



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# **BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL**

## **Maintenance des Systèmes mécaniques Automatisés**

**Épreuve : E1- Epreuve Scientifique et Technique**

**Sous-épreuve E11 (unité11) : Analyse et exploitation de données techniques**

|                                                           |
|-----------------------------------------------------------|
| <p><b>Durée : 4 heures</b><br/><b>Coefficient : 3</b></p> |
|-----------------------------------------------------------|

**Ce sujet comporte : 21 pages**

- Dossier présentation .....feuilles DP 1/2 à 2/2.
- Dossier technique.....feuilles DT 1/7 à 7/7.
- Dossier questions-réponses.....feuilles DQR 1/12 à 12/12 .

|                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Le dossier questions - réponses est à rendre impérativement, même s'il n'a pas été complété par le candidat. Il ne portera pas l'identité du candidat. Il sera agrafé à une copie d'examen par le surveillant.</b></p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Matériel autorisé :**

- Aide-mémoire du dessinateur
- Matériel de dessin technique
- Une calculatrice de poche à fonctionnement autonome, sans imprimante et sans aucun moyen de transmission, à l'exclusion de tout autre élément matériel ou documentaire (circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 ; B.O.E.N. n° 42)

## INTRODUCTION

L'entreprise qui utilise le système que nous allons étudier, est spécialisée dans la fabrication d'engrais industriel et de fertilisant pour des marchés nationaux et surtout internationaux.

Au-delà de l'efficacité industrielle, ces unités produisent dans le respect d'un triptyque Sécurité/qualité/environnement.

Stockage des produits chimiques



Aspiration des poussières  
(Qualité environnementale)  
ISO 14001



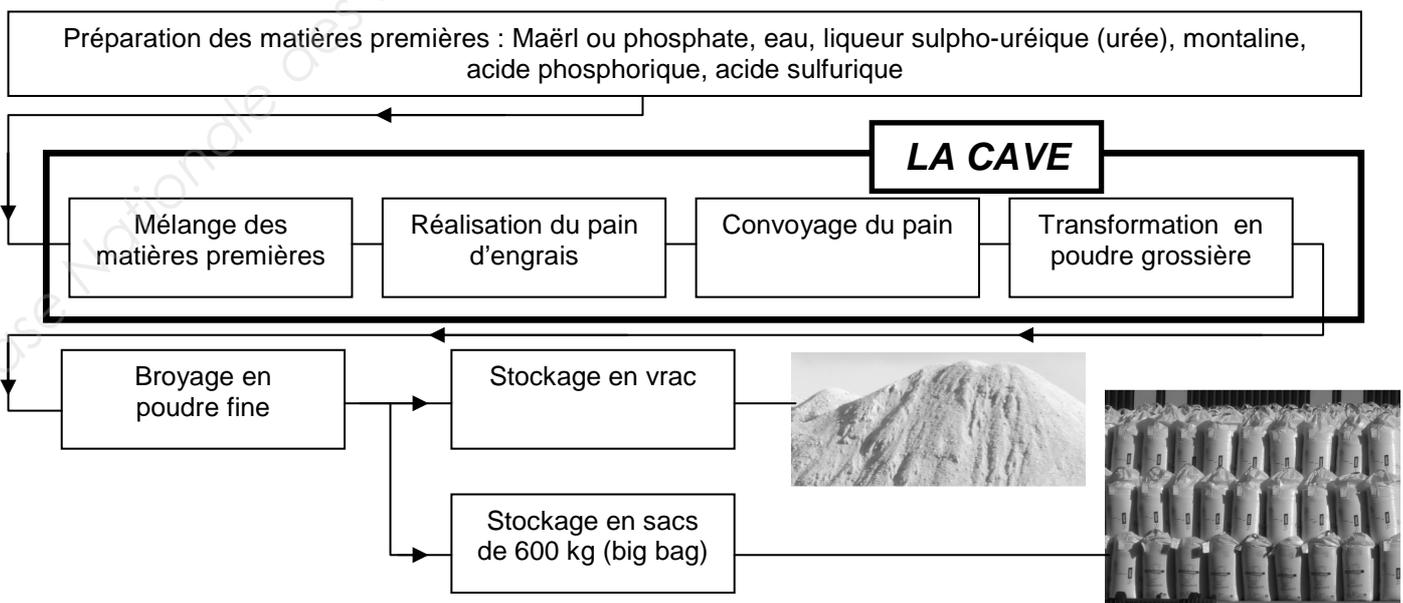
## PRESENTATION DE LA LIGNE DE PRODUCTION D'ENGRAIS EN POWDRE

Le système industriel appelé « **la cave** » fait partie de la chaîne de production d'engrais en poudre. Elle permet de réaliser les opérations suivantes :

- le mélange de différents ingrédients (acides, montaline, eau, liqueur sulfo-uréique, phosphate ou maërl).
- un pain de pâte de 1,4 m de haut et de 1,8 m de large.
- le grignotage du pain de pâte pour être réduit sous forme de poudre.

La cadence de production de ce système est environ de 20 tonnes d'engrais par heure.

