

# Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

## Table des matières

1	Objectif visé .....	2
2	Repères .....	2
3	Première approche .....	3
3.1	Dimensionnement.....	3
3.2	Sources d'approvisionnement .....	3
4	Vis trapézoïdale de 30 mm et écrou bronze .....	3
4.1	Choix de la vis et de l'écrou .....	3
4.2	Dimensionnement préconisé par le fournisseur .....	4
4.3	Calculs dans le cas des choix faits .....	5
4.3.1	Données .....	5
4.3.2	Pression de contact .....	5
4.3.3	Couple pour atteindre la force maximale de 30 000 N.....	5
5	Butées à billes .....	6
6	Limites d'élasticité et de cisaillement à prendre en compte .....	6
7	Matériel pour le bâti.....	6
7.1	Poutres (haute et basse) .....	6
7.2	Tirants .....	7
8	Plateaux de la presse .....	8
8.1	Choix des éléments de base .....	8
8.2	Plateau du bas.....	8
8.3	Plateau haut.....	8
9	Système de percussion .....	10
9.1	Solidarisation de l'enclume avec la vis trapézoïdale.....	10
9.2	Marteau.....	10
9.3	Efficacité du système de percussion.....	10

# Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

## 1 Objectif visé

L'objectif visé est de réaliser une presse à percussion pour relieur amateur,

- **Ayant des performances proches des presses du commerce**
  - Force de 30 000 N annoncée pour des presses moyennes neuves
- **Ayant un coût très réduit par rapport au marché**
  - De 2000 € en occasion et 5000 € à 10 000 € pour une presse neuve
- **Réalisable simplement**

## 2 Repères

- **Prix**
  - De 2000 € en occasion et 5000 € à 10 000 € pour une presse neuve
- **Caractéristiques techniques**
  - Force de 30 000 N annoncée pour des presses moyennes neuves
- **Principales caractéristiques relevées sur cette presse de professionnel**



Plateau mobile	600x300x70 mm
Plateau fixe	800x350x70 mm
Hauteur du dessus du plateau fixe	500 mm
Hauteur max de serrage	600 mm
Espace entre montants	600 mm
Diamètre de la vis trapézoïdale	40 mm
Diamètre moyen du volant	500 mm
Masse estimée du volant	Environ 15 kg

Systeme de percussion



## Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

### 3 Première approche

#### 3.1 Dimensionnement

- 500 mm pour la distance entre montant semble suffisant pour un amateur
- 500 mm pour la hauteur de serrage semble suffisant pour un amateur
- Un disque d'haltérophile est une solution bon marché pour le volant d'inertie
- On doit pouvoir avoir une vis trapézoïdale de diamètre inférieur à 40 mm (30 ?)
- On doit pouvoir réaliser le système à percussion sous forme
  - d'une enclume solidaire de la vis trapézoïdale (fer plat très épais)
  - de marteaux solidaires du volant d'inertie ( Boulons fixés sur le volant)

#### 3.2 Sources d'approvisionnement

- <https://lemetal.fr/> pour les profilés et tôles acier, découpés à la demande
- <http://www.ecmu-csr.com> pour les composants mécaniques
- Grandes surfaces de sport et bricolage pour le reste

### 4 Vis trapézoïdale de 30 mm et écrou bronze

#### 4.1 Choix de la vis et de l'écrou

Référence	Dimensions							
	Ø d (mm)	Pas (mm)	Rectitude mm/mm	Angle d'hélice	rendement	Ø à fond de filet (0/+0.4)	Poids (Kgs/m)	version à gauche
VTR 26x5	26	5	0.3/2000	3°52'	0.25	20.02	3.33	*
VTR 26x10	26	10	0.3/2000	7°42'	0.39	20.02	3.33	
VTR 28x5	28	5	0.3/2000	3°34'	0.23	22.02	3.92	*
VTR 28x10	28	10	0.3/2000	7°07'	0.37	22.02	3.92	
VTR 30x6	30	6	0.3/3000	4°03'	0.26	22.46	4.38	*

