

## Optimisation économique

### Critère économique pour l'optimisation des paramètres de coupe

Le site **www. caravelcut . com**

Vous accompagne pas à pas à optimiser  
votre usinage du point de vue  
économique, à travers le service:

Leonello Zaquini

Fondateur de CaravelCut



J'ai une machine qui coûte: 78 CHF /h

J'ai une opération à faire qui prend: 1,5 min

Coût machine/opération:

$$Cma_{op} = \frac{78}{60} * 1.5 = 1.95CHF$$

J'ai un outil qui coûte: 50 CHF

L'outil me fait: 1000 opérations

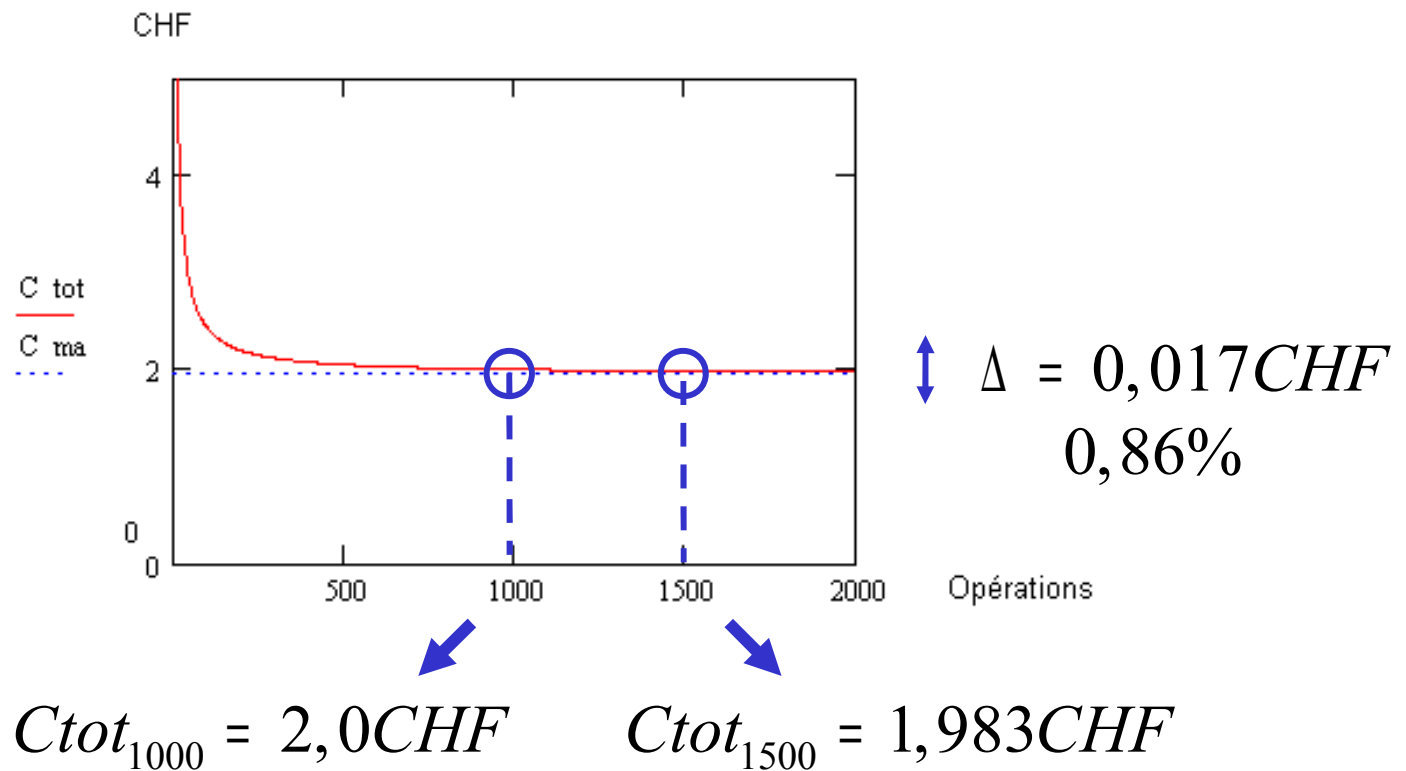
Coût outil/opération:

