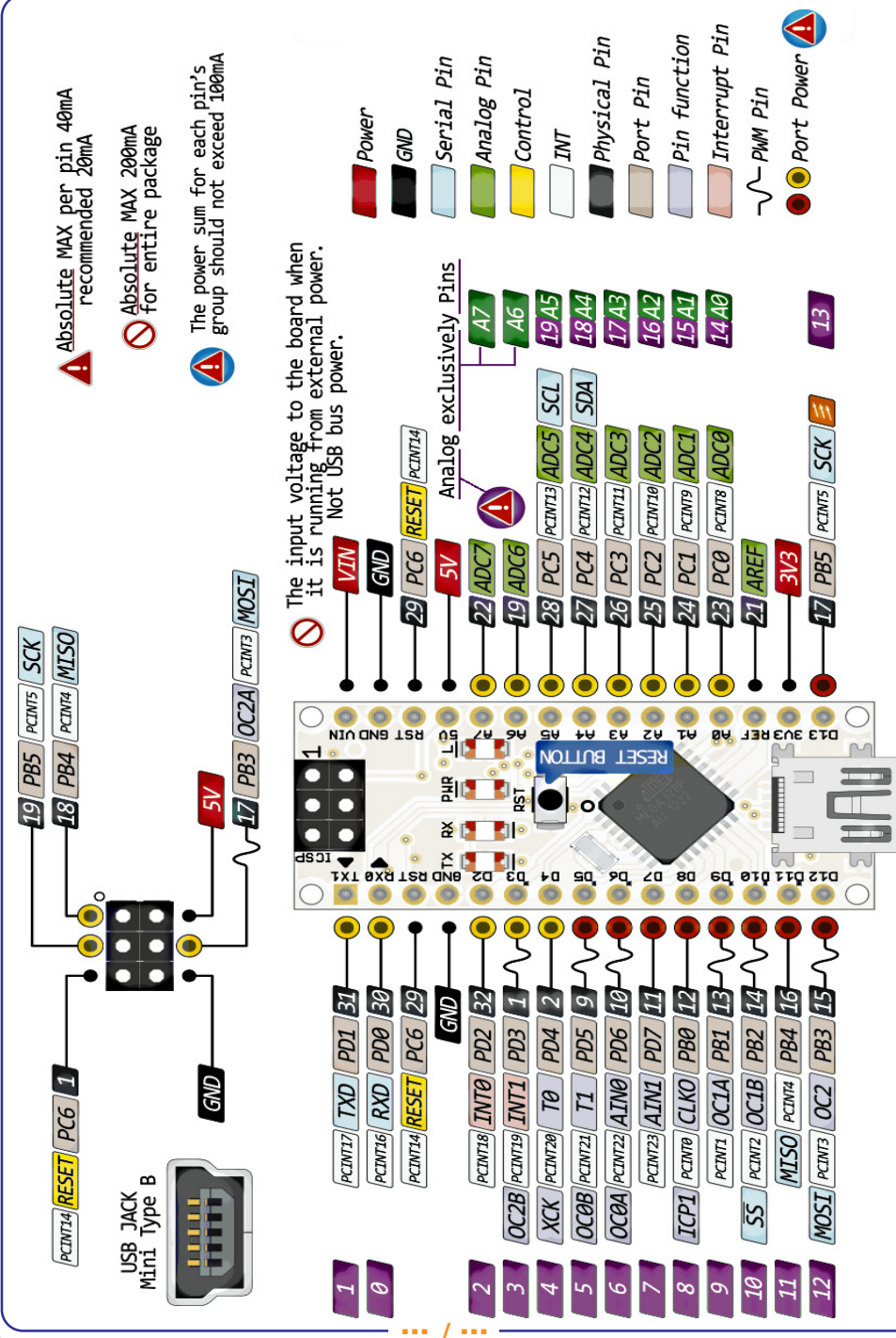
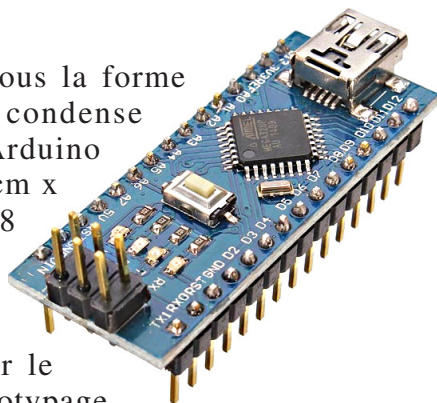
8 broches d'entrées Analogiques dont 6 pouvant fonctionner en E/S. Courant maximal par broche de sortie : 40 mA. (*Total MAX : 100mA*)

L'ATmega328 a 32 Ko, (*Avec 2 KB utilisé pour le bootloader*).

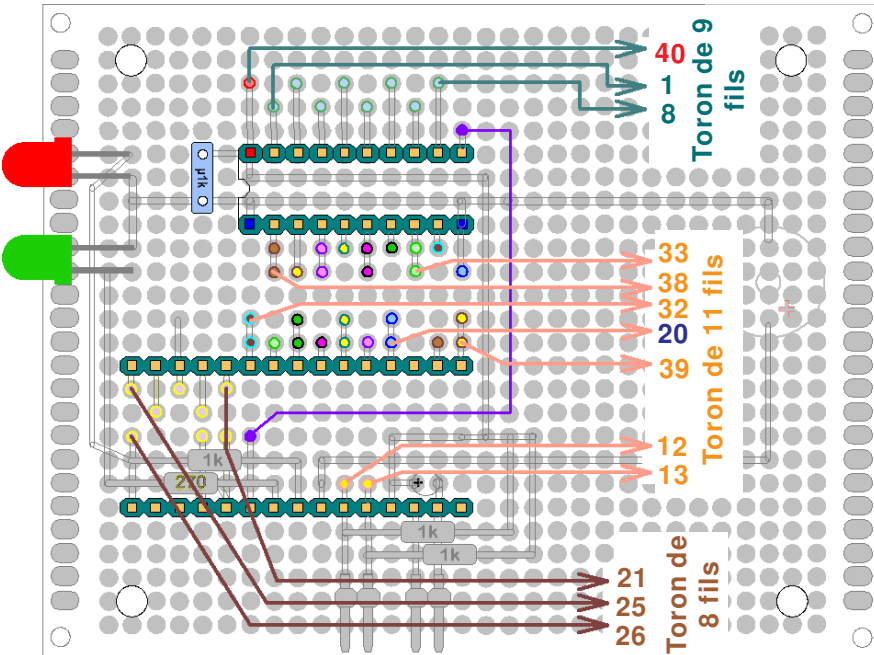
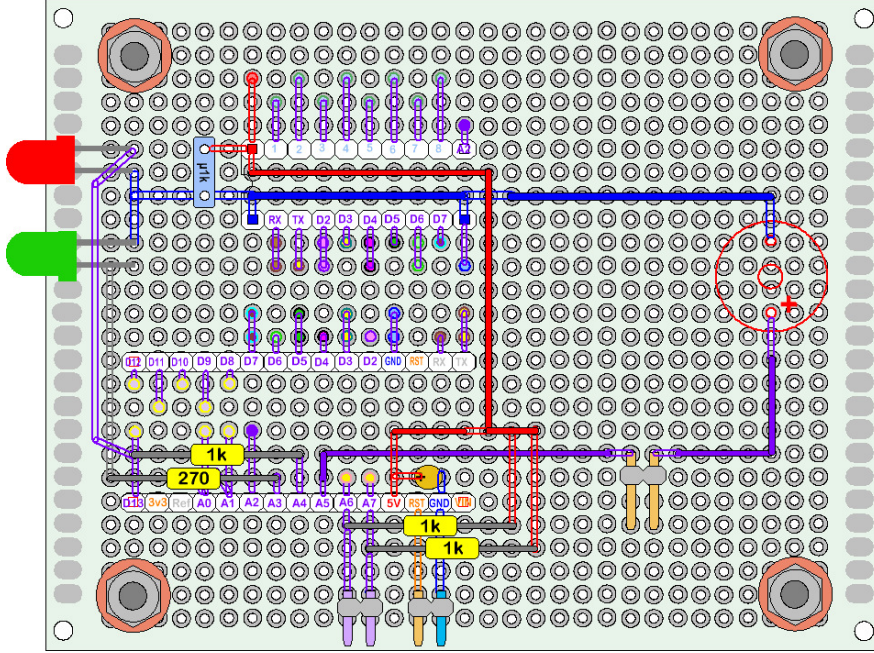
L'ATmega328 a 2 Ko de SRAM et 1 Ko de mémoire EEPROM.