### Synoptique de la ligne de production :

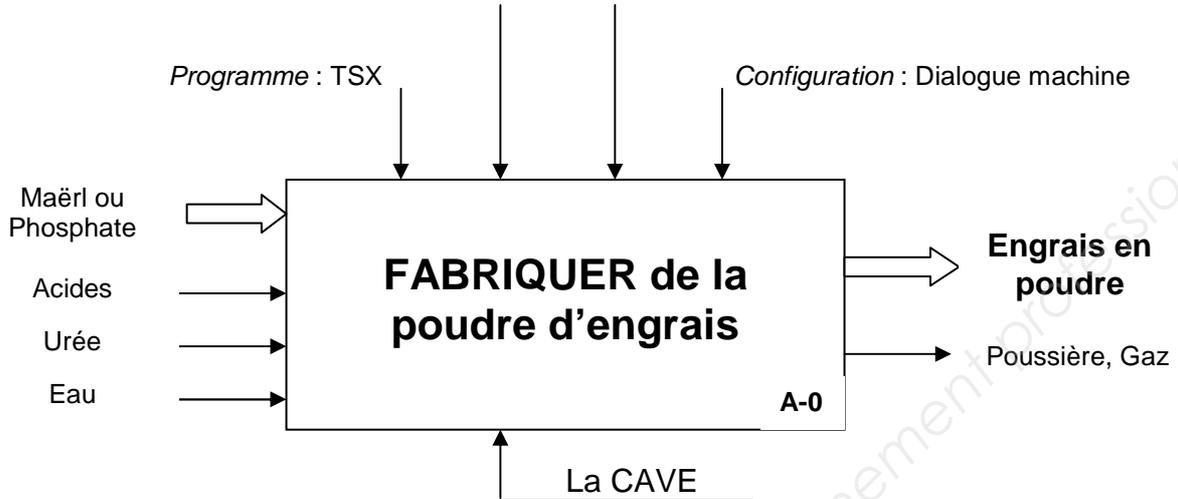


**LA CAVE** fera l'objet de notre étude.

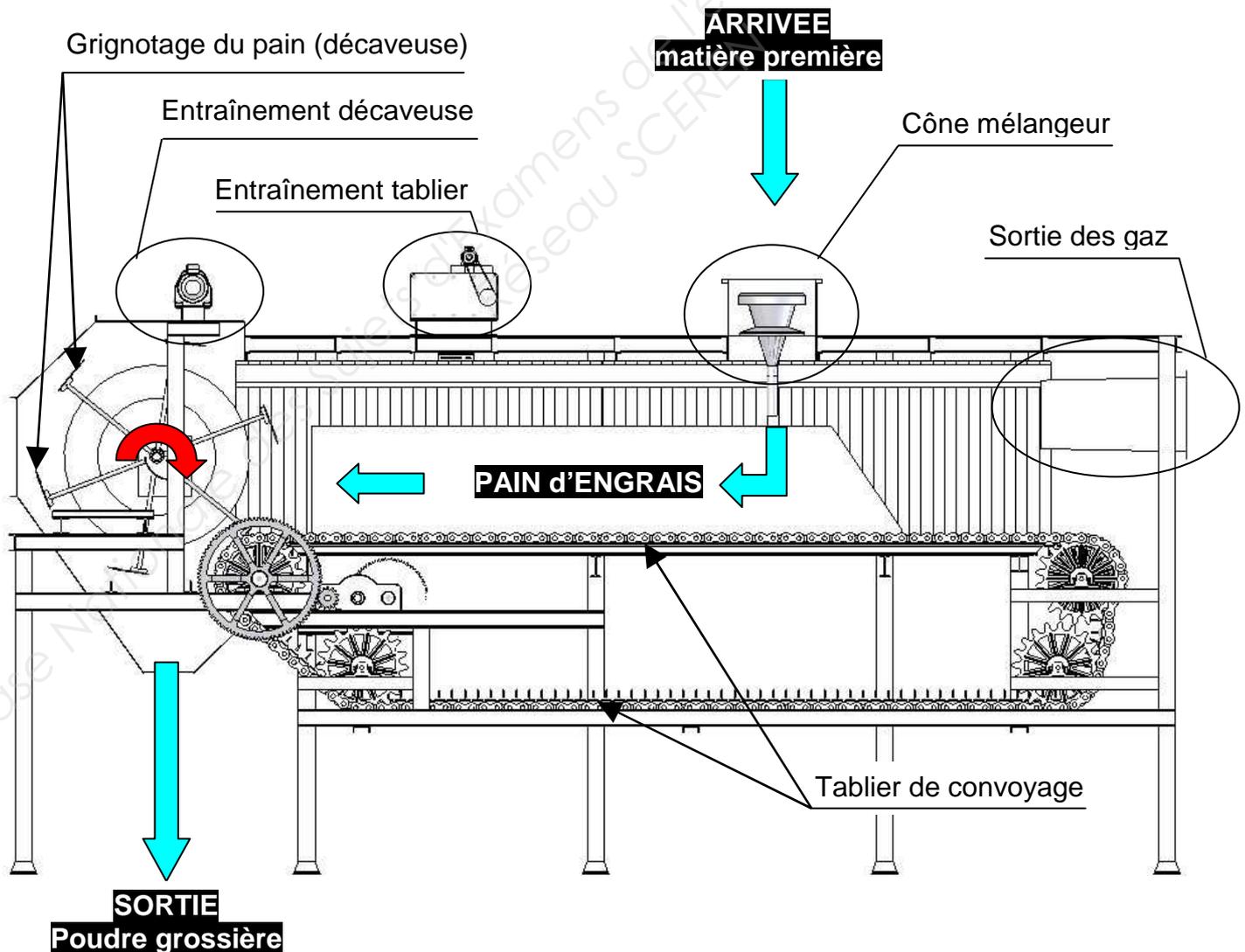
### ACTIGRAMME DE LA CAVE

Energies : Electrique, pneumatique et hydraulique

Réglages : Mélanges, Vitesses, conditionnements



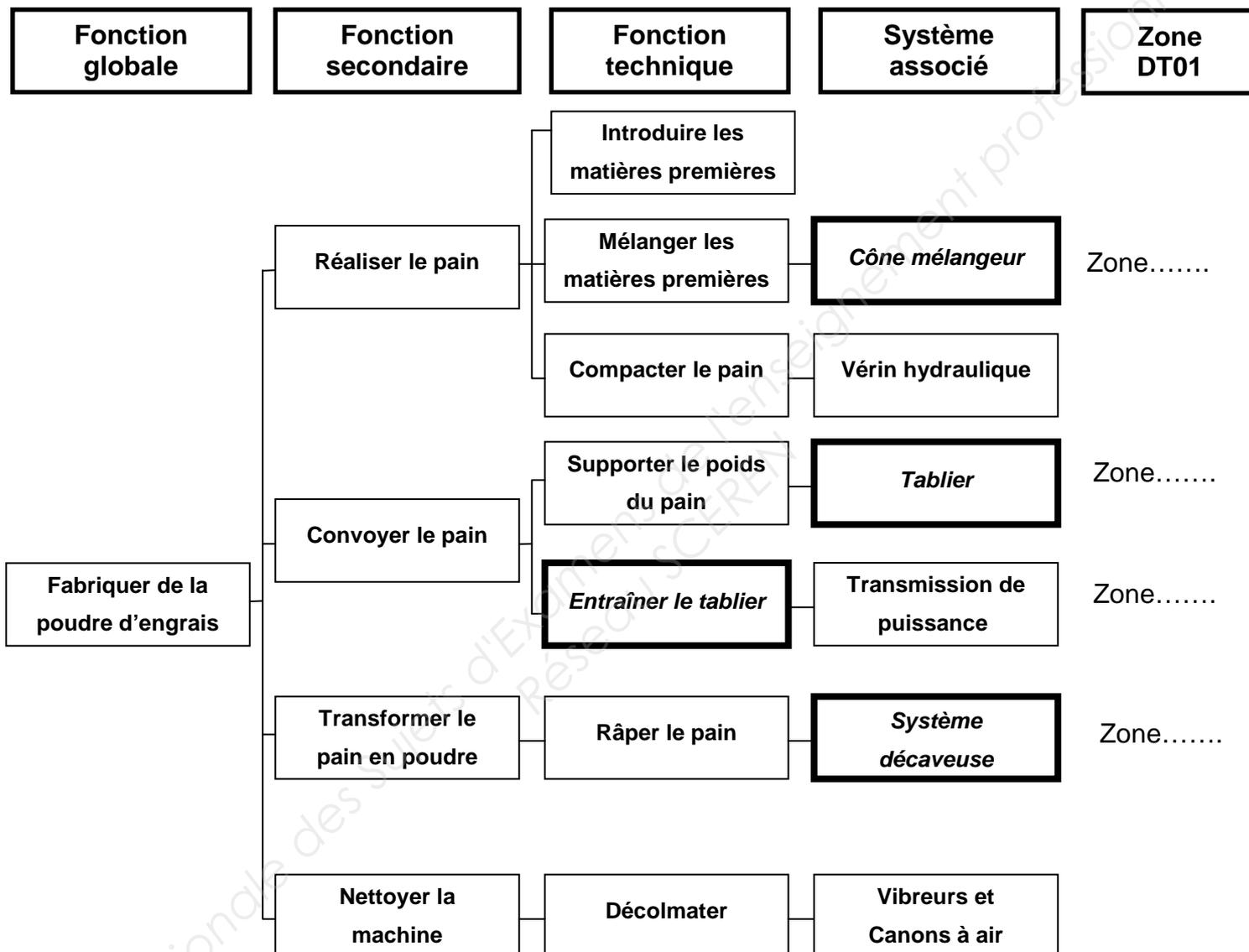
### ORGANISATION STRUCTURELLE



## ANALYSE DE LA CAVE

|    |                                       |      |     |
|----|---------------------------------------|------|-----|
| Q1 | Identification sur document technique | DT01 | / 8 |
|----|---------------------------------------|------|-----|

Indiquer les zones des sous-ensembles identifiés sur le document **DT 01**, sur le diagramme FAST ci-dessous.



## ANALYSE DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE DU TABLIER

*Problématique* : Afin de répondre à des commandes supplémentaires, le service de gestion de production **désire augmenter la cadence de production** pour une durée indéterminée.

Pour répondre à la demande client, la production doit passer à 30 tonnes/heure. On demande alors au service de maintenance de procéder aux modifications nécessaires pour adapter le système à la nouvelle procédure.

**Objectif** : rechercher les nouveaux paramètres.

|    |                                  |             |      |
|----|----------------------------------|-------------|------|
| Q2 | Fréquence de rotation du tablier | DT01 – DT03 | / 22 |
|----|----------------------------------|-------------|------|