$$Cou_{op} = \frac{50}{1000} = 0.05CHF$$

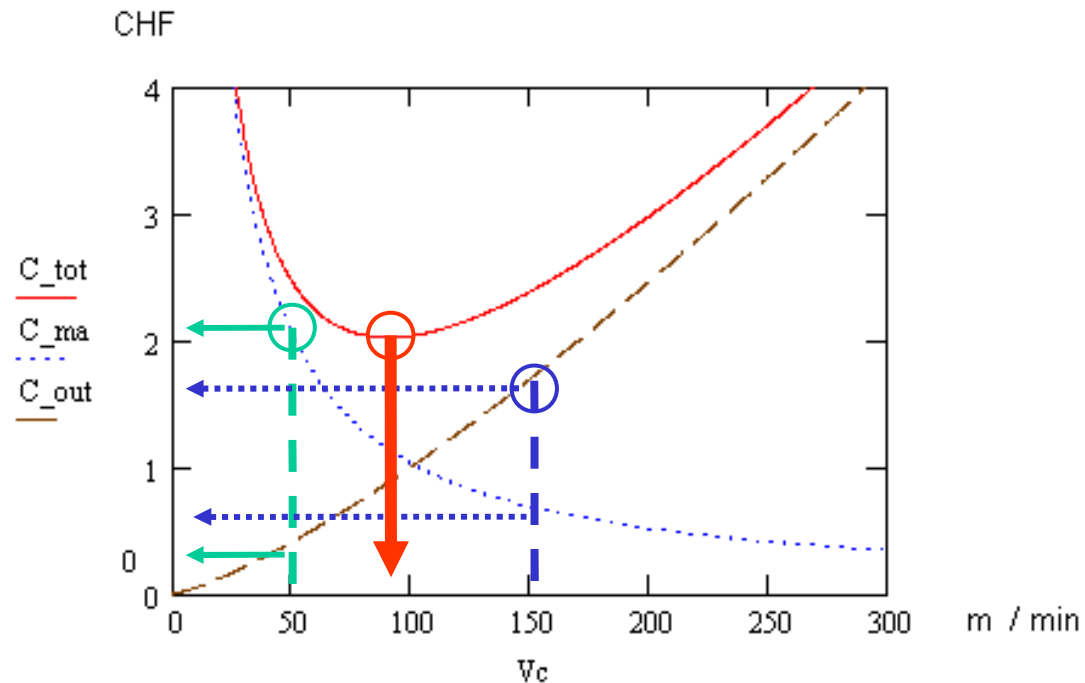
Coût total par opération:

$$Ctot_{op} = Cma_{op} + Cou_{op} = 2,0CHF$$

## Y a-t-il un vrai intérêt à augmenter la durée de vie de l'outil?



Il y a un intérêt économique à utiliser soit les  
« ressources machines » soit les  
« ressources outil »



$$V_{C_{opt}} = 95$$

# Le calcul du coût par opération

## Machine

$Tx_{hor}$  = taux horaire de la machine (CHF/h)

$T$  = temps d'exécution de l'opération (s)

$C_{ma}$  = Coût de la machine par opération

$$C_{ma} = \frac{Tx_{hor}}{3600} * T$$

## Outil

$Px_{out}$  = prix outil (CHF)

$T_{ar}$  = temps d'arrêt pour le changement outil (s)

$N_{op}$  = Durée de vie de l'outil (Nb d'opérations)

$C_{out}$  = Coût de l'outil par opération

$$C_{out} = (Px_{out} + T_{ar} * \frac{Tx_{hor}}{3600}) \frac{1}{N_{op}}$$

$$C_{tot} = C_{ma} + C_{out} = \frac{Tx_{hor}}{3600} * T + (Px_{out} + T_{ar} * \frac{Tx_{hor}}{3600}) \frac{1}{N_{op}}$$