De nombreux clones chinois de ces cartes existent. Certains sont basés sur des circuits intégrés tels que l'ATmega328P CH340G qui ne sont pas reconnus directement sous Windows sans installer un pilote spécifique. Pour mes cartes le driver adapté a été trouvé sur : <http://www.mediafire.com/download/pjqn88uc64acpgz/ch341ser.zip> L'exécutable une fois activé la ligne USB fonctionne normalement et les NANO se programment sans problème à condition :

- De sélectionner le type **Arduino Nano** avec **Outils ...**
- D'activer le bon port pour la ligne USB.



Circuit imprimé vu coté composants.



Répartition géométrique des composants.

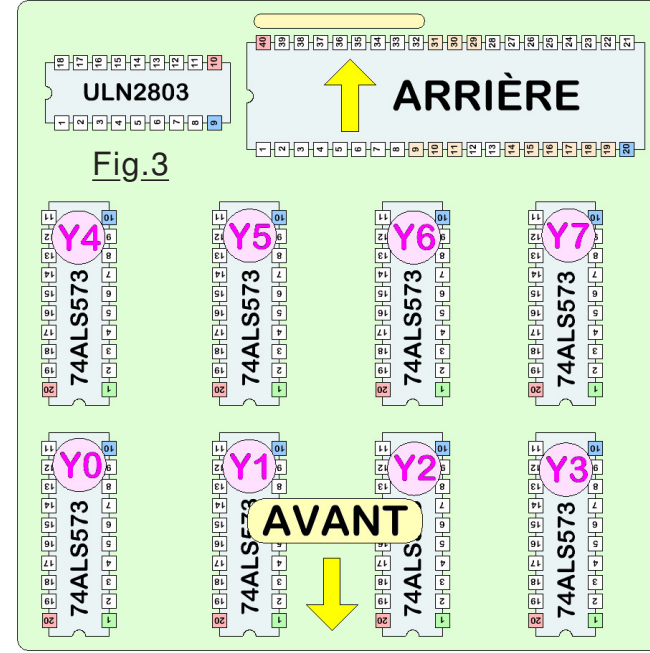


Fig.3 : Circuit imprimé du KIT vu coté composants.

Sur la Fig.3 chaque verrou 74ALS73 pilote une rangée de LED dans la direction **Y**.

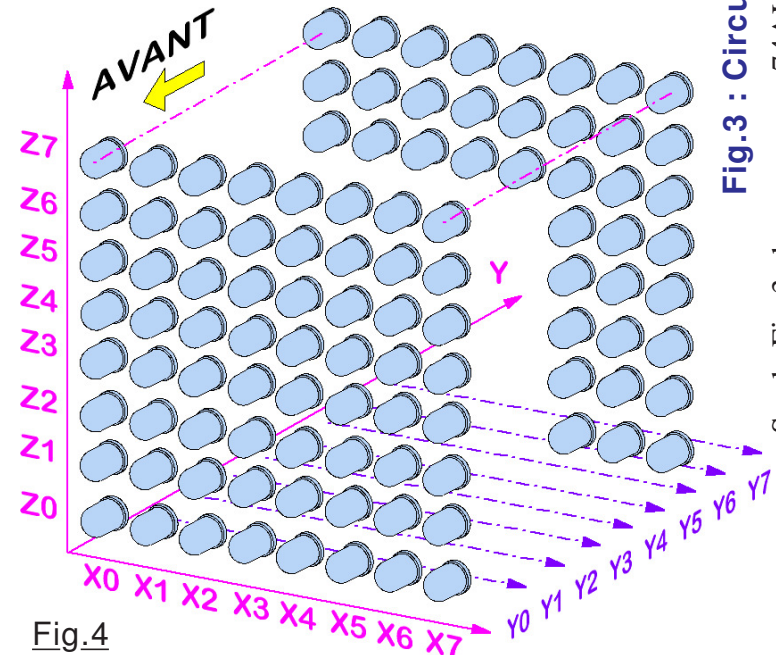
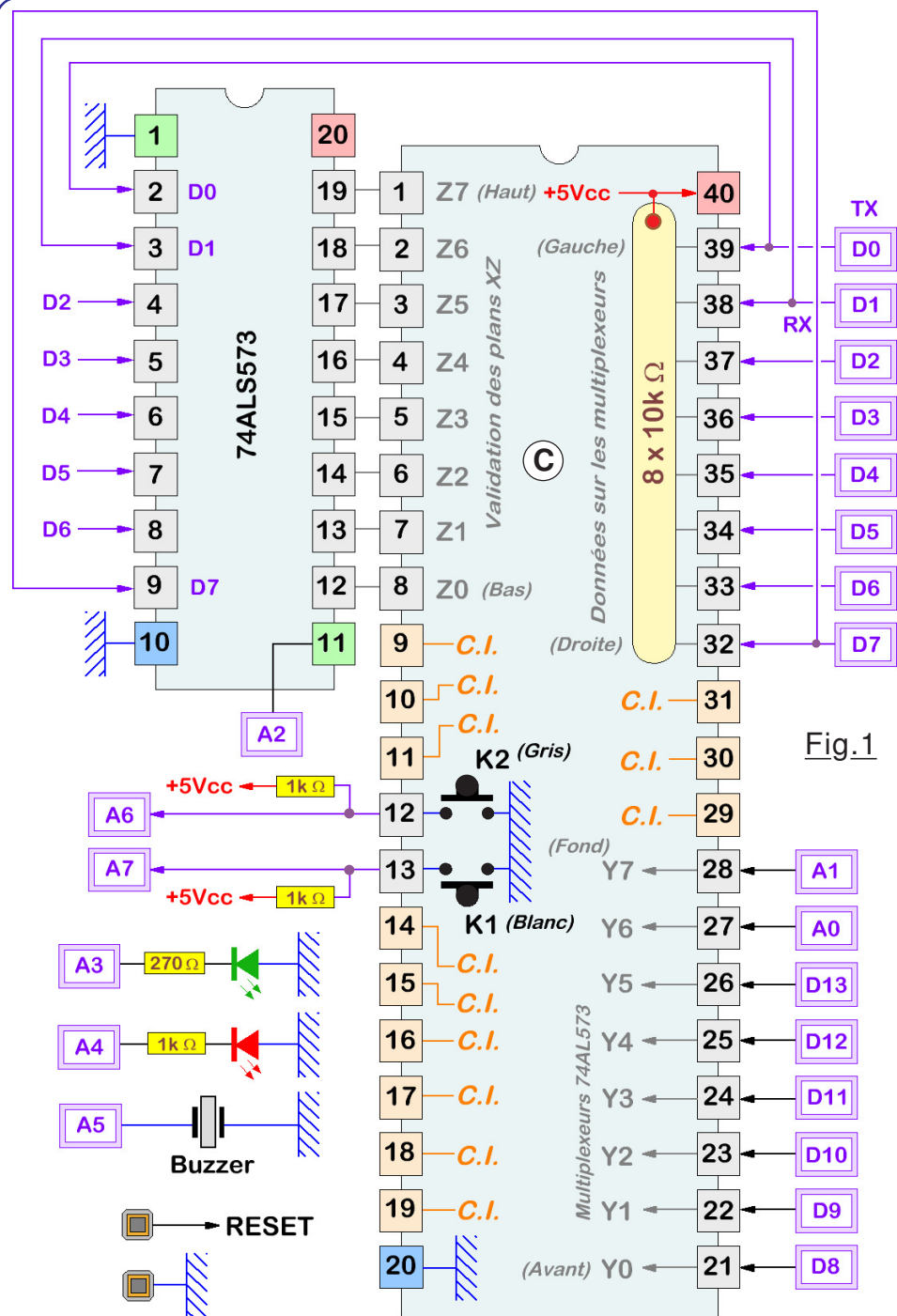


