



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 Équipements Industriels

Épreuve : E1- Epreuve Scientifique et Technique

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

Durée : 4 heures
Coefficient : 3

Cette épreuve a pour support un bien ou un sous-système industriel pluritechnologique et son environnement, caractérisés par une problématique de maintenance.

Elle permet de vérifier que le candidat a acquis tout ou partie des compétences suivantes :

- Analyser le fonctionnement et l'organisation d'un système.
- Analyser les solutions mécaniques réalisant les fonctions opératives.

Les supports retenus sont liés à la spécificité maintenance des équipements industriels

Ce sujet comporte : 21 pages

- Dossier présentationfeuilles 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 .

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.

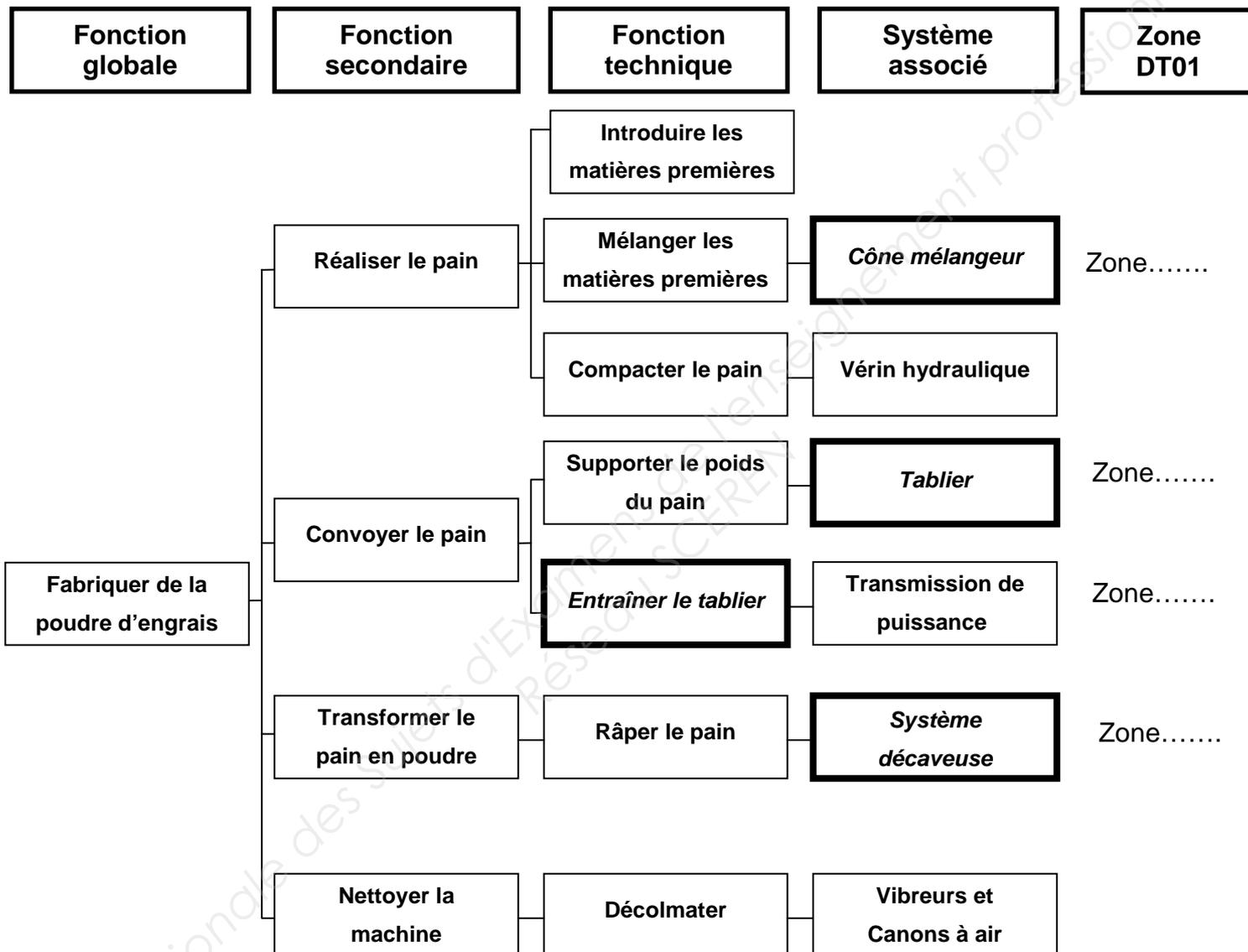
Matériel autorisé :