## Recherche de l'optimum

### Machine

$Tx_{hor}$  = taux horaire de la machine (CHF/h)

$T$  = temps d'exécution de l'opération (s)

$$T = f(V_c, f_z, \dots)$$

### Outil

$Px_{out}$  = prix outil (CHF)

$T_{ar}$  = temps d'arrêt pour le changement outil (s)

$N_{op}$  = Durée de vie de l'outil (Nb d'opérations)

$$N_{op} = g(V_c, f_z, \dots)$$

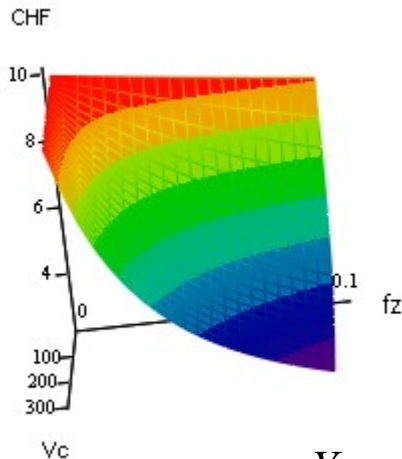
Certaines valeurs sont fonction des paramètres de coupe. Le coût total est fonction de ces paramètres de coupe.

$$C_{tot}(V_c, f_z) = \frac{Tx_{hor}}{3600} * T(V_c, f_z) + (Px_{out} + T_{ar} * \frac{Tx_{hor}}{3600}) \frac{1}{N_{op}(V_c, f_z)}$$

# Recherche des fonctions $T = f (V_c, f_z, \dots)$ , $N_{op} = g (V_c, f_z, \dots)$

Temps d'exécution:  $T = f (V_c, f_z, \dots)$

Considérations géométriques et physiques.



Nombre d'opérations:  $N_{op} = g (V_c, f_z, \dots)$

a) Prévisions analytiques

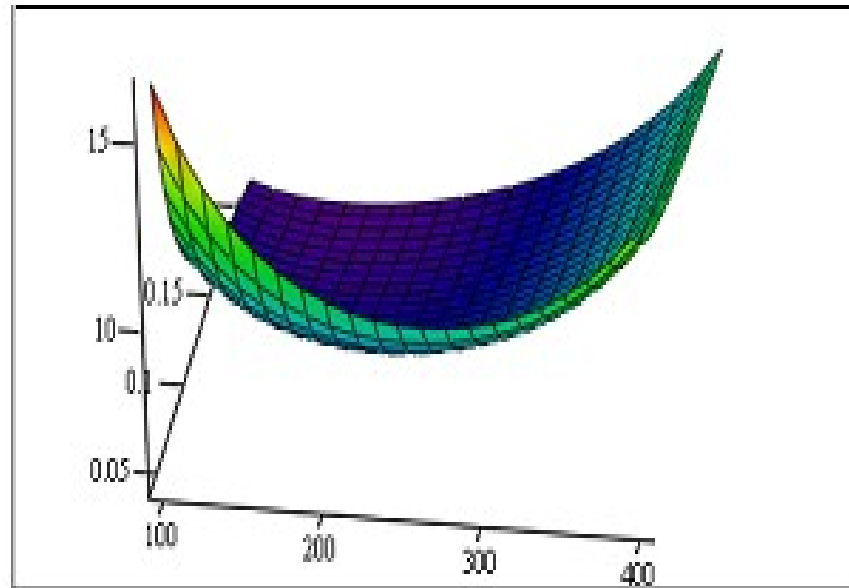
( $t$  = durée de vie de l'outil, en temps d'usinage).

$$t = c_1 V_c^\alpha f_z^\beta$$

b) Régressions, sur la base de mesures empiriques (Plans d'expériences)

$$Y \cong a_0 + a_1 A + a_2 B + a_3 C + \dots + b_1 AB + b_2 AC + b_3 AD + \dots$$

Si les paramètres de coupe à optimiser sont 2 (ou plus), la recherche de l'optimum se base sur la recherche sur une « surface » à 3 dimensions (ou plus).