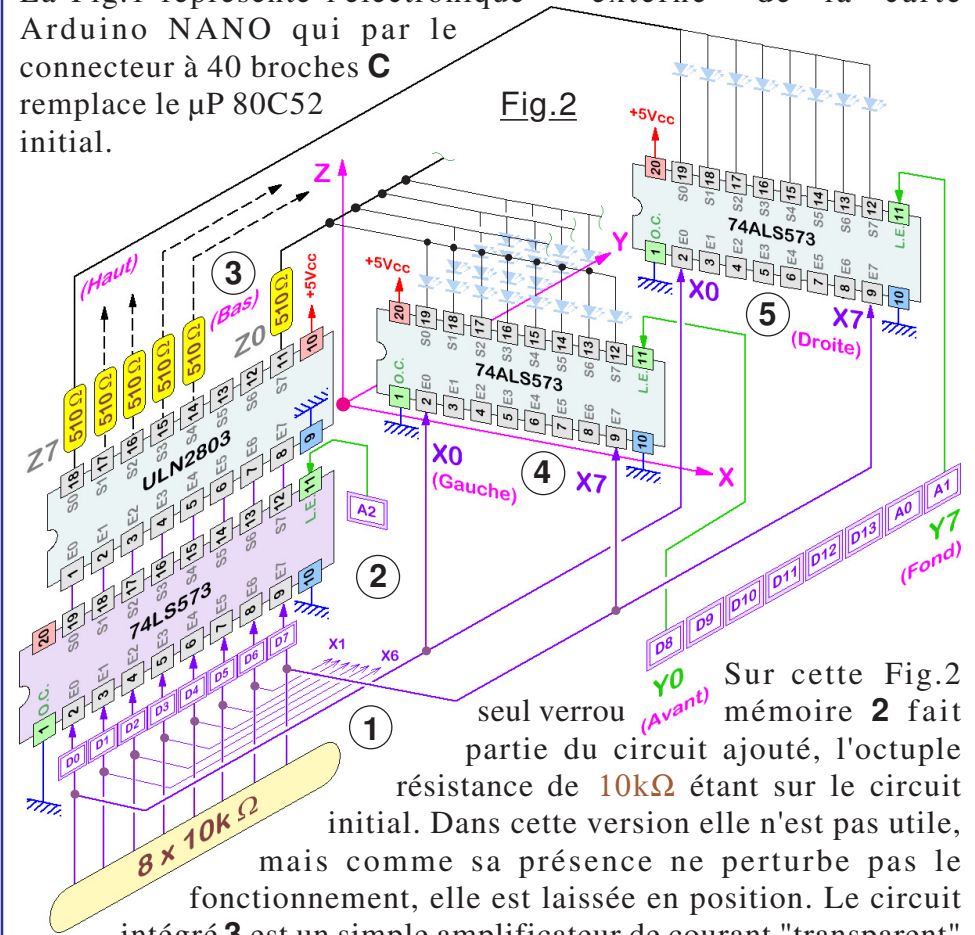
Fig.4

Sur la Fig.4 la désignation géométrique des trois axes et leur sens correspond à un trièdre de référence trirectangle de sens direct. Si l'on désire allumer des LED simultanément à plusieurs hauteurs sur **Z** il faut impérativement balayer par validation des niveaux en plaçant un état "1" sur le ULN2803.



Principe de fonctionnement.

L'électronique est constituée de deux ensembles séparés. Le premier est constitué par le cube proprement dit assemblé sur un circuit imprimé supportant le multiplexage. (*KIT initial*) Le deuxième groupe fonctionnel constitué d'un circuit imprimé indépendant supporte la carte Arduino NANO et l'octuple verrou 1. La Fig.1 représente l'électronique "externe" de la carte Arduino NANO qui par le connecteur à 40 broches **C** remplace le μP 80C52 initial.



Sur cette Fig.2 seul verrou 2 fait partie du circuit ajouté, l'octuple résistance de 10kΩ étant sur le circuit initial. Dans cette version elle n'est pas utile, mais comme sa présence ne perturbe pas le fonctionnement, elle est laissée en position. Le circuit intégré 3 est un simple amplificateur de courant "transparent" qui recopie sur les résistances de limitation de 510Ω les états logiques du verrou 2. Les huit verrous tels que 4 et 5 mémorisent les états logiques fournis par D0 à D7. En statique on ne peut allumer simultanément que les seize LEDs disposées sur un plan horizontal de direction X/Y et de hauteur Z. (Axes cartésiens de sens direct.)

Matrices symétriques. (Haut/Bas.)

NOTE : Ainsi codés en EEPROM les dessins sont affichés symétriquement "gauche/Droite" ce qui ne se remarque que pour les images 6, 24 et 26 les autres étant "superposables" latéralement.

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--|--------|
| 01 000 | 02 004 | 03 008 | 04 012 | 05 016 | 06 020 |
| 07 024 | 08 028 | 09 032 | 10 036 | 11 040 | 12 044 |
| 13 048 | 14 052 | 15 056 | 16 060 | 17 064 | 18 068 |
| 19 072 | 20 076 | 21 080 | 22 084 | 23 088 | 24 092 |
| 25 096 | 26 100 | 27 104 | 28 108 | 29 112 | 30 116 |
| 31 120 | 32 124 | 33 128 | 34 132 | 35 136 | 36 140 |
| 37 144 | 38 148 | 39 152 | 40 156 | Ce cœur est plus grand que celui de la police de caractères. | |
| | | | | 864 | |

Les matrices graphiques : Images / Textes.

Figés en EEPROM, les éléments affichés en plan ou en volume sur le cube de LEDs sont élaborés en vue de minimiser leur encombrement dans la mémoire non volatile de l'ATmega328.

➤ Codage des images symétriques 01 à 40.

Seule une moitié de la matrice est codée, ce qui n'exige que quatre octets. Les octets sont construits dans l'ordre du haut vers le bas, en codant les BITS tels que les Pixels sont vus sur l'image. C'est ensuite le logiciel qui se charge de reconstituer la moitié inférieure et la charge en RAM en construisant le sens correct horizontal et vertical.

