



# Cahier des charges informatique



- PC standard de bas de gamme (486)
- Interface utilisateur souple et intuitive
- Solution utilisable par un modéliste non informatitien
- Système d'exploitation standard
  - Windows95
  - Linux

# Sommaire (1)

## Bases et pas à pas



- Avance des moteurs PaPs
  - vitesse et résolution
  - limitations de Windows95
  - la solution timer externe/driver
- Calcul d'une droite entre deux points
- Contrôle de la vitesse des PaPs
- Fusion des mouvements des axes G et D

# Sommaire (2)

## Mouvement des axes



- Trajectoires axes
- Contrôle de débordement
- Rattrapage des erreurs de précision

# Sommaire (3)

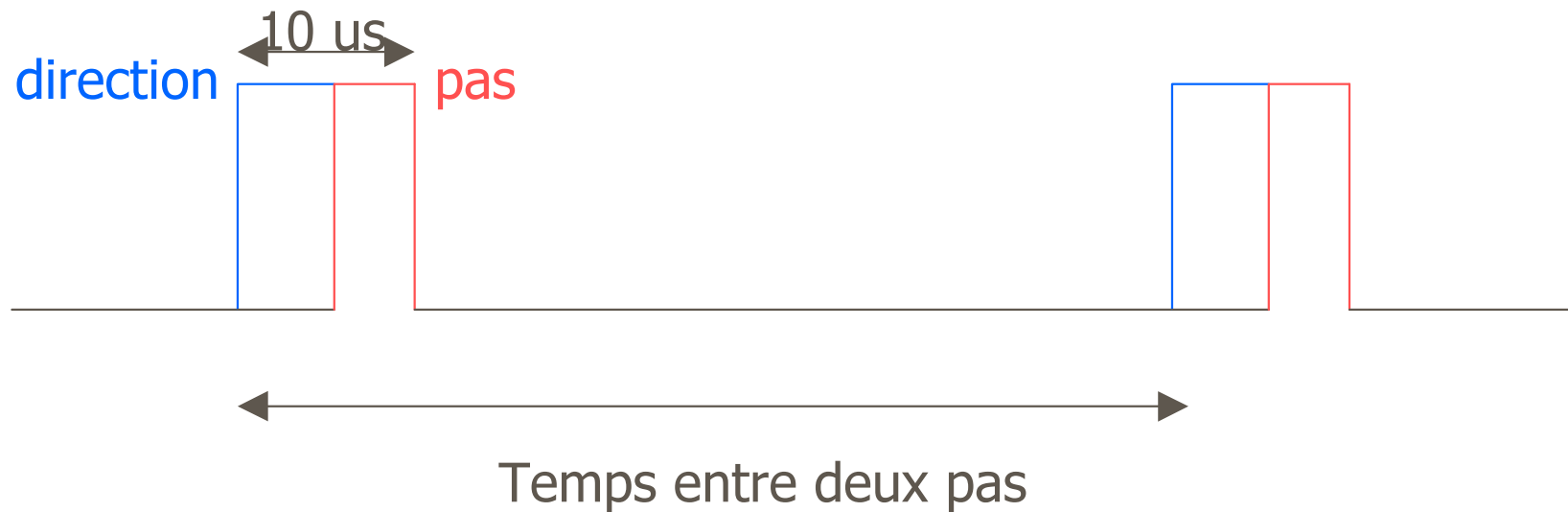
## Trajectoires de découpe



- Découpe d'un profil à vitesse constante
- Calcul de points intermédiaires
  - droites/splines
- Calcul du profil à découper
- Compensation du rayonnement

# Avance des moteurs PaPs

- Mouvement saccadé, pas par pas



# Vitesse et résolution

- Temps entre deux pas minimum de 4 ms
- Moteurs de 48 pas, vis de 1mm  $V_{\max} = 5.2$  mm/s
- $V_{\text{découpe}} = 2$  mm/s  $\Rightarrow T = 10$  ms
- $V_{\text{découpe}} = 3$  mm/s  $\Rightarrow T = 7$  ms
  
- Précision  $10^{\text{ème}}$  pour synchroniser les différents moteurs
- $0.5$  ms < résolution < 1 ms

# Limitations de Windows95



- Système presque multi-processus
- Timer avec une précision de 1 ms
- Pas de garantie de respect des contraintes de temps
  - autre processus
    - | utilisateur
    - | système
  - mouvements de la souris