Écrou bronze

Référence	Dimensions											
	Ø vis (mm)	Pas (mm)	Ø d1 (mm)	L (mm)	s (mm)	Ød3 (mm)	Ød4 (mm)	Ød2 (mm)	Nb de filet	Poids (Kgs)	S (mm <sup>2</sup> )	version à gauche
ETRC 24x5	24	5	32	44	12	55	6.5	45	1	0.337	1040	*
ETRC 24x10	24	10	32	44	12	55	6.5	45	2	0.337	1040	
ETRC 26x5	26	5	38	46	14	62	6.5	50	1	0.516	1280	*
ETRC 28x5	28	5	38	46	14	62	6.5	50	1	0.472	1200	*
ETRC 28x10	28	10	38	46	14	62	6.5	50	2	0.472	1200	
ETRC 30x6	30	6	38	46	14	62	6.5	50	1	0.472	1370	*

# Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

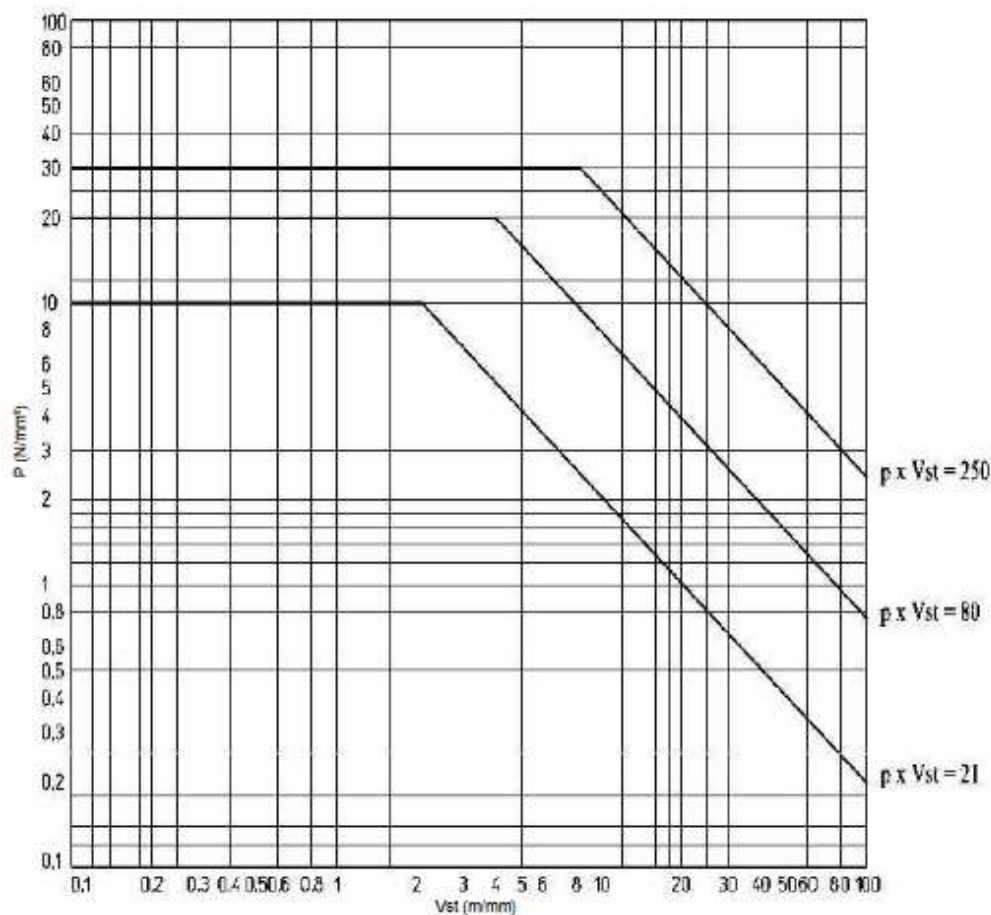
## 4.2 Dimensionnement préconisé par le fournisseur

- F : force axiale ( N )
- S : surface de contact en fonction du type d'écrou (mm<sup>2</sup>)
- n : vitesse de rotation de la vis ( tr/mn )
- sin  $\alpha$  : angle d'hélice du filetage , voir tableau des vis.