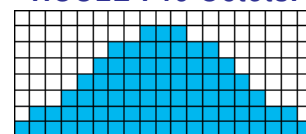
➤ Codage des images "complètes" 41 à 72.

N'étant globalement pas symétriques, il faut écrire l'intégralité de l'image ce qui exige huit octets par matrice complète. Les octets sont construits dans l'ordre du haut vers le bas, en codant les BITS tels que les pixels sont vus sur l'image.

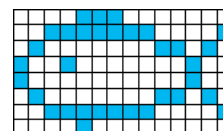
➤ Codage des TEXTES ou des IMAGES défilants.

Défilant sur le cube de la droite vers la gauche, les matrices sont organisées avec chaque octet représentant une colonne de Pixels. L'image est codée dans l'ordre, de la gauche vers la droite. Les dessins ci-contre montrent comment sont codés en EEPROM les octets "du haut vers le bas". Chaque caractère de la police n'occupe que cinq octets, les espaces étant générés par le programme. Pour l'oiseau qui vole, seule la moitié de l'image est écrite en EEPROM. (*Symétrie verticale.*)

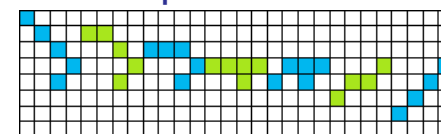
HOULE : 19 Octets.



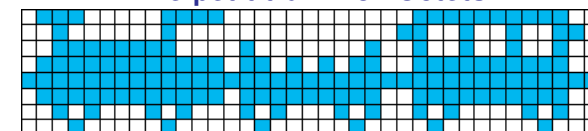
Poisson : 14 Octets.



Oiseau qui vole : 28 Octets.



Le petit train : 37 Octets.



Police de caractères. (Matrice de type 5 x 8.)

Pour améliorer le défilement des textes avec effet de glissement continu, les caractères sont codés sur 5 colonnes de large et une colonne de séparation. Seules les Majuscules sont disponibles.

| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| A 435 | B 440 | C 445 | D 450 | E 455 | F 460 |
| G 465 | H 470 | I 475 | J 480 | K 485 | L 490 |
| M 495 | N 500 | O 505 | P 510 | Q 515 | R 520 |
| S 525 | T 530 | U 535 | V 540 | W 545 | X 550 |
| Y 555 | Z 560 | . 565 | ! 570 | ? 575 | - 580 |
| * 585 | 0 590 | 1 595 | 2 600 | 3 605 | 4 610 |
| 5 615 | 6 620 | 7 625 | 8 630 | 9 635 | 640 Début du Dessin du petit poisson. |

Images complètes. (Non symétriques Haut/Bas.)

NOTE : Les matrices qui inversées en luminosité donnent des résultats "utiles" sont regroupées entre [65 et 72]. Les matrices représentées en rouge ne sont pas pertinentes en rotation.

| | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 41 160 | 42 168 | 43 176 | 44 184 | 45 192 | 46 200 |
| 47 208 | 48 216 | 49 224 | 50 232 | 51 240 | 52 248 |
| 53 256 | 54 264 | 55 272 | 56 280 | 57 288 | 58 296 |
| 59 304 | 60 312 | 61 320 | 62 328 | 63 336 | 64 344 |
| 65 352 | 66 360 | 67 368 | 68 376 | 69 384 | 70 392 |
| 71 400 | 72 408 | P1 960 | P2 968 | P3 976 | P4 984 |
| NOTE : En vert les matrices de la Pyramide et en violet celles du cube filaire avec diagonales. | | C1 992 | C2 1000 | C3 1008 | C4 1016 |

Assemblage initial du cube.

Cette fiche ne correspond pas directement à l'ordre d'assemblage des éléments translucides du cube, car elle a été réalisée chronologiquement avec la réalisation des divers éléments. Pour les opérations de maintenance on doit commencer par déposer le dessus. *(Et terminer par l'assemblage de ce dernier en remontage.)* Il devient alors facile de **déposer un ou plusieurs cotés en en laissant toujours deux** pour pouvoir poser le cube "semelle" vers le haut.

Rider le corps sur le bureau comme montré sur la Fig.1 s'impose si l'on doit déposer toutes les faces et que poser le cube "tête en bas" devient impossible. Utilisée comme sur la Fig.1 le petit "serre joint" autorise la quasi fermeture du tiroir pour ne pas que ce dernier ne gêne les opérations de maintenance. Noter que contrairement à ce que montre la photographie, **il sera de loin préférable de commencer par assembler les cotés gauche et droit car les boulons de liaison seront bien plus facile à mettre en place.** Tant que les quatre cotés ne sont pas entièrement assemblés, ne serrer que très modérément les boulons pour pouvoir au final positionner

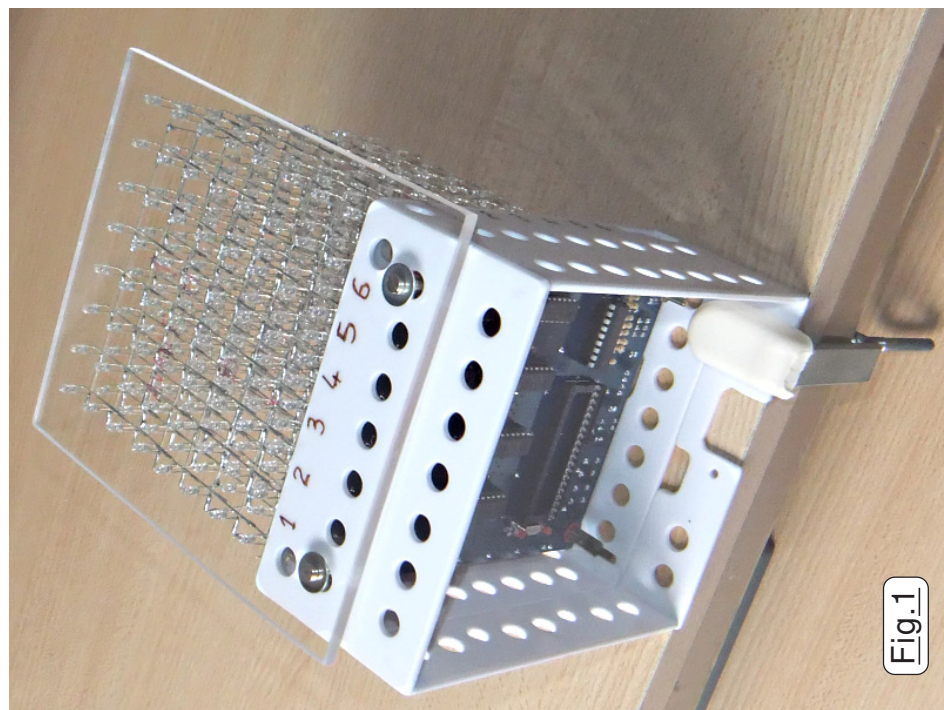


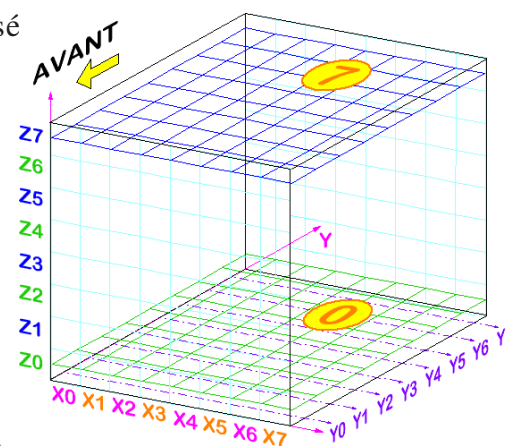
Fig.1

Implantation logicielle du cube 3D en RAM.