- 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)

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, ρ en tonne/m³ et V en m³)

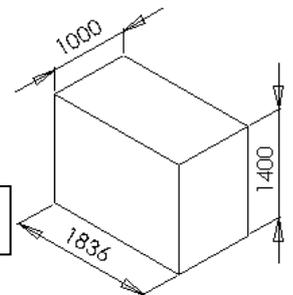


Calculer le volume V_p d'un pain de 1 mètre de longueur.

..... $V_p =$ 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_{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

Arbre moteur du tablier

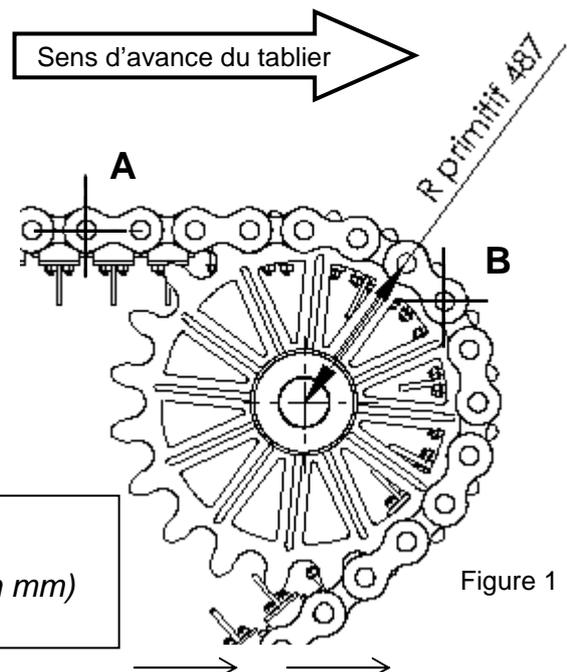
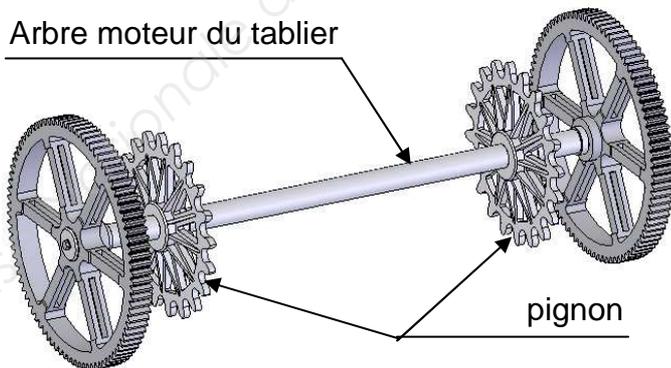


Figure 1

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

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

Calculer la vitesse angulaire ω_{pignon}

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

Déterminer alors la fréquence de rotation N_{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 :

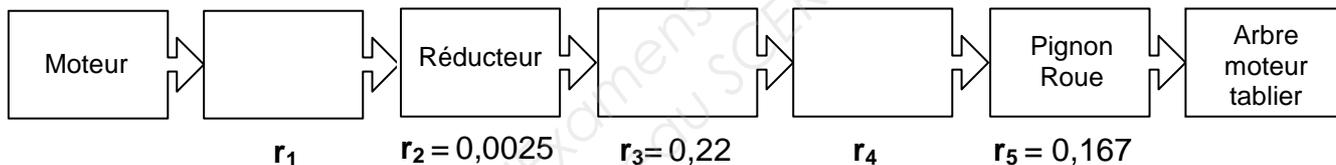
Raison = rapport de transmission (réduction ou multiplication)