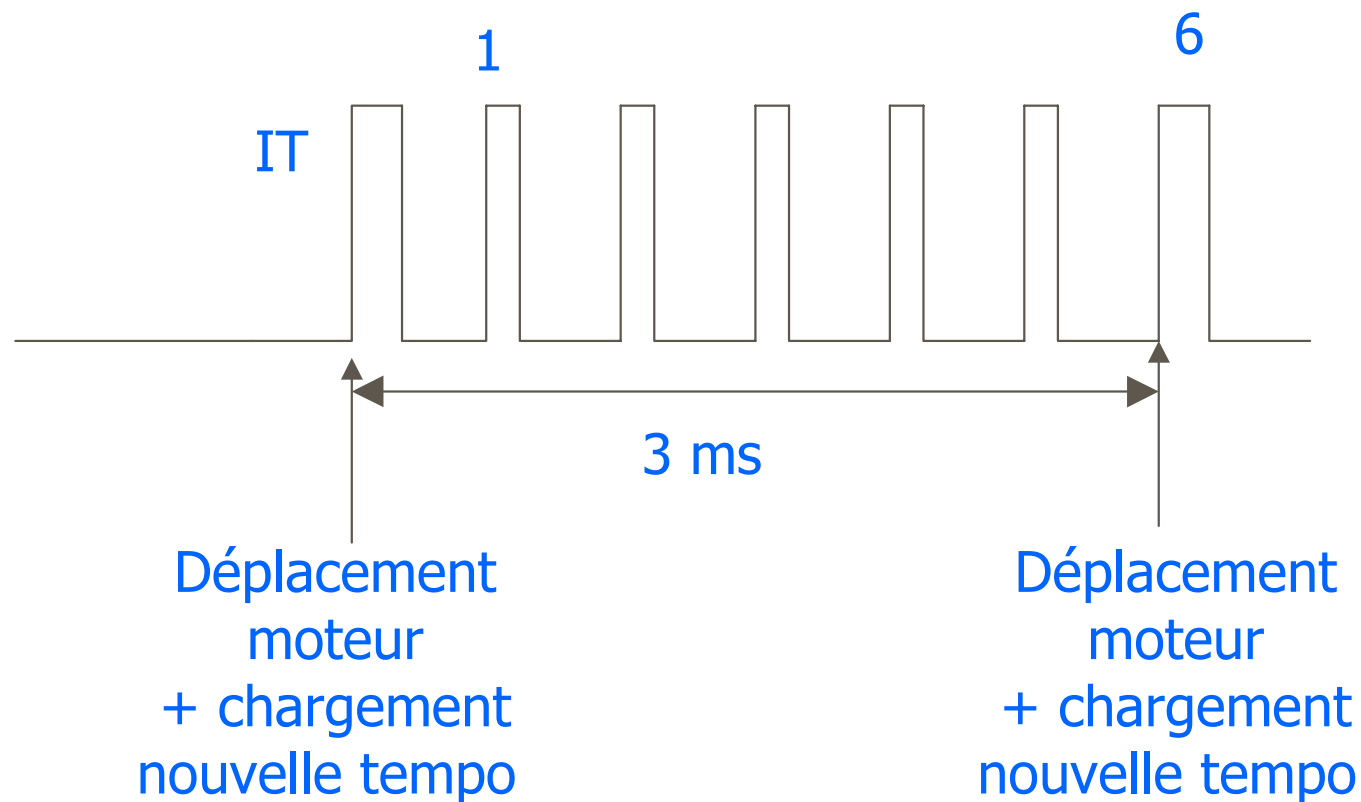
# Timer externe



- Référence de temps indépendante de la charge du processeur
- Prise en compte instantanée
  - interruption timer externe
  - déplacements/tempos moteurs pré-calculés
- Buffer mémoire
  - séquence de N tempos codées en multiples de la base de temps du timer
  - pour chaque tempo: déplacement+direction

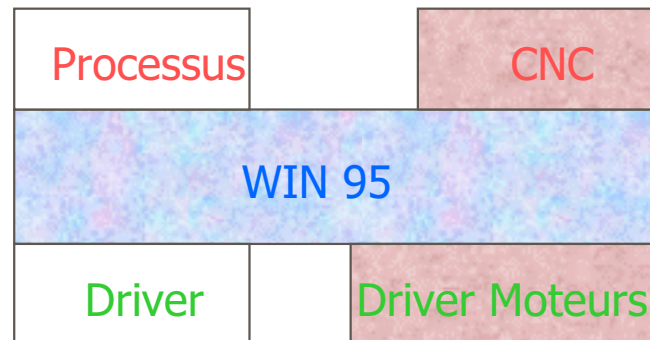
# Chronogramme

## ■ Déplacement au bout de 3 ms



# Driver

- Pas d'accès direct au matériel pour un processus utilisateur



- Gestion/comptage des interruptions
- Pointeur sur la temporisation courante
- Signalisation de la fin de buffer (fin E/S)