Comme il n'y aura pas affichage simultané d'images graphiques et de texte défilant, réutiliser le tableau Empreinte [109] créé initialement pour du texte, le réemployer pour stoker des images planes et des volumes cubiques virtuel s'impose avec pertinence. Sur la Fig.1 de l'autre coté de cette fiche la zone coloriée en rose n'est pas utilisée par l'affichage graphique, qu'il soit plan ou 3D. Les sept premiers octets correspondent au niveau zéro d'un cube. Puis, mis en évidence par les repères jaunes sur la Fig.1 on trouve les plans de 0 à 7, ce dernier étant le plus haut sur l'axe Z.

Organisation d'une image cubique en mémoire vive.

Le dessin en perspective proposé ci-contre précise la relation établie entre les coordonnées des LEDs, et le système trirectangle pour le repérage de position. Les grilles tracées en bas de la fiche, indiquent pour chaque niveau en vert et en bleu l'indice de la cellule dans Empreinte avec en ocre l'ordre des BITS dans le byte et en rose leurs poids binaires.



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | </ |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|

Implantation logicielle des données à afficher.

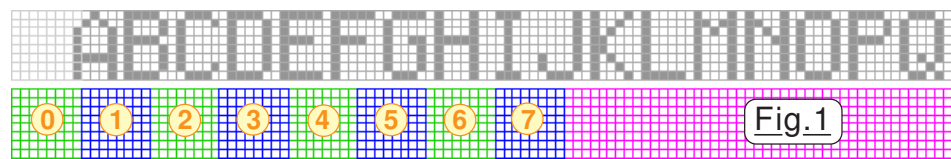
Volume du cube virtuel et données textuelles du journal défilant utilisent la même zone mémoire **Empreinte** [109] dont la taille est paramétrée : **Nb_MAX_Octets** = 109 pour 18 caractères. En fait 17 caractères maximum dans les textes et un de tête "tout noir" pour commencer le journal défilant par la droite. $((18 \times 6) + 1 = 109)$.



Les espaces de caractère sont générés automatiquement lors du chargement des matrices issues de l'EEPROM. Le transfert des caractères dans **Empreinte** commence à l'emplacement 7 repéré en rouge. Quand le journal défilant commence à s'afficher, l'intégralité des huit premiers octets repérés en tracé vert et couleur jaune sont visualisés. Les sept premiers ayant été effacés, le texte arrive bien à droite. Puis on décale l'ensemble du tableau **Empreinte** vers la gauche d'une position et l'on réaffiche les huit premiers octets. On réitère ces décalage jusqu'à avoir fait défiler l'intégralité du texte plus sept mouvements de plus pour que la totalité des éléments soient "perdus à gauche". Avant d'inscrire les matrices dans **Empreinte**, le tableau est entièrement effacé. Ainsi seules les cellules contenant du texte seront différentes de zéro, le décalage à gauche introduisant des octets nuls à droite pour effacer la fin de ligne.

➤ Réutilisation du tableau pour les images.

Seul un plan horizontal peut être visualisé de façon statique en validant simultanément les huit multiplexeurs de son **niveau**. Le codage de l'image d'un plan est organisé sur huit octets successifs dans le tableau **Empreinte** dont chaque élément est de type **byte**. Comme le cube est architecturé sur huit plans horizontaux étalés en hauteur sur **Z**, il faut coder huit plans soit 64 cellules dans le tableau. C'est donc le nombre maximal de 17 caractères pour le texte dans un journal défilant qui impose la taille du tableau **Empreinte**.



La Fig.1 qui reprend en gris l'implantation d'un texte défilant montre en couleur verte et bleue les octets dédiés aux images planes et 3D.

avec précision toutes les pièces. Il importe de veiller à ce que les quatre arêtes supérieures soient parfaitement alignées pour former un plan sur lequel portera la plaque du dessus. Comme sur la Fig.2 s'aider éventuellement d'une pince.

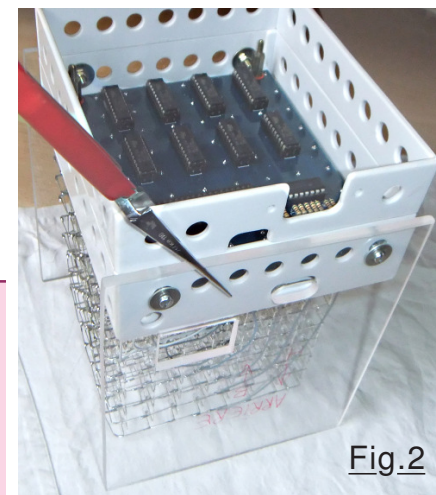
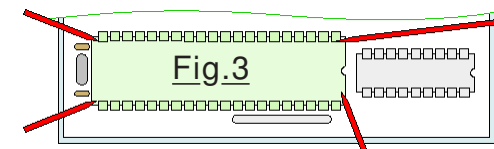


Fig.2

NOTE importante : Aucune liaison n'est symétrique, tous les éléments sont appariés. **Chaque élément** (Équerre, rondelle ...) **doit IMPÉRATIVEMENT être repéré et remplacé exactement au même endroit.** Donc, lors des manipulations de démontage **repérer systématiquement leur position et leur orientation.**

➤ Dépose du circuit imprimé.

- 1) Déposer la semelle. Prendre garde au fait que pour aligner parfaitement les quatre pieds, l'angle coté LEDs est pourvu de deux rondelles sous la plaque à l'intérieur.
- 2) Libérer le bouton de RESET et l'inverseur du bruitier. Démontez les quatre entretoises. Extraire délicatement la plaque qui supporte NANO Arduino en soulevant en premier l'arrière. Faire très attention à translater vers le haut pour dégager les deux entretoises situés à l'arrière sans forcer sur les deux LEDs.
- 3) Pour débrancher le connecteur DIL 40 broches du support il faut au préalable forcer sur ces quatre coins comme montré sur la Fig.3 en passant un outil dans les trous prévus à cet effet sur les plaques translucides. Dès que le circuit imprimé est déposé, commencer par retirer les rondelles des entretoises.



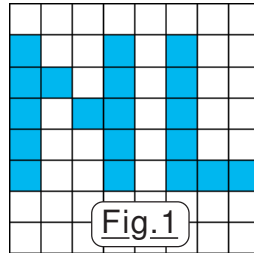
➤ Remontage de la semelle.

Réassembler le circuit imprimé et la semelle revient globalement à procéder dans l'ordre inverse à la liste des actions du chapitre précédent. Recaler "bien à plat" la semelle sur les entretoises.

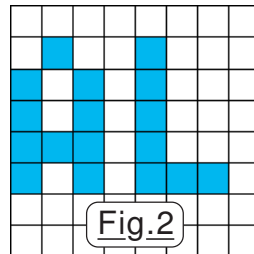
Les trois modes de visualisation.

NOTE : Pour les trois modes, le **B.P. gris court** correspond à la sortie du thème en cours et enchaîne dans l'ordre au suivant.

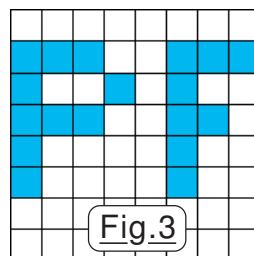
Mode Normal : Quand on clique sur le **B.P. Blanc long**, le programme passe à l'affichage par ordre croissant de l'intégralité des thèmes disponibles dans le programme avec recyclage au début quand ils ont tous été explorés. C'est le mode activé sur un RESET. Le programme confirme par un BIP d'un dixième de seconde, puis la face avant du cube affiche "**NL**" pour **N**ormal comme montré en Fig.1 donnée ci-contre. Pour sortir de ce mode il faut effectuer un **clik long gris** pour valider "Aléatoire" ou un **clik court blanc** pour activer "Préférences".