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

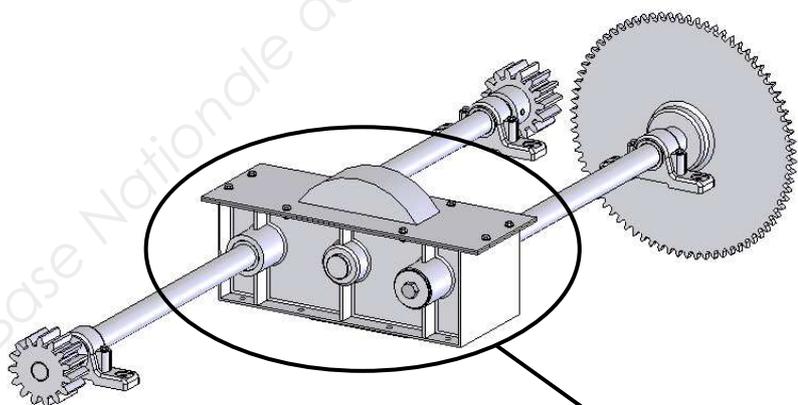
A l'aide du DT03, compléter la chaîne de transmission de puissance ci-dessous :



Déterminer la raison r_1 du système « poulie courroie »

$r_1 =$

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



Pont de transmission

Raison ???

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**.

Q4	Analyse du pont de transmission	DT04 et DT05	/ 44
----	---------------------------------	--------------	------

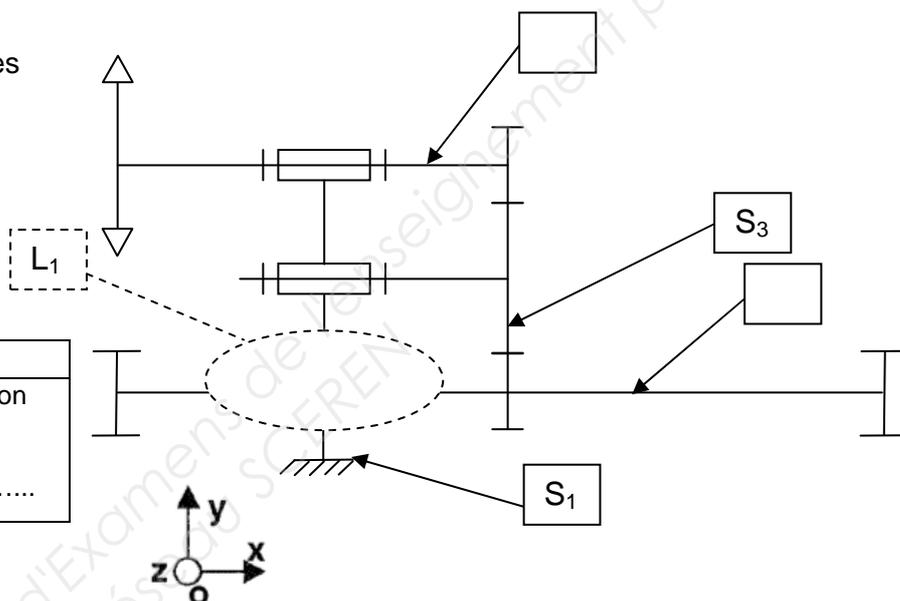
Compléter les repères des classes d'équivalences de ce sous-système.

- 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 :

.....

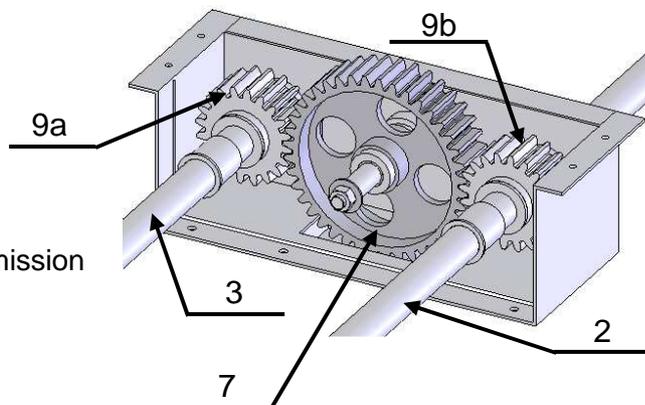
Donner les repères des roues menantes du pont de transmission.....

Donner les repères des roues menées du pont de transmission

.....

Calculer la raison de cet ensemble

.....



Raison r₄ =

E1-U11	DOSSIER QUESTIONS / REPONSES	DQR5/12
---------------	-------------------------------------	----------------

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.....