# Synopsis d 'une découpe

```
For (suite de points XG,YG,XD,YD)
```

```
{
```

```
    buffer = calculer droite (X,Y);
```

```
    ajouter_liste_buffer (buffer);
```

```
}
```

```
For (liste_buffer)
```

```
{
```

```
    lancer E/S (buffer);
```

```
    attendre fin_E/S;
```

```
}
```

# Calcul d'une droite - 1

## ■ Nombre de pas en X et en Y

$$Dpx = PasVis / Ntour;$$

$$pasX = depX / DpX;$$

$$pasY = depY / DpY;$$

## ■ Temps de découpe à vitesse constante

$$Tdec = rac(depX*depX + depY*depY) / VITdec;$$

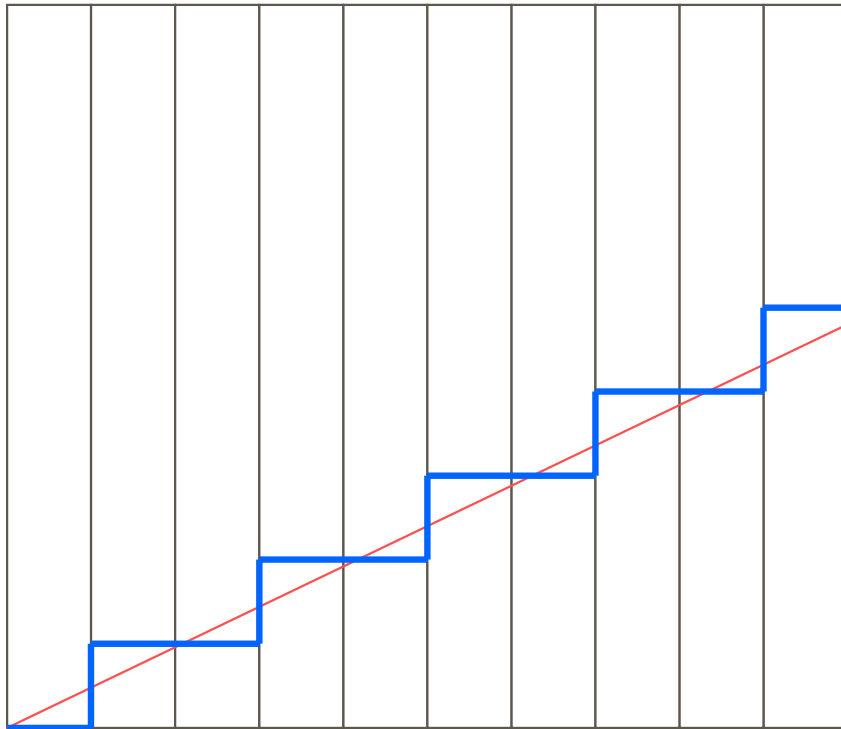
## ■ Temps entre deux pas

### ■ pasX > pasY

$$TX = Tdec / (pasX - pasY + (pasY * 1.414));$$

$$TXY = TX * 1.414$$

# Calcul d'une droite - 2



```
for (i=0; i<pasX; i++)  
{  
    Yréel = depY/depX * i * DpX;  
    Ymoteur = j * DpY;  
  
    if (Yréel > Ymoteur)  
    {  
        met_buffer(X, Y, TXY);  
        j++;  
    }  
    else  
        met_buffer(X,0, TX);  
}
```

# Rattrapage du temps

## ■ Problème

TX et TXY sont des nombres réels non multiples de la base de temps du timer

## ■ Rattrapage de temps dans « met\_buffer »

$$\text{TempsMoteur} = \text{int} ((\text{TX} + \text{RattrapageTemps}) / \text{Timer});$$
$$\text{RattrapageTemps} = \text{TX} + \text{RattrapageTemps} - \text{TempsMoteur} * \text{Timer};$$

# Contrôle de la vitesse des PaPs

## ■ pasX > pasY

- $T_X \geq V_{\max X}$

- $T_{XY} \geq V_{\max Y}$  (déplacement en Y + X)

## ■ pasY > pasX

- $T_Y \geq V_{\max Y}$

- $T_{XY} \geq V_{\max X}$  (déplacement en Y + X)