Calcul de la pression de contact  $p$  (N/mm<sup>2</sup>)..... $p = F / S$   
Calcul de la vitesse de glissement  $V_{st}$  (m/mn) ..... $V_{st} = ( n \times pas ) / (1000 \times \sin \alpha )$   
Calcul du produit  $p.V_{st}$

### Condition de glissement pour les écrous en Bronze

Il est nécessaire de lubrifier , si possible avec de l'huile



**Dans la limite de  $p.V_{st} = 21$  ( N/mm<sup>2</sup> . m/mn ) :** le fonctionnement est dans les meilleures conditions. Une utilisation en continue est possible , la durée de vie de l'écrou est très bonne.

**Dans la limite de  $p.V_{st} = 80$  ( N/mm<sup>2</sup> . m/mn ) :** le fonctionnement est dans des conditions sévères. Une lubrification constante est impérative en cas de fonctionnement continu. La durée de vie de l'écrou est limitée.

**Dans la limite de  $p.V_{st} = 250$  ( N/mm<sup>2</sup> . m/mn ) :** le fonctionnement est dans des conditions extrêmes. Une utilisation en continue n'est pas possible.

## Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

### Coefficient de sécurité pour les forces d'inerties : $F_s$

- charges constantes , acc/dec contrôlées : 1 à 0.5
- charges constantes , démarrages et arrêts fréquents : 0.5 à 0.33
- charges et vitesses très variables : 0.33 à 0.25
- charges avec chocs , vibrations... : 0.25 à 0.17

Le coefficient  $F_s$  , sert à corriger le produit  $p.V_{st}$  max du graphique.

$$P.V_{st} \text{ admissible} = p.V_{st} \text{ max} \times F_s$$

### Calcul du couple d'entraînement :

- C= couple en N.m
- F = charge en N
- pas de la vis en mm
- $\eta$  = rendement
- Pt = puissance en Kw

$$C = (F \times \text{pas} \times 1.5) / (2 \times \pi \times \eta \times 1000)$$

$$P_t = (C \times n) / 9550$$

## 4.3 Calculs dans le cas des choix faits

### 4.3.1 Données

- $F = 30\,000$  N (Force maximale visée)
- $S = 1370$  mm<sup>2</sup>
- $n < 1t/mn$  au moment du serrage
- $\sin 4,03^\circ = 0,07$
- Pas de la vis : 6 mm
- Rendement : 0,26

### 4.3.2 Pression de contact

- $P = 30000/1370 = 21,9$  N/mm<sup>2</sup>
- ➔ On est dans des conditions sévères, qui peut limiter un peu la durée de vie de l'écrou, mais très ponctuellement lors d'un serrage maximal. Ce qui est parfaitement acceptable pour une utilisation d'amateur.

### 4.3.3 Couple pour atteindre la force maximale de 30 000 N

- Couple =  $(30000 \times 6 \times 1,5) / (2 \times \pi \times 0,26 \times 1000) = 270\,000 / 1633 = 165$  N.m
- ➔ Correspondrait à un effort tangentiel de l'ordre de 1000 N sur un volant d'environ 30 cm de diamètre, sans système de percussion

## Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

### 5 Butées à billes

**CSR - 51107**

Butée à billes avec gorges

- Dia. de centrage (d) : 35 mm
- Dia. extérieur (D) : 52 mm
- Epaisseur (H) : 12 mm
- C. dyn : 20.4 Kn
- C. stat : 37 Kn