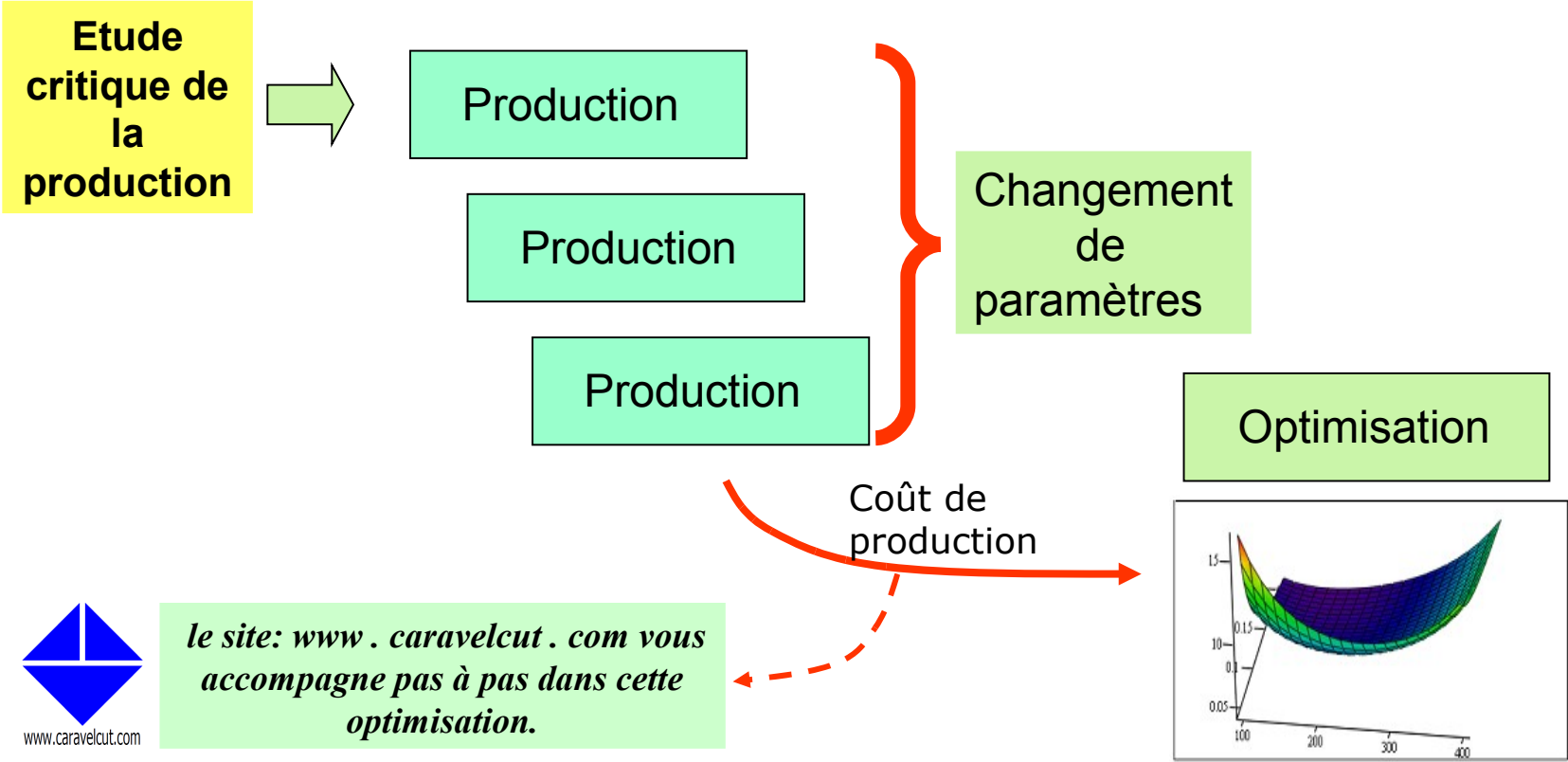


*Le site [www.caravelcut.com](http://www.caravelcut.com) met à disposition un logiciel qui permet de conduire cette optimisation*