A l'aide du diagramme FAST précédent, **donner le nom de la fonction technique** permettant d'agir sur la vitesse d'avance du pain.

On assimile le pain à un volume prismatique dont la section est donnée sur la figure ci-contre.

**Donnée :** masse volumique du pain  $\rho = 1,2 \text{ tonne/m}^3$

Rappel de formule :  
 $M = \rho \times V$  (M en tonne,  $\rho$  en tonne/m<sup>3</sup> et V en m<sup>3</sup>)

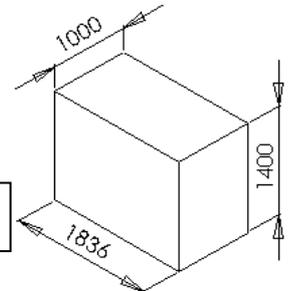


Calculer le volume  $V_p$  d'un pain de 1 mètre de longueur.

.....  $V_p =$  m3

Calculer la masse  $M_p$  d'un pain de 1 mètre de longueur.

.....  $M_p =$  Tonnes



Calculer la longueur du pain pour que sa masse soit égale à 30 tonnes.

.....  $L =$  mm

Calculer alors la vitesse d'avance  $V_{\text{tablier}}$  du tablier pour produire 30 tonnes par heure.

.....  $V_{\text{tablier}} =$  mm/min

Pour la suite de l'étude on considèrera que :  $V_{\text{tablier}} = 170 \text{ mm/min}$

Echelle des vitesses : 1 mm  $\equiv$  4 mm/min

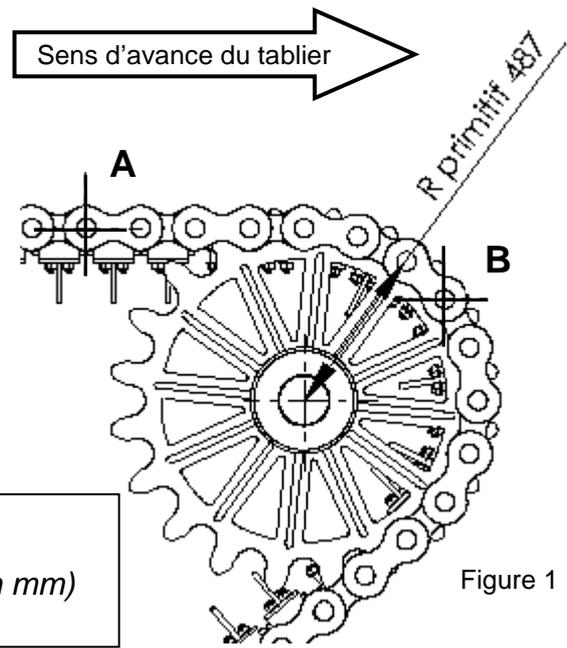
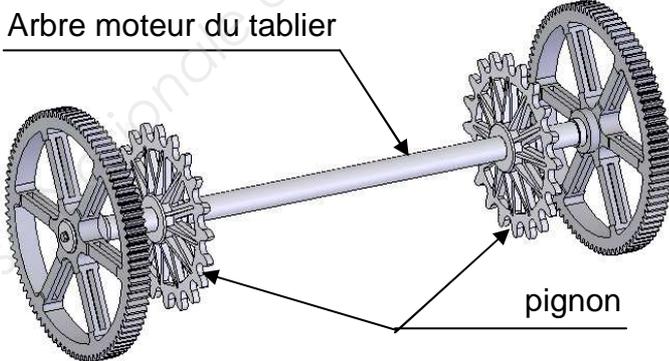


Figure 1

Rappel de formules :  
 $V = \omega R$  (V en mm/min,  $\omega$  en rad/min et R en mm)  
 $\omega = 2\pi N$  ( $\omega$  en rad/min et N en tour/min)

Tracer en rouge sur la figure 1 ci-dessus les vecteurs vitesses :  $V_A$  tablier et  $V_B$  tablier

Calculer la vitesse angulaire  $\omega_{\text{pignon}}$

.....

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| $\omega_{\text{pignon}} =$ | rad/min |
|----------------------------|---------|

Déterminer alors la fréquence de rotation  $N_{\text{pignon}}$

.....