Mode Aléatoire : Quand on clique sur le **B.P. gris long**, le programme passe à un affichage dans un ordre totalement aléatoire des thèmes disponibles dans le programme. *(Bien que peu probable, il n'est pas exclus qu'un même thème soit validé deux fois de suite.)* Le programme confirme la prise en compte du B.P. par un BIP d'un dixième de seconde, puis la face avant du cube affiche "**AL**" pour **AL**éatoire comme montré sur la Fig.2 proposée ci-contre. Pour sortir de ce mode il faut effectuer un **clik long blanc** pour valider "Normal" ou un **clik court blanc** pour activer le mode "Préférences".



Mode Préférences : Quand on clique sur le **B.P. Blanc court**, le programme passe à l'affichage par ordre croissant des thèmes réunis pour effectuer une démonstration rapide. *(Avec recyclage éventuel au début.)* Le programme confirme par un BIP d'un dixième de seconde, puis la face avant du cube affiche "**PF**" pour **PréF**érences comme montré sur la Fig.3 proposée ci-contre. La seule façon de sortir de ce mode consiste à effectuer un clic long sur l'un des deux B.P. pour valider "Aléatoire" ou "Normal". Le **B.P. gris court** en standard fait passer au thème suivant. Le **B.P. blanc court** redéclenche ce mode, mais en poursuivant après le thème en cours.



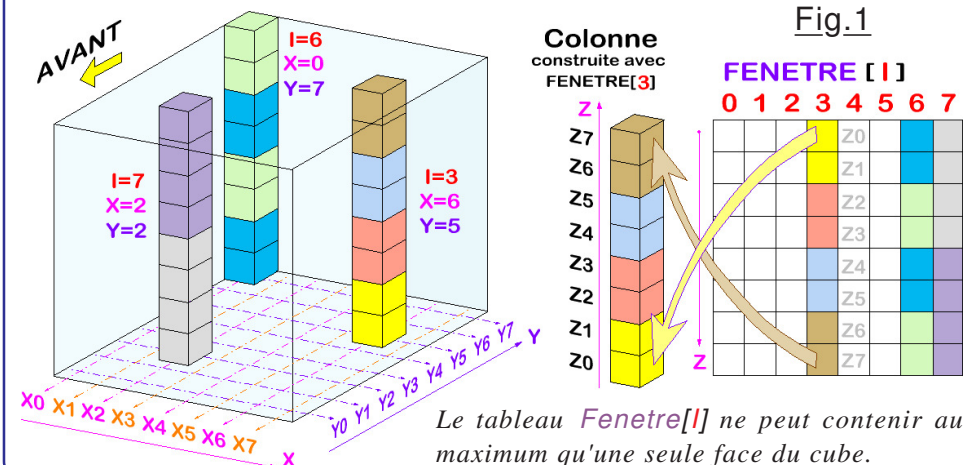
Quelques aspects logiciels.

Initialement, la gestion par PIXELs en coordonnées cartésiennes a été écartée car le multiplexage impliquant un balayage vertical semblait aboutir à une programmation trop délicate. C'est ainsi que les procédures ont été élaborées pour gérer des plans horizontaux et verticaux en orientation frontale et transversale. Puis l'écriture des procédures **Forcer_a_1_un_Pixel()**, **Allumer_un_Pixel()**, **Forcer_a_0_un_Pixel()** et **Eteindre_un_Pixel()** c'est avérée relativement facile à développer. Toutes ont été conservées car présentent des avantages soit pour la mobilité des éléments affichés, soit pour leur luminosité en mode balayage.

➤ Gestion des PIXELs par colonnes.

- **Transpose_une_colonne**(byte I, byte X, byte Y);
- **Affiche_une_colonne**(byte I, byte X, byte Y, int Duree);

Outre la gestion individuelle PIXEL par PIXEL, les deux procédures énoncées ci-dessus servent à gérer le volume par des Octets "étalés verticalement". La variable locale I définit l'indice de l'octet préservé dans le tableau **Fenetre[I]**, X et Y les coordonnées de la colonne. Enfin, la procédure qui affiche reçoit int Duree en paramètre et utilise **Afficher_CUBE_Entier(Duree)** pour allumer les LEDs. La première procédure permet d'initialiser rapidement des colonnes dans le cube 3D avant de déclencher un affichage effectif. La Fig.1 présentée ci-dessous explicite la "géométrie" de ces procédures. Noter que dans **Fenetre[I]** le sens pour Z va du haut vers le bas.



Ordre des PRÉFÉRENCES.

Dans cette liste, les thèmes qui sont repérés en bleu foncé correspondent à des journaux défilants. Les thèmes colorisés en bleu ciel sont relatifs à des dessins défilants de la droite vers la gauche à des "profondeurs" diverses. En marron on trouve les "doubles" pyramides.

Allume tout le cube en mode statique. (Éclairage maximal des LEDs.)

PGM_4 : Affiche un cube filaire avec diagonales.

Pyramide_Nord_Sud. (Forme d'un sablier.)

BONNE ANNEE 2020.

PGM_0 : Compte à rebours.

PGM_2 : Mouvement du bas vers le haut de "ALICE" et petit bruitage.

OISEAU_VOLE

Mouvement_de_HOULE

CQ_F6AAE affiché en lettres et accompagné de l'équivalent Morse.

AQUARIUM

Le serpent qui défile dans le volume.

PGM_8 : Affiche un cube entier avec pixels modifiés aléatoirement.

PGM_10 : Construire un cube vide et l'effacer de la gauche vers la droite.

Pyramide_Sud_Nord. (Diamant.)

PGM_11 : Affiche un cube filaire avec la croix centrale qui Clignote.

Le_petit_train

Croisillon_avec_effacement.

Fleche_périphérique_tournante.

Pyramide_Nord_Nord avec effacement rapide du bas vers le haut.

Bobine_Debobine_un_Cube_vide.

Construire un trièdre d'angle.

Pyramide_a_degres.

Rayons filaires construisant des diagonales et des plans filaires cartésiens.

Personne qui fait "au revoir" avec la main.

Ressort vertical d'une pyramide Nord_Nord.

Cœur devenant une Souris.

La pluie.

Trièdres doubles qui tournent par saccade.

Tricoter un cube en spirale.