Prix Public  
**7.50 € ttc**

- → 30 000 N < 37 000 N possibles

### 6 Matériel pour le bâti

#### 6.1 Limites d'élasticité et de cisaillement à prendre en compte

- Tableau de limite d'élasticité en traction de matériaux usuels

Matière	Nuance	R <sub>e</sub> (MPa)
Résineux courants	C18 à C30	18 à 30
Bois lamellé-collé	GL24 à GL32	24 à 32
Alliage d'aluminium	Série 1000 à série 7000	90 à 470
Acier de construction usuel non allié	S235 à S355	235 à 355
Acier au carbone trempé	XC 30 (C30)	350 à 1000
Acier faiblement allié trempé	30 Cr Ni Mo 16 (30 CND 8)	700 à 1 450
Alliage de titane	TA 6V	1 200
Fibre de verre	"E", courant	2 500
Fibre de verre	"R", haute performance	3 200
Fibre de carbone	"HM", haut module de Young	2 500
Fibre de carbone	"HR", haute résistance	3 200
Composites Fibre/matrice	Verre ou carbone	1 000 à 1 800

- Tenue à l'étirement
  - Pour de l'acier ordinaire se limiter à 200 MPa (200 N/mm<sup>2</sup>)
- Tenue au cisaillement
  - Pour de l'acier ordinaire se limiter à 0,5 x 200 MPa soit 100 MPa

## Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

### 6.2 Poutres (haute et basse)

- Le choix d'un tube carré 100x100x5 est intéressant pour sa raideur, son esthétique et la facilité de sa mise en œuvre

- **Moment d'inertie**

- Formule du moment d'inertie d'un profil carré
  - $I = L^4/12$
- Formule du moment d'inertie pour un tube carré
  - $I = L^4/12 - l^4/12$
- Valeur des variables
  - $L = 10 \text{ cm}$
  - $l = 9 \text{ cm}$
- $I = 1/12 \times (10\,000 - 6561) = 3439/12$

→  $I = 286,583 \text{ cm}^4$

- **Flèche**

- Formule de la flèche
  - $Y = FL^3/48 EI$
- Valeur de chaque variable
  - $F = 30\,000 \text{ N}$
  - $L = 0,5 \text{ m}$
  - $E = 21000 \text{ daN/mm}^2 = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$
  - $I = 286,58 \text{ cm}^4 = 287 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$
  - $EI = 602700$
- $Y = 3750/28\,929\,600 = 0.0001296 \text{ m}$
- →  $Y = 0,1296 \text{ mm}$

- → En conclusion cette flèche est parfaitement admissible pour l'application visée

### 6.3 Tirants

- **Sections**

- Section  $40 \times 8 = 320 \text{ mm}$
- Section totale des 4 tirants =  $1280 \text{ mm}^2$

- **Tenue à l'étirement**

- Tenue à l'étirement :  $30\,000/1280 = 23,44 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$
- → **Plutôt surdimensionné puisque 23,44 << 200**

- **Tenue au cisaillement**

- Il faut une section des vis de fixation des tirants d'au moins  $300 \text{ mm}^2$  pour se limiter à  $100 \text{ MPa}$
- Si 2 vis par tirant il faut assurer au moins  $37,5 \text{ mm}^2$  par vis soit un noyau de vis de  $7 \text{ mm}$  de diamètre soit des vis de l'ordre de  $9 \text{ mm}$  de diamètre
  - → Le choix de  $12 \text{ mm}$  apporte un facteur de sécurité de  $144/81 = 1,78$



## Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

- **Equilibre des facteurs de sécurité**
  - Percer un trou de 12 mm dans un tirant 40x8 laisse une section utile du tirant de 224 mm<sup>2</sup> soit 896 mm<sup>2</sup> pour les 4 tirants ce qui amène à 33,5 MPa au lieu de 23,44, ce qui laisse encore une très bonne marge
  - Les vis étant serrées, le frottement des tirants sur les poutres (haute et basse) va limiter l'effort de cisaillement sur les vis, d'où un facteur de sécurité > 1,78 (2,5 ?, 3 ?...)
- **En conclusion les tirants et leur fixation sont assez largement dimensionnés**