Déroulement du procédé d'optimisation:  
Recherche de l'optimum économique



## Un exemple réel

### Etape 1 - Saisissez les informations économiques :

Saisissez l'unité monétaire désirée pour évaluer les coûts:

|   |                                  |             |
|---|----------------------------------|-------------|
| Coût horaire de la machine (inclus les salaires, l'entretien, et les frais généraux): | <input type="text" value="135"/> | CHF         |
| Prix d'achat de l'outil:  | <input type="text" value="10"/>  | CHF         |
| Coût du réaffûtage:   | <input type="text" value="0"/>   | CHF         |
| Nombre de réaffûtages de l'outil:   | <input type="text" value="0"/>   | réaffûtages |
| Temps de changement de l'outil:   | <input type="text" value="10"/>  | secondes    |

### Etape 2 - Saisissez les informations sur l'opération à optimiser:

|   |                                  |         |
|---|----------------------------------|---------|
| Durée de l'opération  | <input type="text" value="2.2"/> | minutes |
| Nombre total d'opérations que l'outil arrive à réaliser, y compris après réaffutage | <input type="text" value="6"/>   | N° op.  |

## Un exemple réel

### Etape 3: Informations sur vos conditions actuelles d'usinage:

|              |       |     |
|--------------|-------|-----|
| Coût machine | 4.95  | CHF |
| Coût outil   | 1.729 | CHF |
| Coût total   | 6.679 | CHF |

Il semblerait que les paramètres de coupe que vous utilisez actuellement soient trop prudents.

Le site réalise une première estimation.

L'utilisateur peut faire des essais, suivant les indications

## Un exemple réel

Les essais proposés donnent les résultats:

| Essai n° | Vc  | fz   | Mesures [min / op] |
|----------|-----|------|--------------------|
| 1        | 60  | 0.02 | 2.2                |
| 2        | 60  | 0.05 | 1                  |
| 3        | 120 | 0.02 | 1.2                |
| 4        | 120 | 0.05 | 0.4                |

| Essai n° | Vc  | fz   | Mesures [Nombre opérations] |
|----------|-----|------|-----------------------------|
| 1        | 60  | 0.02 | 6                           |
| 2        | 60  | 0.05 | 5                           |
| 3        | 120 | 0.02 | 3                           |
| 4        | 120 | 0.05 | 1.5                         |

