

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

Un plateau diviseur est un plateau rotatif sur lequel on va fixer la pièce à usiner, pour travailler par exemple avec une perceuse ou une fraiseuse.



La rotation en est commandée par une vis sans fin, avec une graduation qui permet de mesurer les angles. Après un centrage correct par rapport à l'outil, on peut tracer des cercles, des arcs de cercles, ou diviser un cercle par une valeur choisie.

La table croisée sert de règle, le plateau diviseur sert de compas, et l'on connaît depuis les mathématiciens grecs les possibilités géométriques permises par l'association de la règle et du compas.

Les possibilités d'un plateau diviseur sont donc très nombreuses. Néanmoins, dans certaines applications, la précision de la mesure de l'angle par le simple vernier peut être insuffisante : par exemple, tailler une roue dentée de 127 dents nécessite un angle de 2,834645 degrés...

Avant l'apparition de l'électronique et de l'informatique grand public, il fallait recourir à des systèmes de plateaux perforés, avec alidade et pointeau, d'utilisation pas très simple...

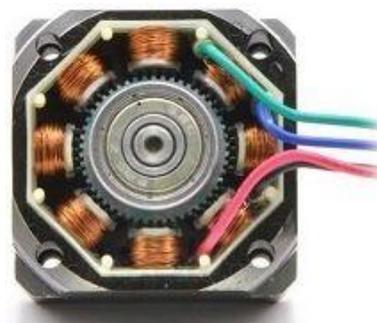
La numérisation, c'est à dire la commande par un moteur électrique de la vis sans fin du plateau diviseur, moteur lui-même piloté par informatique, a donc été envisagée par Vapeur 45 et fait l'objet de cette fiche technique.

### 1 - MONTAGE MECANIQUE

Quel que soit le système informatique, il faut de toute façon réaliser la liaison mécanique entre le moteur et la vis sans fin du plateau.

On utilise un moteur pas à pas : chaque impulsion électrique fait tourner le moteur d'une valeur angulaire constante. Ces moteurs permettent un positionnement précis, avec un couple élevé.

Pour en choisir les caractéristiques, nous avons d'abord mesu-



*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



- VAPEUR 45 -

FOLI0 1/13 - Décembre 2024

 Villeneuve d'Ascq  
Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

ré expérimentalement le couple nécessaire pour l'entraînement de la vis sans fin, avec une marge de manœuvre suffisante.

Nous avons retenu un moteur Nema23 de 100mm de longueur, 2 phases, 200 pas/tour, 3A, couple de 2,5 N.m.

Nous avons ensuite regardé si la démultiplication de la vis sans fin (pour nous 90) était suffisante, ou s'il fallait réaliser une démultiplication supplémentaire derrière notre moteur, pour permettre une précision satisfaisante.

La conclusion a été que l'entraînement direct était suffisant : en fonctionnant en demi-pas, on aboutit à 100 impulsions électriques par degré : on travaille donc à 0,01 degré; sur un cercle de 50 mm de diamètre, cela correspond à 0,436 centième de mm. Si on travaille en division du cercle, il n'y a par ailleurs pas d'erreur cumulative.

L'accouplement entre l'axe moteur et la vis sans fin est assuré par un joint Oldham.



Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**



- **VAPEUR 45** -

FOLI0 2/13 - Décembre 2024

 Villeneuve d'Ascq  
Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

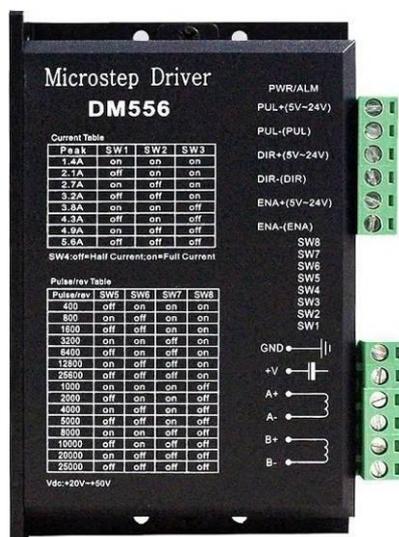
# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