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| $N_{\text{pignon}} =$ | tr/min |
|-----------------------|--------|

|    |                                     |              |     |
|----|-------------------------------------|--------------|-----|
| Q3 | Chaîne de transmission de puissance | DT03 et DT04 | / 8 |
|----|-------------------------------------|--------------|-----|

Déterminer la chaîne de transmission de puissance entre l'arbre moteur du tablier et le moteur à l'aide des DT03 et DT04, vous trouverez les caractéristiques géométriques des différents éléments.

Rappel de formules :

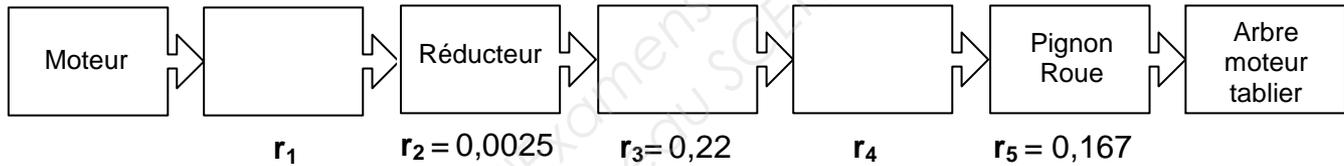
Raison = rapport de transmission (réduction ou multiplication)

Raison =  $Z_{\text{menante}} / Z_{\text{menée}}$       ou      Raison =  $D_{p_{\text{menant}}} / D_{p_{\text{mené}}}$

Raison globale =  $R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n$

Raison globale = Vitesse de sortie / Vitesse d'entrée

A l'aide du DT03, compléter la chaîne de transmission de puissance ci-dessous :

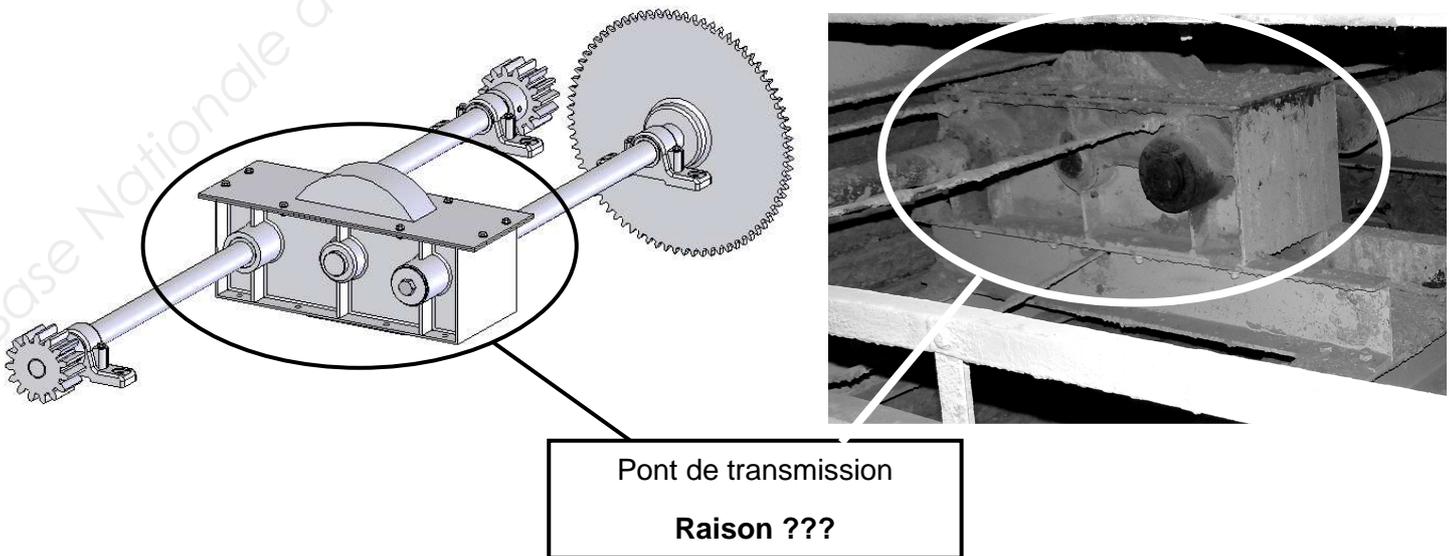


Déterminer la raison  $r_1$  du système « poulie courroie »

.....

|         |
|---------|
| $r_1 =$ |
|---------|

Il nous manque encore la raison  $r_4$  du pont de transmission.



A l'aide du plan d'ensemble de ce sous-système DT04 et de sa nomenclature DT05, nous allons réaliser une étude cinématique afin de **déterminer la raison de ce mécanisme.**

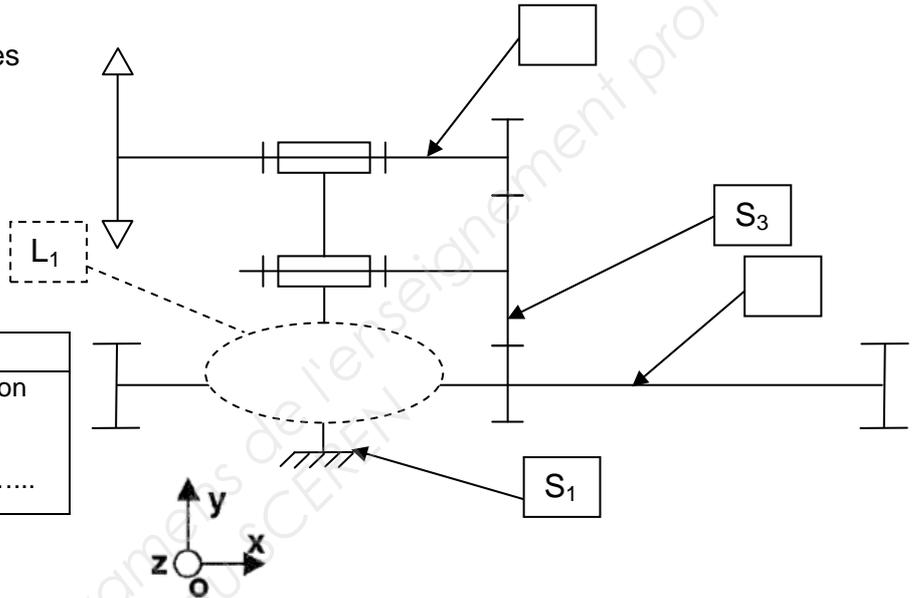
**Compléter** les repères des classes d'équivalences de ce sous-système.