# Fusion des mouvements des deux axes



10, XG

7, XG, YG

10, XG

13, XD, YD

13, XD, YD

13, XD, YD

10, XG

3, XD, YD

4, XG, YG

9, XD, YD

1, XG

3, XD, YD

# Sommaire (2)

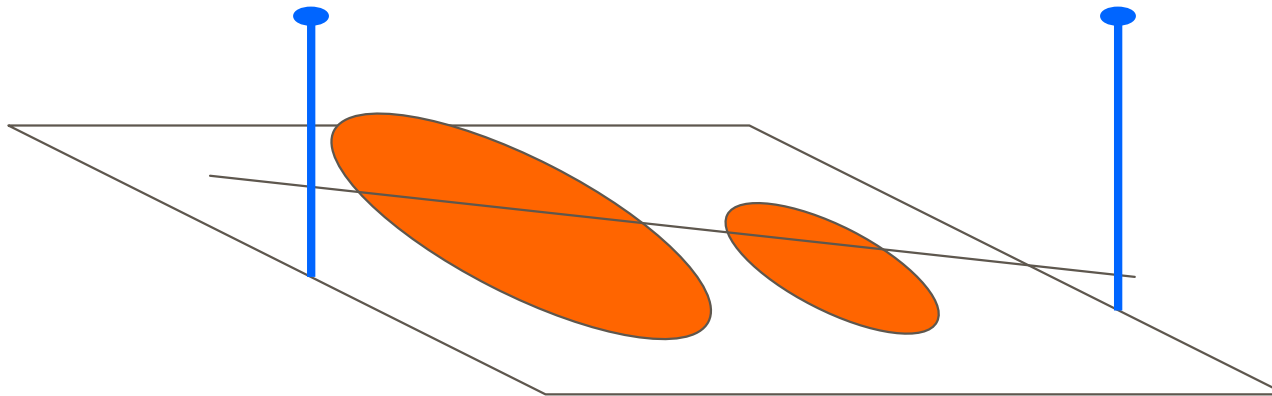
## Mouvement des axes



- Trajectoires axes
- Contrôle de débordement
- Rattrapage des erreurs de précision

# Trajectoires axes

- La trajectoire des axes n'est pas égale aux coordonnées du profil à découper



- Intersection de la droite passant par les coordonnées saumon/emplanture avec les plans des axes G et D

# Contrôle de débordement



## ■ Axes X

■ Course X - Pos0 > PosAxe X > -Pos0

## ■ Axes Y

■ Course Y > PosAxe Y > 0

# Rattrapage des erreurs de précision

## ■ Problème

- position des axes sont des nombres réels non multiples de DpX et DpY
- erreur  $\leq$  DpX par droite
- 200 pts \* 1/48 mm  $\Rightarrow$  4 mm (1 mm)

DepRéal = Dep + ErreurPos;

ErreurPos = DepRéal - NombrePas \* DpX;

# Sommaire (3)

## Trajectoires de découpe



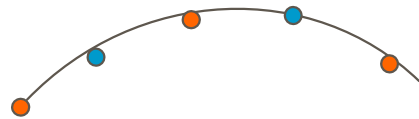
- Découpe d'un profil à vitesse constante
- Calcul de points intermédiaires
  - droites/splines
- Calcul du profil à découper
- Compensation du rayonnement

# Découpe d'une aile à vitesse constante

- La vitesse de découpe est constante sur la trajectoire d'implanture
  - $V_{\text{saumon}} = V * (D_{\text{saumon}}/D_{\text{emplanture}})$
- Position relative à l'implanture = Position relative au saumon
- Normalisation des profils
  - calcul de points intermédiaires

# Calcul de points intermédiaires

- Création d'un point tous les 0.7 mm
- Droites
- Splines



# Normalisation des profils E/S

For (tout point de l'implanture)

{

calculer posX relative;

trouver la droite contenant le point équivalent au saumon;

calculer la position en Y par intersection sur la droite;

}

# Calcul du profil à découper



- Calcul des points intermédiaires
- Calcul de la peau
  - perpendiculaire à la trajectoire
- Normalisation E/S
- Vrillage
  - rotation par rapport au BA

# Compensation du rayonnement

- Base de données des matériaux
  - vitesse de découpe « idéale »
  - rayonnement à  $V$ ,  $V/2$
- Trajectoire du profil
  - Ajout de  $R(v)/2$  perpendiculaire extérieur
- Hauteur de base (découpe intermédiaire)
  - Ajout de  $2 * R(v)/2$  en vertical

# Extensions futures



- Découpes au bord d'attaque
- Gestion de la chauffe
- Interruption de la découpe
- Longérons

# Quelques chiffres



- Programme en C++ et 30 lignes d'assembleur
- 22 classes C++
- 10500 lignes de C++
- Binaire de 700 Ko