## 7 Plateaux de la presse

### 7.1 Choix des éléments de base

- **Dimensions des plateaux métalliques**
  - Largeur : 34 cm pour les 2 plateaux
  - Longueur : 45 cm
- **Dimensions des plateaux bois de doublage des plateaux métalliques**
  - Largeur envisagée : 35 cm
  - Longueur envisagée : 52 cm pour prendre en compte le guidage sur les tirants verticaux
- **Matériau des plateaux métalliques**
  - Tôle de 10 mm d'épaisseur
  - Voir la nécessité d'ajouter des renforts

### 7.2 Plateau du bas

- On se retrouve dans la configuration ci-dessous



- Il faut donc considérer une charge répartie sur une poutre encastree
  - La poutre encastree à
    - Une longueur de  $(340 - 100)/2 = 120$  mm
    - Une largeur de 450 mm
    - Une épaisseur de 10 mm
  - Si la moitié de la charge (30 000 N) soit 15000 N est répartis sur cette **poutre la flèche de la poutre sera de 0,47mm**
  - En réalité la flèche sera moindre à cause du plateau bois et des ais utilisés
- **→ Inutile de prévoir des renforts**

### 7.3 Plateau haut

- **Charge répartie de 30 000 N sur une plaque acier de 450x340x10**



## Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

- La contrainte pondérée dans la poutre sera de  $116,35 \text{ daN/mm}^2$
- La contrainte maxi admissible est de  $24,00 \text{ daN/mm}^2$
- La flèche réelle de la poutre sera de  $56,02 \text{ mm}$
- La flèche admissible pour la poutre est de  $1,50 \text{ mm}$
- Le profil ne convient pas pour cette application

- **Doublage par une plaque de dimension limitée en tôle de 10 mm**

- Configuration suivante



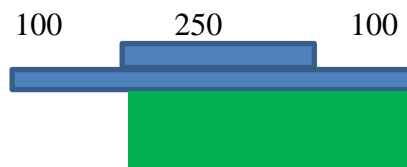
- Taille choisie :  $200 \times 250 \times 10$
- La zone centrale peut être considérée comme une poutre d'épaisseur  $20 \text{ mm}$  avec une charge répartie de  $30\,000 \text{ N}$  maxi

- **Cas de la charge répartie sur la zone d'épaisseur 20 mm**

- La contrainte pondérée dans la poutre sera de  $7,06 \text{ daN/mm}^2$
- La contrainte maxi admissible est de  $24,00 \text{ daN/mm}^2$
- La flèche réelle de la poutre sera de  $0,22 \text{ mm}$

- **Cas des extrémités de plaque**

- On peut considérer que la charge de  $30\,000 \text{ N}$  est répartie sur une largeur de  $200 \text{ mm}$  et une longueur de  $340 \text{ mm}$  (cf schéma ci-dessous)
- La charge répartie sur une aile de  $100 \text{ mm}$  de long est de  $10\,000 \text{ N}$



- Cas d'une aile de  $100 \text{ mm}$  (largeur  $340 \text{ mm}$ )
  - La contrainte pondérée dans la poutre sera de  $8,60 \text{ daN/mm}^2$
  - La contrainte maxi admissible est de  $24,00 \text{ daN/mm}^2$
  - La flèche réelle de la poutre sera de  $0,20 \text{ mm}$

- **CONCLUSION :**

➔ **Le renfort par une plaque  $200 \times 250 \times 10$  homogénéise les contraintes et les flèches**

# Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

## 8 Système de percussion

### 8.1 Solidarisation de l'enclume avec la vis trapézoïdale

- On l'assure par une tige acier insérée dans un trou perpendiculaire à l'axe de la vis
  - Le couple maximal à assurer est de 165 N.m
  - Effort de cisaillement (F) à chaque extrémité de la tige (rayon de 15 mm)
    - $F = (165/2) \times (1000 / 15) = 5\,500\text{ N}$
  - Section minimale de la tige acier =  $5\,500 / 10 = 55\text{ mm}^2$
  - **→ Diamètre minimal de la tige : 8,4 mm**
  - **Le montage est fait avec un boulon inox de 10 mm qui est proche de la limite mais en cas de problème il est possible de remplacer par une tige de 10 mm de diamètre avec une clavette à chaque extrémité**