- Structure**             $\{S_1\} = \{1, 4, 10, 11, 12, 14, 15, 27, 29, \dots\}$
- Arbre d'entrée**      $\{S_2\} = \{3, 9a, 26a, 18, 25x2, \dots\}$
- Roue intermédiaire**  $\{S_3\} = \{7 ; 28\}$
- Arbre de sortie**      $\{S_4\} = \{2 ; 9b, 26b, 25x2, \dots\}$

**Reporter** sur le schéma ci-contre les classes d'équivalence  $S_2$  et  $S_4$ .

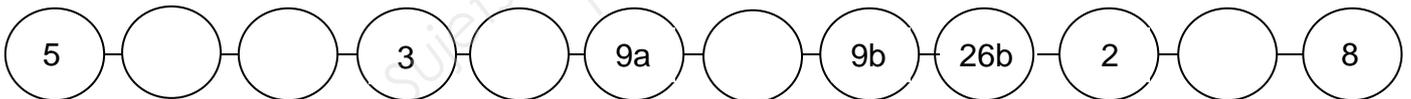
**Compléter** le tableau ci-dessous (préciser l'axe de la liaison)

**Dessiner** la liaison manquante



| Liaison $L_1$      |                   |
|--------------------|-------------------|
| Entre              | Nom de la liaison |
| {.....} et {.....} | .....             |

**Analyse structurelle : Compléter la chaîne de transmission** des efforts entre le pignon de chaîne 05 et les deux pignons de sortie 08.



**Donner** le nombre d'engrenages de ce sous-système :

.....

**Donner** les repères des roues menantes du pont de transmission.....

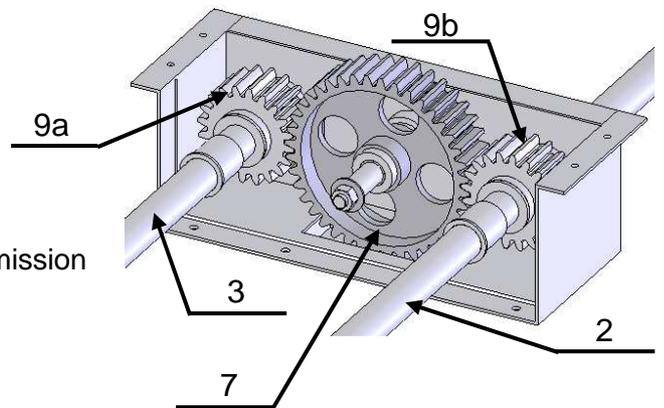
**Donner** les repères des roues menées du pont de transmission

.....

**Calculer** la raison de cet ensemble

.....

.....



**Raison  $r_4 =$**

De quel type de transmission s'agit-il : (cocher la bonne réponse)

- Rapport de réduction
- Rapport de multiplication
- Aucune modification de la vitesse de rotation

Quel est alors l'intérêt de ce sous-ensemble de transmission ? (cocher la ou les bonnes réponses)

- Répartir de manière équilibrée les efforts sur l'arbre moteur du tablier
- Obtenir un sens de rotation identique entre la sortie et l'entrée
- A rien

|    |                                 |      |     |
|----|---------------------------------|------|-----|
| Q5 | Fréquence de rotation du moteur | DT02 | / 8 |
|----|---------------------------------|------|-----|

Données :  $r_1 = 0,86$        $r_2 = 0,0025$        $r_3 = 0,22$        $r_4 = 1$        $r_5 = 0,167$

Calculer la raison globale de la chaîne de transmission de puissance.

.....

.....

Raison globale =

Donnée :  $N_{\text{arbre moteur tablier}} = 0,053$  tr/min

Nous avons précédemment calculé la fréquence de sortie (fréquence de rotation de l'arbre moteur du tablier) ainsi que la raison globale du système.

Maintenant, **déterminer la fréquence d'entrée (fréquence de rotation du moteur)** de cette chaîne de transmission de puissance.

.....

.....

Fréquence de rotation du moteur =

Ce calcul étant terminé, l'opérateur peut maintenant paramétrer le moteur du tablier pour une production de 30 tonnes/heure afin de répondre aux nouvelles commandes. Le chef d'équipe demande alors de simuler une production afin de valider les paramètres calculés.

Après avoir réglé les nouveaux paramètres, les techniciens de maintenance lancent un test à vide (en coupant l'arrivée de matière première) pour valider les réglages, le tablier démarre et avance à la nouvelle vitesse.

L'équipe lance alors un test de production, le tablier démarre, les matières premières passent par le cône mélangeur, tombe sur le tablier, et **l'on constate alors que le tablier ralentit progressivement puis s'arrête.**

### ANALYSE et SOLUTION du PROBLEME

|    |                                               |             |      |
|----|-----------------------------------------------|-------------|------|
| Q6 | Intervention sur la transmission de puissance | DT03 - DT07 | / 20 |
|----|-----------------------------------------------|-------------|------|

Pourquoi le tablier s'est-il arrêté ? (cocher la bonne réponse)

- L'augmentation de la fréquence de rotation du moteur a entraîné une diminution du couple moteur
- L'augmentation de la fréquence de rotation du moteur a entraîné une augmentation du couple moteur

Pour augmenter le couple moteur et pouvoir entraîner le tablier en rotation, on choisit de changer le moteur. **Comment doit évoluer** la puissance du moteur ? (cocher la bonne réponse)

- Augmentation de la puissance du moteur
- Diminution de la puissance du moteur

**Donner la puissance du moteur** actuelle : .....

A l'aide du DT07, **choisir une référence** moteur qui permettra de solutionner notre problème de transmission.

**Référence**.....

Afin de mettre en place ce nouveau moteur, une plaque support (**d'épaisseur 5mm**) permettant sa fixation doit être lancée en fabrication.

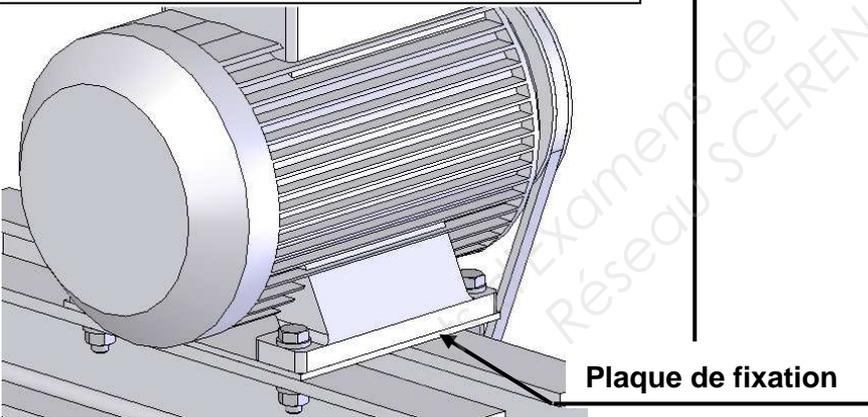
**Donner ses dimensions d'encombrement**

**Cotes de perçage pour la fixation du moteur**

**Diamètre** : .....

**Entraxes** : .....X.....

**Réaliser un croquis à main levée de la plaque support**  
**Reporter les cotes nécessaires à sa fabrication**



**MAINTENANCE PREVENTIVE**

A la suite d'un contrôle hebdomadaire un technicien repère des traces d'usure importante sur la roue de l'engrenage du sous-système de transmission de puissance du tablier (**voir DT 03**).