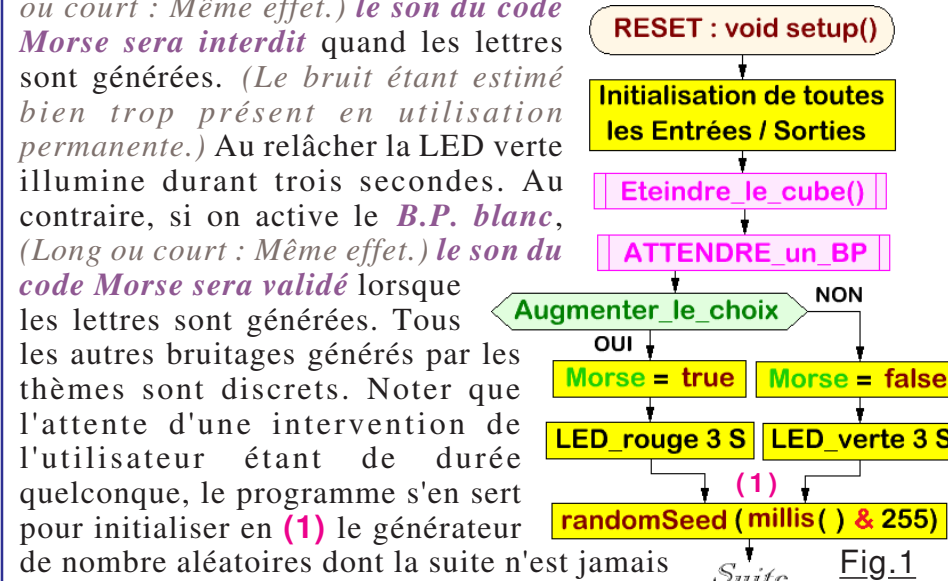
Le bocal de BUBULE.

Tir sur cible.

Vive NOEL. (La bougie qui se consume.)

Comportement du programme.

Lorsque l'on provoque manuellement un RESET avec le bouton poussoir, ou lors de la mise sous tension du cube 3D, le programme attend que l'on clique sur l'un des deux B.P. et le signale par un clignotement rapide de la LED verte incitant à cliquer sur l'un des deux boutons. Si à ce stade on clique sur le **B.P. gris**, (Long ou court : Même effet.) **le son du code Morse sera interdit** quand les lettres sont générées. (Le bruit étant estimé bien trop présent en utilisation permanente.) Au relâcher la LED verte illumine durant trois secondes. Au contraire, si on active le **B.P. blanc**, (Long ou court : Même effet.) **le son du code Morse sera validé** lorsque les lettres sont générées. Tous les autres bruitages générés par les thèmes sont discrets. Noter que l'attente d'une intervention de l'utilisateur étant de durée quelconque, le programme s'en sert pour initialiser en (1) le générateur de nombre aléatoires dont la suite n'est jamais identique. Dans la dernière instruction de la Fig.1



la fonction **millis** retourne sous forme d'un **unsigned long** la valeur du temps écoulé depuis le RESET exprimé en mS. Avec le **ET 255** on transforme cette valeur quelconque en une donnée de type **byte**. La procédure **randomSeed** impose au générateur de valeurs aléatoire de démarrer sa séquence à une valeur ainsi imposée arbitrairement.

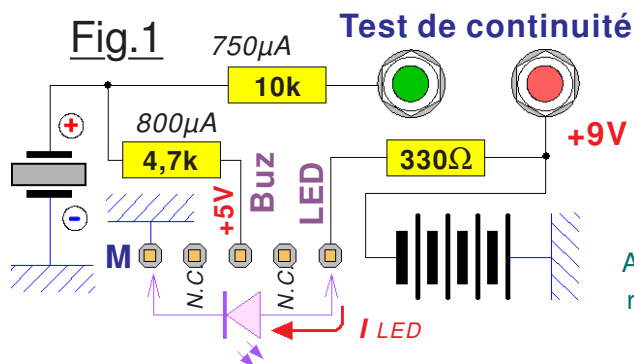
Changer le mode d'affichage est décrit de l'autre côté de cette fiche. Il y est précisé que quel que soit le mode en cours, le **B.P. gris court** provoque la sortie immédiate du thème en cours et invoque le suivant dans la liste. Toutefois un thème peut voir sa structure constituée de toutes les images planes subissant des mouvements spécifiques. Dans ce cas on saute toutes celles qui correspondent au style d'affichage jusqu'au prochain thème particulier qui entrecoupe la séquence de visualisations différentes. Par exemple la séquence de **PGM_1** qui présente les 40 "symétriques verticaux" en "direct" et affichage statique à des Y aléatoires est entrecoupée par **OISEAU_VOLE !**, **TAXI**, **BONJOUR LES AMIS** et **CQ_F6AAE**.

TESTEUR DE CONTINUITÉ ET DE LED.

Conceptuellement ce petit dispositif n'est pas spécialement dédié à l'utilisation d'Arduino puisqu'il sert fondamentalement à tester la continuité des lignes électriques au moyen d'un buzzer "actif". C'est avant tout un outil facilitant le câblage de faisceaux électriques. Mais son buzzer actif, consommant moins d'un milli ampère, est totalement compatible avec les sorties binaires d'Arduino et peut en constituer un périphérique. Il est moins gourmand en courant que celui utilisé dans la petite expérience décrite en page 6 du livret sur les applications par exemple. La Fig.1 en donne le schéma électronique. En tant que testeur de continuité il est totalement autonome avec son accumulateur rechargeable de 9Vcc,

mais il peut aussi fonctionner comme simple dispositif relié à l'une des sorties binaire de l'ATmega328.

Accumulateur 8,4Vcc rechargeable ou pile 9Vcc de type LR61



Les prises pour tester la continuité sont colorées pour repérer le sens du courant dans l'éventualité d'une manipulation sur un élément polarisé. La prise négative n'est pas bleue pour ne pas confondre avec la masse du montage qui n'est disponible que sur le picot du petit connecteur. La couleur verte précise bien la polarité sans pour autant induire l'idée d'une masse. Le test de continuité est sobre en

courant puisque sur un court circuit des deux prises le courant reste inférieur à un milli ampère. Si le dispositif doit servir d'élément sonore pour Arduino, l'entrée **Buz** sera reliée directement à l'une des sorties "digitales" **D0** à **D13** du microcontrôleur sans oublier de réunir les masses. La résistance de

| Couleur | I LED |
|---------------|-------|
| Rouge | 20 mA |
| Verte | 18 mA |
| Jaune | 19 mA |
| Blanche | 16 mA |
| Bleue | 16 mA |
| Court circuit | 24 mA |

Opérations de maintenance. 1/2

Déposer ou réintégrer la plaque avec le circuit complémentaire supportant Arduino impose une technique rigoureuse si l'on ne veut pas prendre le risque de tordre les deux LEDs utilisateur. Quand la semelle aura été enlevée, ne pas en mélanger les diverses rondelles d'appui qui présentent des diamètres différents.

- 1) La protection translucide reste en place servant à retourner le cube pour les opérations de maintenance. **Le placer sur une surface en tissu ou une mousse synthétique pour ne pas risquer de le rayer.**
- 2) Déposer la semelle en repérant la répartition des rondelles d'appui.
- 3) Enlever le cache **A** masquant la prise USB de la carte NANO.
- 4) Retirer la petite carte Arduino de son support HE14. *Ce n'est pas impératif car la lumière de la jupe en **A** est ouverte, mais en augmentant le dégagement les manipulations sont plus faciles.*
- 5) Enlever les entretoises qui immobilisent la plaque intermédiaire. *(Et ne pas oublier, avant extraction, de retirer les rondelles d'appui métallique situées sur le dessus qui tomberaient dans le cube.)*
- 6) Faire tourner l'ensemble à déposer avec délicatesse, en veillant à ne pas que les LEDs ne se tordent en butant en **B** sur le socle.
- 7) Ensemble posé contre le cube, extraire le connecteur DIL à 40 broches comme précisé en Fig.3 au verso de la fiche **Assemblage initial du cube et le placer immédiatement sur une protection.**
- 8) **Retirer les rondelles d'appui** pour le cas où il faudrait retourner le cube en vue de manipulations diverses.