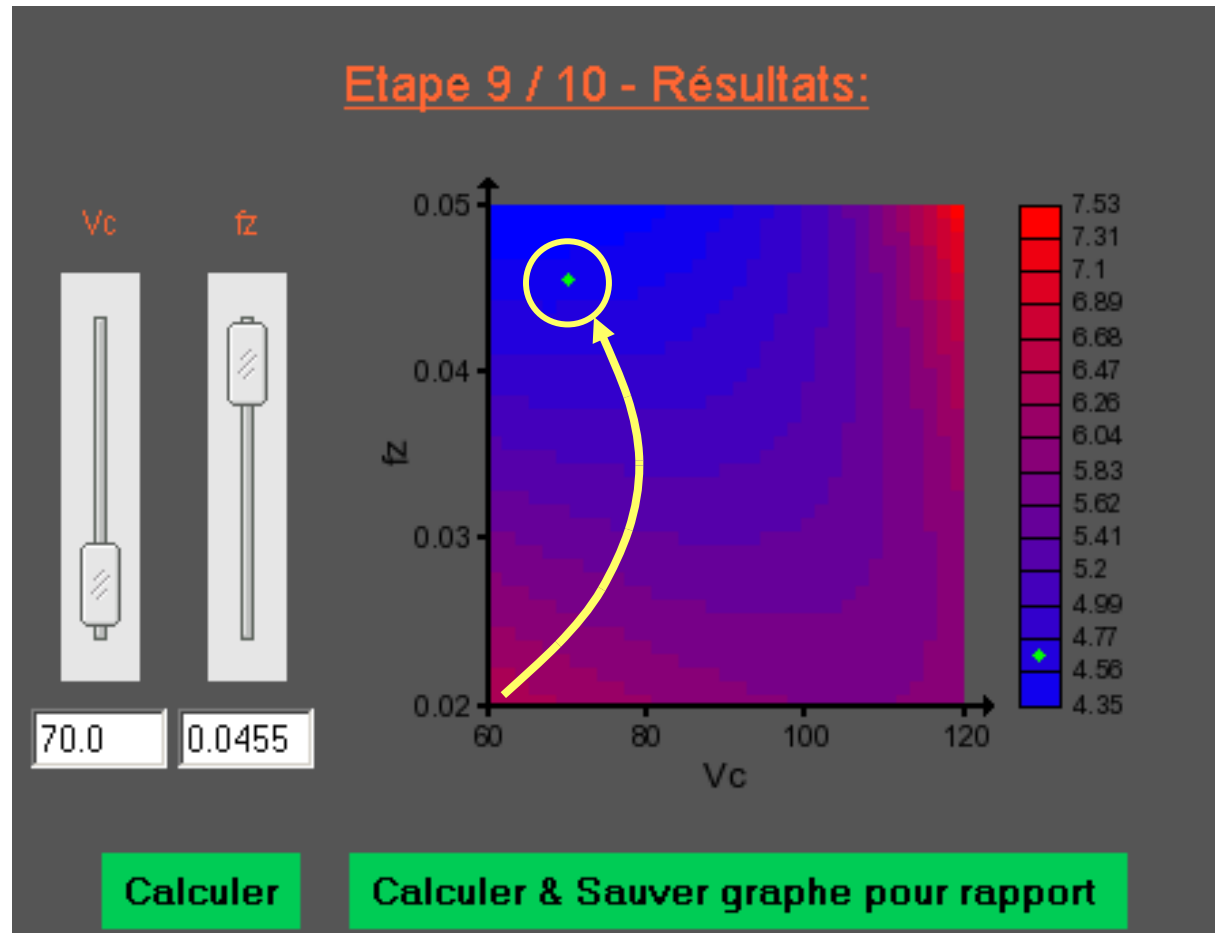
Temps de duré de l'opération

Duré de vie de l'outil

Les valeurs obtenus sont utilisés pour réaliser un modèle qui réalise une prévision du coût dans les différentes conditions de coupe

## Un exemple réel

On peut  
chercher  
l'optimum.  
En utilisant le  
modèle.



L'épargne, sur une année, peut être très  
important

## Un exemple réel

Conditions  
de départ:

|                         |              |                      |
|-------------------------|--------------|----------------------|
| Durée d'une opération   | 2.2          | min.                 |
| Durée de vie de l'outil | 6            | opérations           |
| Coût machine            | 4.95         | CHF/opération        |
| Coût outil              | 1.729        | CHF/opération        |
| <b>Coût total</b>       | <b>6.679</b> | <b>CHF/opération</b> |

Conditions  
optimisées:

|                         |              |                      |
|-------------------------|--------------|----------------------|
| Durée d'une opération   | 1.07         | min.                 |
| Durée de vie de l'outil | 4.579        | opérations           |
| Coût machine            | 2.408        | CHF/opération        |
| Coût outil              | 2.266        | CHF/opération        |
| <b>Coût total</b>       | <b>4.673</b> | <b>CHF/opération</b> |

## Un exemple réel, conclusions

Après un essais de validation:

Le temps d'exécution de l'opération baisse à 1 min / opération (-50%).

La durée de vie de l'outil se réduit et passe de 12 à 4 min (- 66%).

L'avantage économique est de 2 CHF par opération (+ 30%).

- *Le taux d'utilisation de la machine est de 75%, (fois 2, 3500 h / an)*
- *L'opération prend le 30% du travail de la machine.*

**Le gain économique sur l'année est de 95'000 CHF/an**  
**(73'000 euro)**