**Problématique** : les engrenages n'ont jamais été changés et personne ne connaît les caractéristiques géométriques des engrenages. On désire changer en même temps tous les engrenages.

**Données** :  $Z_{\text{pignon}} = 15$  dents  
 $Z_{\text{roue}} = 90$  dents  
 Diamètre de tête de la roue  $d_a = 1475\text{mm}$  (valeur mesurée précision  $\pm 3$  mm)

Rappel de formule :

$d_a = d + 2m$  avec  $d = mZ$

|    |                  |      |      |
|----|------------------|------|------|
| Q7 | Demande de devis | DT03 | / 10 |
|----|------------------|------|------|

A l'aide des formules et des données précédentes, **déterminer le module m** de l'engrenage.

.....

.....

$m_{\text{calculé}} =$

$m_{\text{normalisé}} =$

**Demande de devis**

Pourriez-vous nous faire parvenir au plus tôt un devis pour les **2 engrenages** caractérisés ci-dessous.

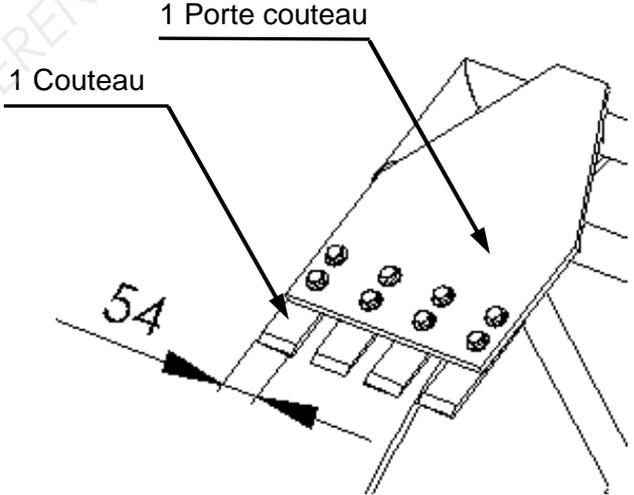
|        | Nbr. | Z        | module | $d_{\text{primitif}}$ | Largeur b |
|--------|------|----------|--------|-----------------------|-----------|
| Pignon |      | 15 dents |        |                       | 128 mm    |
| Roue   |      | 90 dents |        |                       | 128 mm    |

Cordialement Mr. XXXX

### ANALYSE DE LA DECAVEUSE

**Problématique :** Suite à la parution d'un nouveau document normatif sur la production d'engrais, édité par le Bureau de Normalisation des Amendements Minéraux et des Engrais (BNAME) et le département « Afnor-Normalisation », les proportions dans le mélange de matière première permettant la fabrication de poudre d'engrais sont modifiées.

Après de multiples essais en laboratoire, il est confirmé que le nouveau « pain » aura un coefficient de viscosité plus élevé ainsi qu'une densité légèrement supérieure. Ces tests ont également permis d'évaluer **l'effort de coupe nécessaire à 1 couteau pour grignoter le pain, soit environ 110 Newtons.**



On demande alors au service de maintenance de vérifier les caractéristiques de la décaveuse afin de déterminer si la production peut se poursuivre.

**Données : Voir DT 02**

Rappel de formules :

$\eta = P_{\text{sortie}}/P_{\text{entrée}} = P_{\text{receptrice}}/P_{\text{motrice}}$                        $\eta_{\text{global d'une transmission}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_n$

$P = C\omega$  ( $P$  en W,  $C$  en N.m et  $\omega$  en rad/s)     $\omega = (2\pi N)/60$  ( $N$  en tr/min et  $\omega$  en rad/s)

$C = F \times \text{distance}$                       ( $C$  en N.m,  $F$  en N et distance en m)

**VALIDER LA PUISSANCE DU MOTEUR**

|    |                            |      |
|----|----------------------------|------|
| Q8 | Effort de coupe nécessaire | / 10 |
|----|----------------------------|------|

Donnée :  $\|\vec{F}_{\text{couteau}}\| = 110 \text{ N}$

Déterminer l'effort de coupe pour un porte couteau

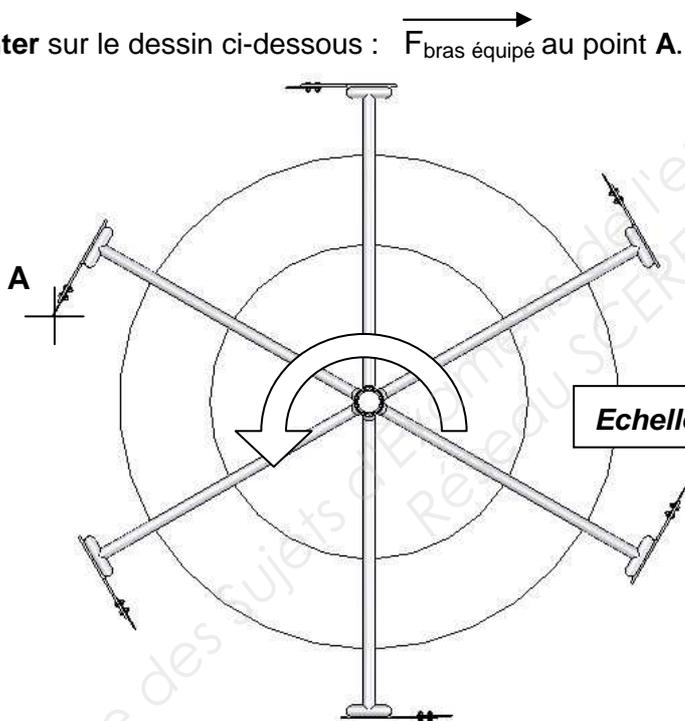
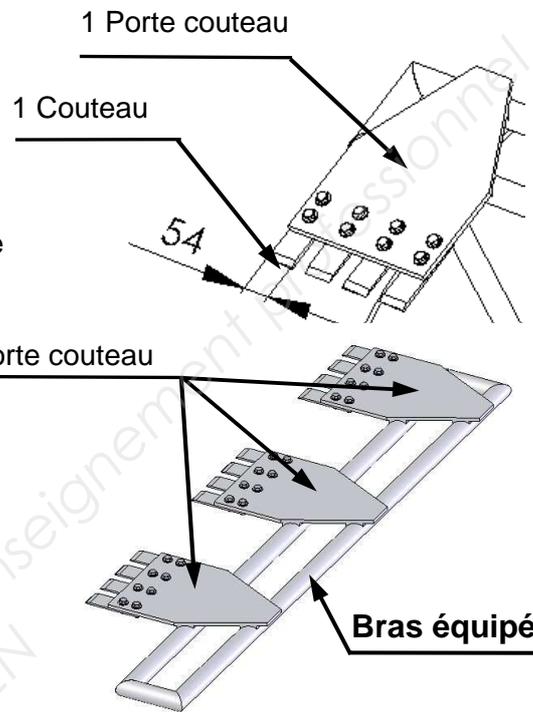
$\|\vec{F}_{\text{porte couteau}}\|$  .....