### 2 - CHOIX DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES

La commande du moteur pas à pas est grandement facilitée par l'utilisation d'un stepper :



Cet appareil reçoit les instructions du microcontrôleur :

- **Pull** : impulsions de déplacement
- **Dir** : direction
- **Enable** : autorisation de marche (non utilisé dans notre cas)

Une série de microswitch permet de paramétrer :

- l'intensité du courant dans les deux bobinages du moteur
- le fonctionnement en micro pas
- le courant de maintien (à l'arrêt)

Nous avons choisi le DM556, qui peut accepter une alimentation jusque 50V, et peut délivrer un courant de sortie jusque 5,6A.

Pour le pilotage informatique, nous avons retenu une solution Arduino.

C'est une famille de cartes électroniques très simplifiées, comportant juste un microcontrôleur et des broches d'entrées-sorties, avec quelques composants pour l'alimentation et la programmation. Il y est placé un programme unique qui est exécuté automatiquement dès que le courant est établi. Il s'agit donc d'automates programmables.

L'intérêt de ces cartes est avant tout leur facilité de mise en œuvre. L'ensemble de l'environnement logiciel, open source, est facilement accessible et entièrement gratuit. Surtout, il existe une très importante communauté d'utilisateurs qui proposent, toujours gratuitement, de très nombreux programmes ou bibliothèques de programmes qui répondent aux besoins les plus variés.

Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45



- VAPEUR 45 -

FOLI0 3/13 - Décembre 2024

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>



# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

Pour revenir à la numérisation d'un plateau diviseur, on trouve sans difficulté sur internet de nombreux programmes assurant cette tâche, et que l'on peut assez facilement adapter à nos propres besoins.

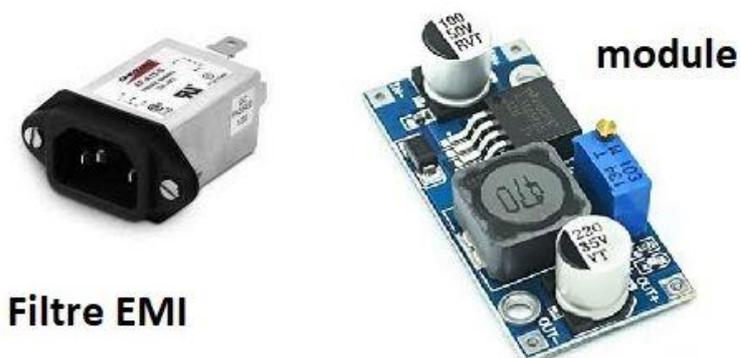
Une carte Arduino Uno, la plus simple, est largement suffisante pour contrôler le stepper et les autres composants. On peut, sans inconvénient, utiliser une autre carte de la même famille.



La carte Arduino est interfacée avec un clavier matriciel de 4x4 touches, et avec un écran LCD de 4 lignes de 20 caractères. Cet écran utilise une liaison série I2C, plutôt que parallèle, pour utiliser moins de broches.

L'alimentation est assurée par une petite alimentation à découpage fournissant 24V et 2,5A, qui alimente le stepper et donc le moteur.

Elle est précédée d'un filtre antiparasite, et elle est suivie par un petit module abaisseur de tension, pour sécuriser l'alimentation de la carte informatique.



Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**



- **VAPEUR 45** -

FOLI0 4/13 - Décembre 2024

 **Villeneuve d'Ascq**  
Une ville en mouvement

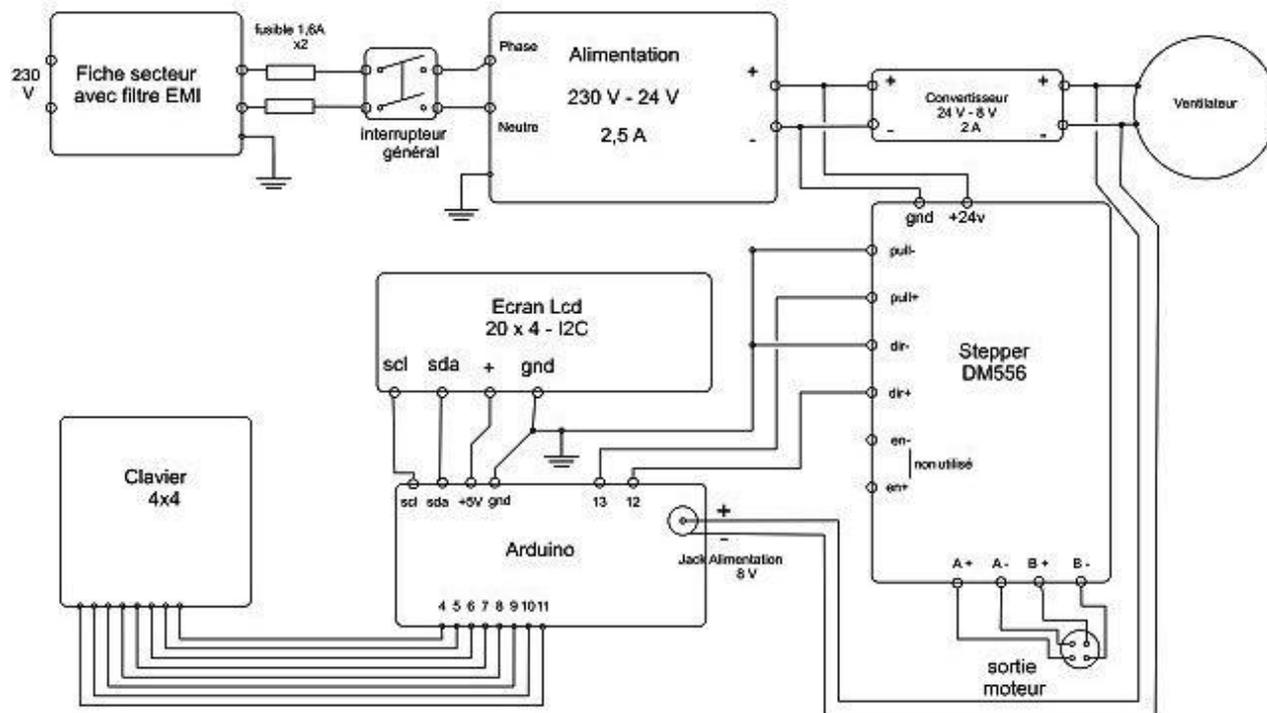
Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

Cette alimentation a le gros avantage d'avoir un excellent rendement, et donc de très peu chauffer. C'est purement par sécurité que nous avons placé un petit ventilateur pour brasser l'air à l'intérieur du boîtier



### 3 – LE LOGICIEL

Nous nous sommes inspirés d'un logiciel arduino trouvé sur un forum de discussion : Home Model Engine Machinist ([www.homemodelmachinist.com](http://www.homemodelmachinist.com)).

Ce « sketch » (c'est ainsi qu'on désigne les programmes Arduino) a été adapté, francisé et paramétré pour répondre à nos besoins et à notre matériel.

Voir en annexe 6 la version que nous utilisons actuellement.

### 4- MISE EN ROUTE

Le programme commence à charger 3 « bibliothèques », qui sont, en langage Arduino des programmes extérieurs destinés à gérer le matériel (l'écran et le clavier)

Ensuite il initialise les variables nécessaires là encore pour l'écran et le clavier, puis pour le reste du programme.

Il lance alors un bref message d'accueil, puis propose un choix entre les 3 fonctions du programme que nous avons retenues :

- entrer un angle en degrés : **A**

*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



- VAPEUR 45 -

FOLI0 5/13 – Décembre 2024



Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

- entrer une division d'un cercle : **B**
- simple ajustement de la position du plateau : **C**

### **A – ANGLE EN DEGRES**

Il faut entrer au clavier la valeur de l'angle, puis valider avec la touche **#**.

La touche **D** permet de corriger, si nécessaire.

On peut, si on le souhaite, entrer un nombre décimal, avec deux chiffres après la virgule (touche\*), ce qui permet donc de travailler à 0,01 degré.