### 8.2 Marteau

- C'est une vis de 12 mm de diamètre situé à 12,25 cm du centre de la vis qui doit exercer un effort maximal de  $165 \times (1000 / 122,5) = 1347\text{ N}$ . Le noyau est d'environ  $80\text{ mm}^2$  ce qui conduit à  $17\text{ MPa} \ll 100\text{ MPa}$

### 8.3 Efficacité du système de percussion

- **Volant d'inertie**
  - Sensiblement un cylindre de 20 kg d'un diamètre de 36 cm (rayon = 18 cm)
  - Inertie d'un cylindre :  $Mr^2/2$
  - **→ Le volant est l'équivalent d'une masse compacte de 20 kg située sur un rayon de l'ordre de 12,7 cm**
- **Marteaux**
  - Dans la pratique, les tolérances de réalisation sont telles que quand un marteau atteint l'enclume, l'autre ne l'atteint pas encore. **→ Un seul marteau assure le passage de l'effort**
  - L'entraxe entre les marteaux est de 245 mm soit sur **un rayon de 12,25 mm, sensiblement identique au rayon d'inertie du volant**
- **Déformation du marteau sous l'effort**
  - L'effort maximal est de 1347 N pour un effort de la presse de 30 000 N (cf § 8.2 ci-dessus)
  - Puisque le marteau est constitué d'un boulon de 12 mm de diamètre, il peut être considéré comme une poutre encastree type « tige cylindrique » de diamètre 10 mm (noyau d'une vis de 12 mm), l'application de l'effort se faisant à 1,5 cm de l'encastrement de cette poutre.
  - Ces hypothèses permettent d'avoir une valeur maximisée de la déformation du marteau
  - Le calcul aboutit à une valeur inférieure à 0,01 mm **→ Négligeable**
- **Essai vidéo de lancement du volant d'inertie à vitesse élevée**
  - Vitesse atteinte ~ 1 quart de tour en 0,2 seconde
  - Soit  $12,25 \times 2 \times \text{Pi} \times 1,25 = 96\text{ cm/s}$  de l'ordre 1 m/s

## Dossier Justificatif de Définition d'une presse à percussion

- NB : l'écart entre opérateurs ne semble pas important car si l'accélération est plus grande, la durée d'accélération est plus faible
- **Décélération de l'inertie pour atteindre 1347 N**
  - Décélération =  $F / M = 1347 / 20 \sim 67,5 \text{ m/s}^2$
  - Temps de décélération pour une vitesse initiale de 1 m/s :
    - $T = V / G = 1 / 67,5 = \mathbf{15 \text{ millisecondes}}$
    - Avance de l'enclume  $X = 0,5 \times G \times T^2 = \mathbf{7,6 \text{ mm}}$
  - Temps de décélération pour une vitesse initiale de 0,5 m/s :
    - $T = V / G = 0,5 / 67,5 = \mathbf{7,5 \text{ millisecondes}}$
    - Avance de l'enclume  $X = 0,5 \times G \times T^2 = \mathbf{1,9 \text{ mm}}$
- **Remarque**
  - La vitesse de 1 m/s n'est atteinte que si on utilise la pleine amplitude (marteau en appui sur une aile de l'enclume, allant percuter l'autre aile de l'enclume)
  - La vitesse de 0,5 m/s correspond plutôt à la demie plage d'amplitude etc (cf tableau ci-dessous)

1 m/s	7,6 mm
0,5 m/s	1,9 mm
0,25 m/s	0,5 mm

- **CONCLUSION : Le système de percussion permet d'atteindre l'effort maximal envisagé pour la presse, sans avoir à lancer fortement le disque d'inertie (demie amplitude pour lancer le disque) et arrêt de percussion dès que l'avance de l'enclume est de 2 à 3 mm.**