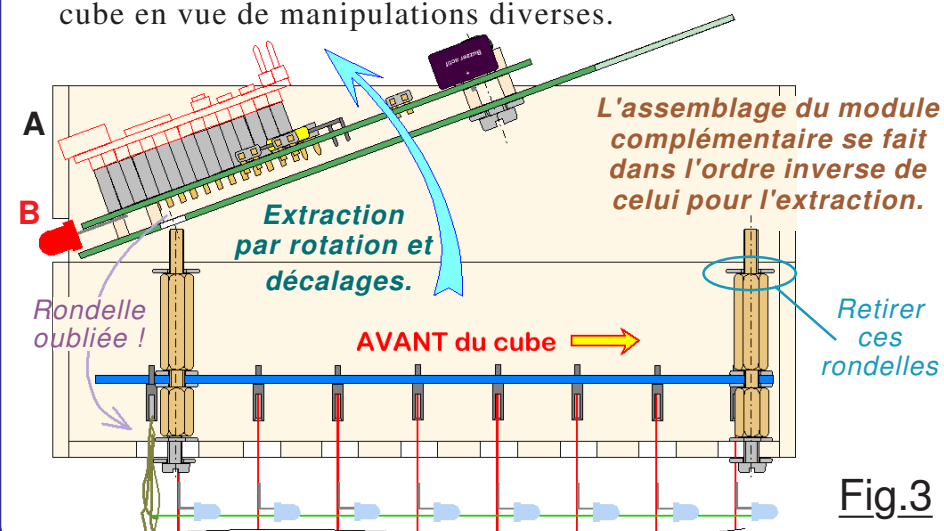


Fig.3

Opérations de maintenance. 2/2

Dans la mesure ou le clavier à deux boutons poussoir n'a pas été installé en façade, cliquer sur les touches situées à l'arrière n'est pas commode du tout lorsque l'on procède à des modifications de programme. Aussi, le petit connecteur HE14 à quatre broches soudé sur le circuit imprimé principal du KIT permet de le "déporter" sur le plan de travail par usage d'un petit module expérimental, la Fig.4 précisant les branchements à effectuer, le +5Vcc n'étant pas utilisé.

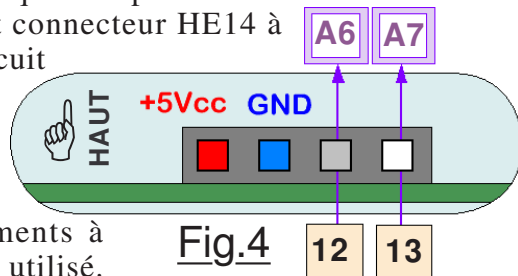
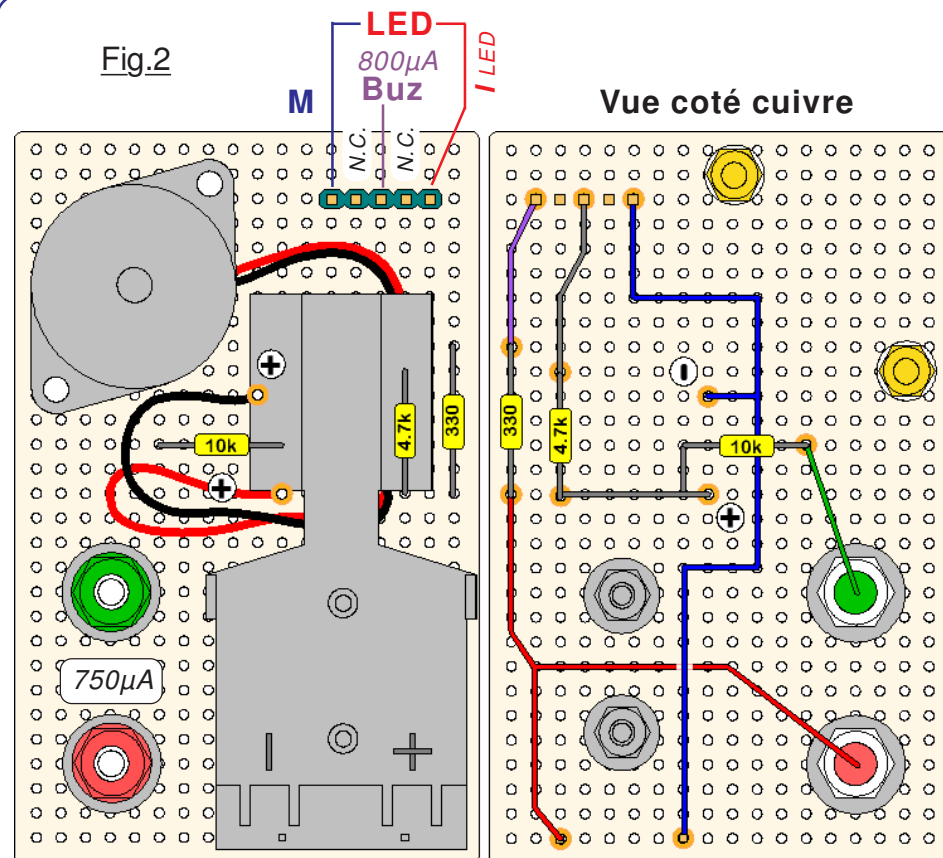


Fig.4

AFFECTATION DES ENTRÉES / SORTIES

| Broche | Utilisation |
|--------|--|
| D0 | Sortie Bit 0 sur les multiplexeurs. (RX) |
| D1 | Sortie Bit 1 sur les multiplexeurs. (TX) |
| D2 | Sortie Bit 2 sur les multiplexeurs. |
| D3 | Sortie Bit 3 sur les multiplexeurs. |
| D4 | Sortie Bit 4 sur les multiplexeurs. |
| D5 | Sortie Bit 5 sur les multiplexeurs. |
| D6 | Sortie Bit 6 sur les multiplexeurs. |
| D7 | Sortie Bit 7 sur les multiplexeurs. |
| D8 | Pilotage du multiplexeur 0. |
| D9 | Pilotage du multiplexeur 1. |
| D10 | Pilotage du multiplexeur 2. |
| D11 | Pilotage du multiplexeur 3. |
| D12 | Pilotage du multiplexeur 4. |
| D13 | Pilotage du multiplexeur 5. |
| A0 | Pilotage du multiplexeur 6. |
| A1 | Pilotage du multiplexeur 7. |
| A2 | Pilotage du multiplexeur vers le ULN2803. |
| A3 | Pilotage LED verte du clavier. |
| A4 | Pilotage LED rouge du clavier. |
| A5 | Pilotage du BUZZER. |
| A6 | Entrée analogique de lecture du B.P. Gris K2. |
| A7 | Entrée analogique de lecture du B.P. Blanc K1. |

Fig.2



limitation de courant est intégrée à ce petit montage, et le buzzer ne drainera que 800µA quand la sortie d'Arduino passera à "1".

Puisque autonome par son petit accumulateur de 9Vcc, ce dispositif permet facilement de tester une LED dans des conditions nominales qui généralement avoisinent les 20mA. Le courant traversant la diode électroluminescente sera fonction de sa couleur. Le petit tableau donné en recto indique l'ordre de grandeur des courants **I LED** mesurés sur quelques échantillons testés. Ce courant varie peu en fonction des composants mesurés. Si on désire vérifier un dispositif sous faible courant, (*Inférieur à 800µA*) rien ne s'oppose à le brancher sur les deux prises pour fiches bananes, en ayant soin de respecter une éventuelle polarité. La Fig.2 donnée ci-dessus montre le dessin du petit circuit imprimé qui supporte tous les composants, la pile de 9Vcc n'étant pas montrée dans son support.