Afin d'assurer un grignotage du pain de bonne qualité, l'arbre de la décaveuse est équipé de 6 bras équipés

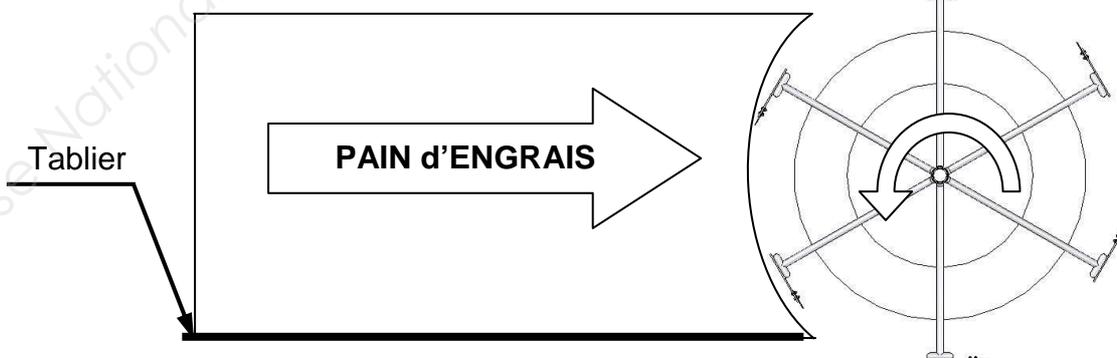
Calculer l'effort de coupe pour 1 bras équipé.

$\|\vec{F}_{\text{bras équipé}}\|$  .....

Représenter sur le dessin ci-dessous :  $F_{\text{bras équipé}}$  au point A.



Echelle des forces : 10mm  $\hat{=}$  200 N



D'après le schéma ci-dessus **combien** de bras équipés travaillent simultanément ?

Calculer alors l'effort de coupe global nécessaire.  
 $F_{\text{coupe}} =$

|    |                                                      |      |     |
|----|------------------------------------------------------|------|-----|
| Q9 | Puissance nécessaire sur l'arbre de la décaveuse d01 | DT02 | / 9 |
|----|------------------------------------------------------|------|-----|

**Données :**  $F_{\text{coupe}} = 2700 \text{ N}$                        $N_{\text{arbre décaveuse}} = 12,6 \text{ tr/min}$

En utilisant le DT02, **déterminer** le couple nécessaire sur l'arbre de la décaveuse d01

.....  $C_{\text{arbre décaveuse}} =$   N.m

**Calculer** la vitesse angulaire  $\omega_{\text{arbre décaveuse}}$ .

.....  $\omega_{\text{arbre décaveuse}} =$   rad/s

**Calculer** alors la puissance nécessaire  $P_{\text{arbre décaveuse}}$  sur l'arbre de la décaveuse pour effectuer la coupe.

.....  $P_{\text{arbre décaveuse}} =$   W

|     |                                   |      |     |
|-----|-----------------------------------|------|-----|
| Q10 | Validation de la puissance moteur | DT02 | / 8 |
|-----|-----------------------------------|------|-----|

**Donnée :**  $P_{\text{arbre décaveuse}} = 5200 \text{ Watt}$

**Relever** sur le DT 02 les **2 valeurs de rendements** de la chaîne de transmission de puissance de l'arbre décaveuse. ....

**Calculer** le rendement global de la transmission de puissance.

.....  $\eta_{\text{global}} =$

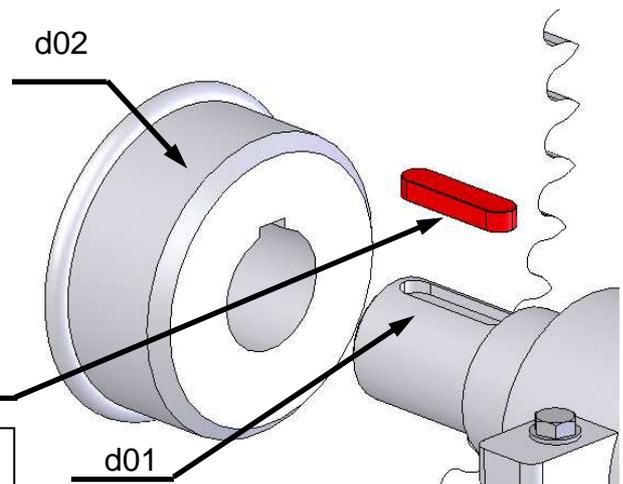
**Calculer** alors la **puissance minimale** que devra développer le moteur.

.....  $P_{\text{moteur}} =$   W

**Comparer** votre résultat à la puissance du moteur et **conclure**.

.....  
 .....  
 .....

Nous venons de montrer que la motorisation actuelle suffit au grignotage du pain. Malheureusement l'augmentation du couple résistif nous montre une faiblesse du système de transmission de puissance. En effet la **clavette d04** (voir DT 02) qui transmet le couple entre l'**arbre décaveuse d01** et le **moyeu d02 de la roue** de chaîne ne semble absolument pas permettre la transmission d'un tel couple.



**Eclaté de la liaison complète entre le moyeu de la roue et l'arbre de la décaveuse**

**OBJECTIF : VERIFIER PAR LE CALCUL LA FAIBLESSE DE LA CLAVETTE**

Nous allons maintenant effectuer un calcul de matage sur la clavette. Nous allons calculer la pression induite par le couple résistant dû au grignotage du pain sur la surface matée de la clavette et comparer cette pression à la pression admissible par le matériau de la clavette.