Après validation, le programme demande le sens de rotation : A = Marche avant, B= Marche arrière. La touche C est une touche de réinitialisation.

L'écran indique « rotation » quand le mouvement se fait.

Le programme est conçu pour être bloqué tant que le mouvement n'est pas terminé. Aucune intervention n'est possible sur le programme. En cas d'urgence, il faut couper le courant par l'interrupteur général.

Quand le mouvement est terminé, on peut recommencer le même arc de cercle autant de fois que l'on souhaite, en choisissant la marche avant ou arrière.

Si on souhaite un autre angle ou bien changer de mode, il faut obligatoirement utiliser la touche C de réinitialisation qui relance le programme.

### **B – DIVISION DU CERCLE**

Il faut entrer le nombre souhaité : nombre de côtés d'un polygone, nombre de dents d'un engrenage.

Attention à rentrer une valeur, car l'absence de choix, ou le choix de 0 entraîne une division par 0, qui est impossible et qui bloque le programme. Solution : éteindre l'appareil.

### **C – DEPLACER**

Cette touche permet l'ajustement de la position du plateau, en utilisant des valeurs prédéterminées de 1, 10 ou 100 degrés.

Il faut bien reconnaître que cette fonction n'est pas indispensable, et que le même résultat peut être obtenu par la touche A.

### **5- PERSPECTIVES**

Le but de cette étude a été de répondre aux besoins de notre association, à savoir l'usinage, en particulier de machines à vapeur, et tout spécialement tailler nous-mêmes les roues dentées et les pignons.

C'est la raison pour laquelle notre boîtier de numérisation a été conçu le plus simple possible, en limitant volontairement les fonctions, afin de mettre la machine entre toutes les mains.

Sur les forums, on trouve de très nombreuses autres possibilités :

*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



**- VAPEUR 45 -**

FOLI0 6/13 – Décembre 2024



**Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>**

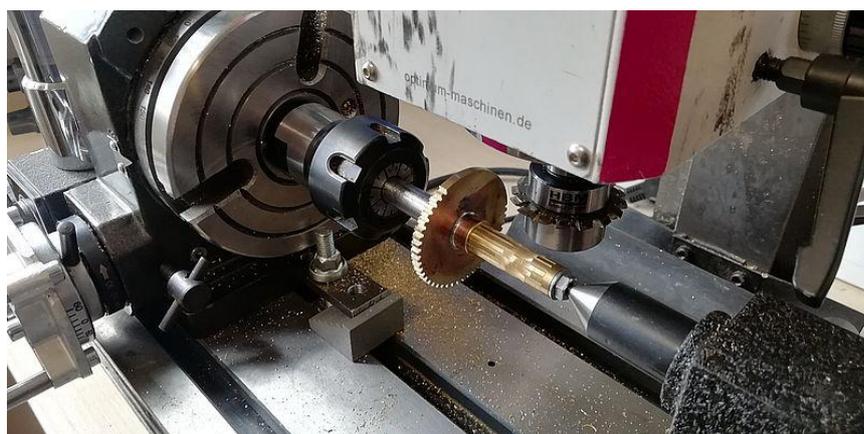
# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

- déplacement continu : pas retenu, car nous avons délibérément évité le recours aux interruptions du microcontrôleur, pour simplifier le programme et augmenter sa sécurité
- gestion du rattrapage de jeu : pas retenu, car le plus simple pour gérer le jeu est de tourner toujours dans le même sens.
- Gestion de l'accélération et de la décélération du moteur : pas retenu après essai : car notre système est conçu comme un positionneur, ne devant normalement pas subir directement des efforts d'usinage.
- Numérisation de plusieurs axes ou de plusieurs mouvements : nous n'en sommes pas encore à ce stade.

Nos premiers essais d'usinage de roues dentées ont été tout à fait satisfaisants, et il nous semble que cet appareillage répond au cahier des charges que nous nous étions fixés.



Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**



- **VAPEUR 45** -

FOLI0 7/13 - Décembre 2024

 **Villeneuve d'Ascq**  
Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

### 6- ANNEXE

```
/*
Pour clavier matriciel 4x4 et ecran lcd 20 x 4 - I2c
Stepper DM556 - courant 1,4A - 1/2 pas - Moteur Nema 23 200 pas par tour.
*/

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Keypad.h>

const byte LIGNES = 4;
const byte COLONNES = 4;
char keys[LIGNES][COLONNES] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'.','0','#','D'}
};

byte brochesL[LIGNES] = {11,10,9,8};
byte brochesC[COLONNES] = {7,6,5,4};

Keypad kpd = Keypad(makeKeymap(keys),brochesL,brochesC, LIGNES, COLONNES);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // parametres LCD

//setup vars
const int stp = 12; // broche 12 pour les pas
const int dir = 13; // broche 13 pour la direction
const int StepsPerRotation = 200; // nombre de pas pour un tour de moteur donc
400 1/2 pas
const int TableRatio = 90; // demultiplication totale moteur plateau
const int Multiplier = 100; // (StepsPerRotation * TableRatio)/360 - (x2 pour
reglage 1/2 pas)
const int stepdelay = 1; //vitesse du moteur
float Degrees = 0; // Degres calcules
float ToMove = 0; // Pas a faire = degrades calcules x Multiplier
float bob = 0; //position du plateau diviseur affichee sur l'ecran
int cho = 0; //resultat du choix au clavier

void setup()
{
  lcd.init(); // initialisation ecran
  pinMode(stp, OUTPUT);
  pinMode(dir, OUTPUT);

  // imprimer message d'accueil sur l'ecran
  lcd.backlight();
  lcd.print("Controle Rotation");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Plateau Diviseur");
  lcd.setCursor(4,3);lcd.print("Vapeur 45");
}
```

Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**



**- VAPEUR 45 -**

FOLIO 8/13 - Décembre 2024

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>



# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

```
delay(2000);
lcd.init();
cho = 0;
char key = kpd.getKey();
lcd.print("Choisir:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Degres = A");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Divisions = B");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Deplacer = C");
while(cho == 0)
{
key = kpd.getKey();
switch (key)
{
case NO_KEY:
break;
case 'A':
Degrees=getdegrees();
lcd.clear();
cho = 1;
break;
case 'B':
Degrees=getdivisions();
cho=2;
break;
case 'C':
Degrees=getjog();
lcd.clear();
cho=3;
break;
} // fin case
} // fin while cho=0
} // fin setup

void loop() // BOUCLE PRINCIPALE
{
lcd.clear();
char key = kpd.getKey();
bob = 0;
lcd.setCursor(7,0);lcd.print("Total: ");lcd.print(bob,2); // total steps
lcd.setCursor(0,3);lcd.print("AV=A ARR=B STOP=C");
while(key != 'C') // C est un reset et ne peut pas stopper le mouvement
{
lcd.setCursor(0,0);lcd.print(abs(Degrees),2);lcd.print((char)223);
key = kpd.getKey();
if(key == 'A') // Marche Avant
{
bob = bob + Degrees;
ToMove = (Degrees*Multiplieur);
digitalWrite(dir, LOW); //marche avant
printadvance();
}
}
```

Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**



**- VAPEUR 45 -**

FOLI0 9/13 - Décembre 2024



Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

```
if(key=='B') // Marche arriere
{
bob = bob - Degrees;
ToMove = (Degrees*Multiplier);
digitalWrite(dir, HIGH); // marche arriere
printadvance();
}
} // end while not C loop
lcd.init();
setup();
} // end main VOID

float getjog()
{
float Degrees = 0;
float num = 0.00;
char key = kpd.getKey();
lcd.clear();
lcd.setCursor(6,0);lcd.print("Deplacer");
lcd.setCursor(0,1);lcd.print("A=1 B=10 C=100 Steps");
lcd.setCursor(0,2);lcd.print("Entrer De-
gres:");lcd.setCursor(0,3);lcd.print("OK = #
");lcd.print((char)60);lcd.print((char)45);lcd.print(" D");

while(key != '#')
{
switch (key)
{
case NO_KEY:
break;
case 'A':
Degrees = 1;
lcd.setCursor(14,2);lcd.print(Degrees);
break;
case 'B':
Degrees = 10;
lcd.setCursor(14,2);lcd.print(Degrees);
break;
case 'C':
Degrees = 100;
lcd.setCursor(14,2);lcd.print(Degrees);
break;
case 'D':
num=0.00;
lcd.setCursor(14,2);lcd.print(" ");
lcd.setCursor(14,2);
break;
}
key = kpd.getKey();
}
return Degrees;
}

float getdivisions()
```

*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



**- VAPEUR 45 -**

FOLIO 10/13 - Décembre 2024



Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

```
{
float Degrees = 0;
float num = 0.00;
char key = kpd.getKey();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);lcd.print("Entrer Divi-
sion:");lcd.setCursor(0,3);lcd.print("OK = #
");lcd.print((char)60);lcd.print((char)45);lcd.print(" D");
lcd.setCursor(16,1);

while(key != '#')
{
switch (key)
{
case NO_KEY:
break;

case '0': case '1': case '2': case '3': case '4':
case '5': case '6': case '7': case '8': case '9':
num = num * 10 + (key - '0');
lcd.print(key);
break;

case 'D':
num=0.00;
lcd.setCursor(16,1);lcd.print(" ");
lcd.setCursor(16,1);
break;
}
Degrees = 360/num; // attention : division par zero si rien n'est sélectionné
: resultat infini
key = kpd.getKey();
}
return Degrees; //num;
}

float getdegrees()
{
//int key = 0;
float num = 0.00;
float decimal = 0.00;
float decnum = 0.00;
int counter = 0;
lcd.clear();
//lcd.init();
char key = kpd.getKey();
lcd.setCursor(0,1);lcd.print("Entrer De-
gres:");lcd.setCursor(0,3);lcd.print("OK = #
");lcd.print((char)60);lcd.print((char)45);lcd.print(" D");
lcd.setCursor(15,1);
bool decOffset = false;

while(key != '#')
{
```

*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



**- VAPEUR 45 -**

FOLIO 11/13 - Décembre 2024



Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

```
switch (key)
{
case NO_KEY:
break;

case '.':
if(!decOffset)
{
decOffset = true;
}
lcd.print(key);
break;

case 'D':
num=0.00;
lcd.setCursor(15,1);lcd.print("    ");
lcd.setCursor(15,1);
break;

case '0': case '1': case '2': case '3': case '4':
case '5': case '6': case '7': case '8': case '9':
if(!decOffset)
{
num = num * 10 + (key - '0');
lcd.print(key);
}
else if((decOffset) && (counter <= 1))
{
num = num * 10 + (key - '0');
lcd.print(key);
counter++;
}
break;
} //end case
decnum = num / pow(10, counter);
key = kpd.getKey();
} //end while not #
return decnum;
} // end getdegrees

void printadvance() // affichage du mouvement
{
lcd.setCursor(6,1);lcd.print("Rotation");
lcd.setCursor(4,2);lcd.print("Steps ");lcd.print(ToMove,0);
lcd.setCursor(13,0);lcd.print(bob,2);
rotation(ToMove);
lcd.setCursor(6,1);lcd.print("    ");
}

void rotation(float tm) // i maximum 65536 : angle de 655,36 degré : angle
maximum en une seule fois
{
for(unsigned int i = 0; i < tm; i++)
{
```

*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



**- VAPEUR 45 -**

FOLIO 12/13 - Décembre 2024



Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE

## NUMERISATION PLATEAU DIVISEUR

FPe38

```
digitalWrite(stp, HIGH);  
delay(stepdelay);  
digitalWrite(stp, LOW);  
delay(stepdelay);  
}  
}  
void software_Reset() // Reinitialise le programme sans modifier les registres  
de depart et redemarre  
{  
asm volatile (" jmp 0");  
}
```

HG - 12-12-2024

*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



**- VAPEUR 45 -**

FOLI0 13/13 - Décembre 2024

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

 Villeneuve d'Ascq  
Une ville en mouvement