Rappel de formules :

$P = F/S$  ( $P$  en Mpa,  $F$  en N et  $S$  en  $mm^2$ )      1 MPa = 1N/mm<sup>2</sup>

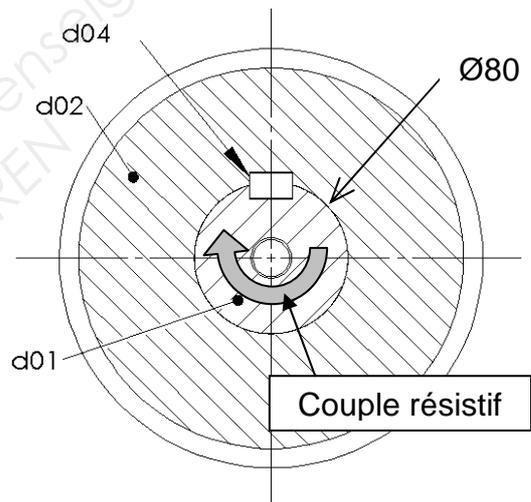
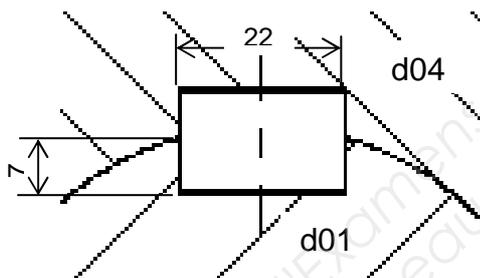
$C = F \times \text{distance}$  ( $C$  en N.m,  $F$  en N et distance en m)

**Données :**

- Couple résistant sur l'arbre d01 dû à l'effort de coupe = 3900 N.m
- Diamètre de l'arbre d01 = 80 mm
- Pression admissible par la clavette = 30 à 70 MPa
- Dimensions de la clavette : 14 x 22 x 90

|     |                                  |      |      |
|-----|----------------------------------|------|------|
| Q11 | Calcul de matage sur la clavette | DT02 | / 16 |
|-----|----------------------------------|------|------|

Sur le dessin ci-dessous **repasser en rouge** la zone matée (zone de contact entre d01 et d04 qui encaisse le couple résistant)



**Calculer** alors la surface matée (on considère que la surface projetée est rectangulaire)

$S_{\text{matée}} = \quad \text{mm}^2$

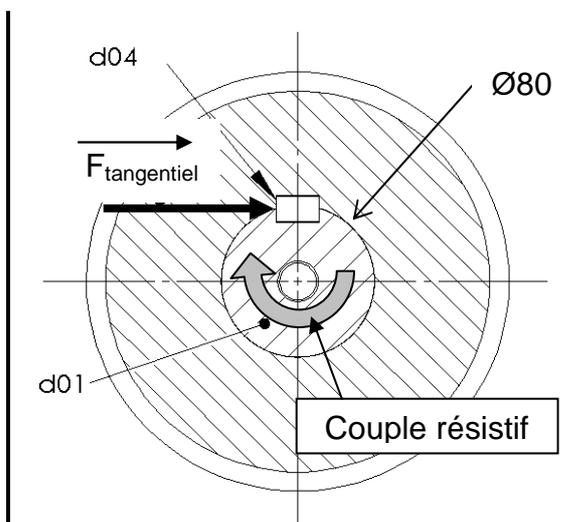
**Calculer la force tangentielle** due au couple résistant

$F_{\text{tangential}} = \quad \text{N}$

**Calculer la pression de matage** subie par la clavette (on prendra une surface de matage égale à 630 mm<sup>2</sup>)

$P_{\text{matage}} = \quad \text{MPa}$

**Comparer votre résultat à la pression admissible** par la clavette puis **conclure**.



**Proposer** maintenant, 2 solutions différentes permettant de résoudre ce problème.

.....

.....

**Choisir** une solution, puis à l'aide du DT02 et de votre guide du dessinateur, **représenter dans le cadre ci-contre et à main levée une solution** permettant de réaliser la liaison entre le moyeu d02 et l'arbre d01.



**MISE EN ŒUVRE D'UNE SOLUTION**

L'équipe de maintenance propose alors une solution technologique permettant de résoudre ce problème : Mise en place d'un manchon expansible en **acier** entre le moyeu de la roue de chaîne et l'arbre de la décaveuse. Cette solution permet la transmission d'effort très important.



Aidé du DT 06, **vous allez choisir un manchon expansible** qui permettra de transmettre le couple désiré.

**Contrainte** : on ne désire pas modifier l'arbre de la décaveuse.  
**Donnée** : Couple à transmettre = 3900 Nm

|     |                             |              |      |
|-----|-----------------------------|--------------|------|
| Q12 | Choix du manchon expansible | DT06 et DT02 | / 11 |
|-----|-----------------------------|--------------|------|

**Donner la fonction** du manchon expansible : (cocher la bonne réponse)

- Transmettre le moment du couple par adhérence
- Transmettre le moment du couple par obstacle

A l'aide du DT06 et du DT02 **choisir une référence** qui permettra de ne pas modifier l'arbre de la décaveuse.

**Référence**.....

Quelle est **la valeur du couple maxi** transmis par ce manchon ?.....

Le manchon choisi **permet-il de transmettre le couple nécessaire** au grignotage du pain ? (cocher la bonne réponse)

- Oui                       Non

Nous allons maintenant **déterminer** si la réserve de matière du moyeu de la roue de chaîne d02 (rapport D2/D) est suffisante pour résister à pression qu'exerce le manchon. (voir condition d'implantation DT06)

| Matériau                    | D2 / D |
|-----------------------------|--------|
| Acier, y compris inoxydable | 1,5    |
| Fonte                       | 2,0    |
| Aluminium                   | 2,5    |

A l'aide du DT06 et du DT02, **calculer le rapport D2/D** de notre montage puis le **comparer** au rapport D2/D mini donné dans le tableau ci-contre et **conclure**.

**Rapport D2/D =**

.....

.....

**MODIFICATION DU MOYEU DE LA ROUE DE CHAINE**

Suite aux études précédentes on décide de **modifier les pièces d02 et d03** (déjà soudées) afin de permettre le montage du manchon expansible choisi.

|     |                      |              |      |
|-----|----------------------|--------------|------|
| Q13 | Dessin de définition | DT 02 - DT06 | / 26 |
|-----|----------------------|--------------|------|

A l'aide des conditions d'implantation constructeur du DT06, **relever les 2 dimensions nécessaires** à la réalisation de l'alésage permettant la mise en position du manchon dans le moyeu d02.

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>D =</b> | <b>H + 2 =</b> |
|------------|----------------|

**Représenter** la solution retenue sur les deux vues ci-dessous.

- **Inscrire** sur le dessin de définition ci-dessous **les cotes tolérancées nécessaires** à la réalisation des usinages.
- **Tolérances géométriques :**

**Compléter** la surface de référence nominalement plane **A** : surface plane de la roue dentée

Tolérance de position : L'axe de l'alésage recevant le manchon expansible doit être **perpendiculaire** à la **référence A** (Intervalle de tolérance = **ø0,05 mm**)

**Compléter** la tolérance de forme de cet alésage (**cylindricité**, Intervalle de tolérance = **0,01mm**) et **indiquer** l'élément tolérancé.

**Echelle : 1 : 3**