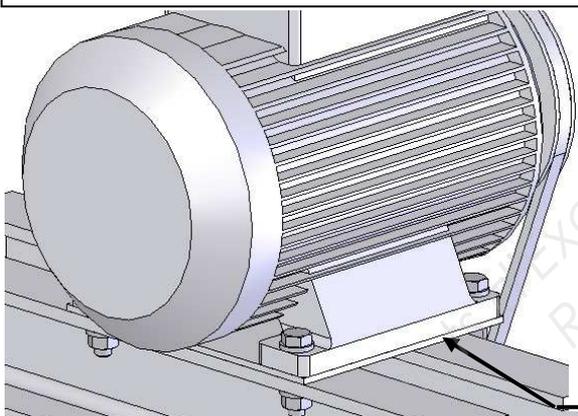
Afin de mettre en place ce nouveau moteur, une plaque support (**d'épaisseur 5mm**) permettant sa fixation doit être lancée en fabrication.

Donner ses dimensions d'encombrement

Cotes de perçage pour la fixation du moteur

Diamètre :

Entraxes :X.....



Plaque de fixation

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 ± 3 mm)

Rappel de formule :

$$d_a = d + 2m \quad \text{avec} \quad d = mZ$$

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.

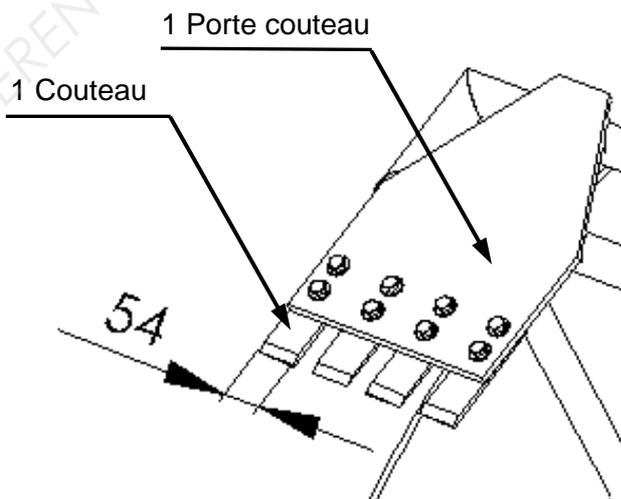
	Nbr.	Z	module	d_{primitif}	Largeur b
Pignon		15 dents			128 mm
Roue		90 dents			128 mm

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 :

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

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

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

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

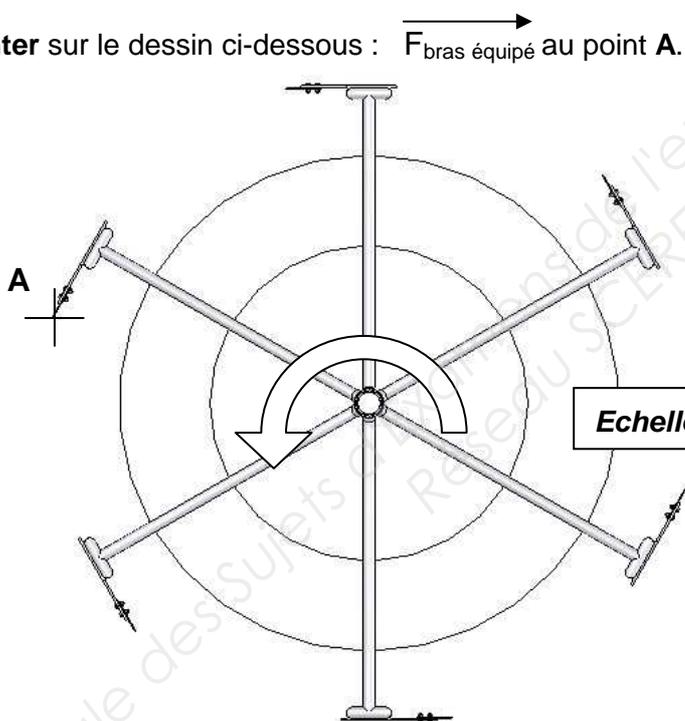
$\|\vec{F}_{\text{porte couteau}}\|$

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

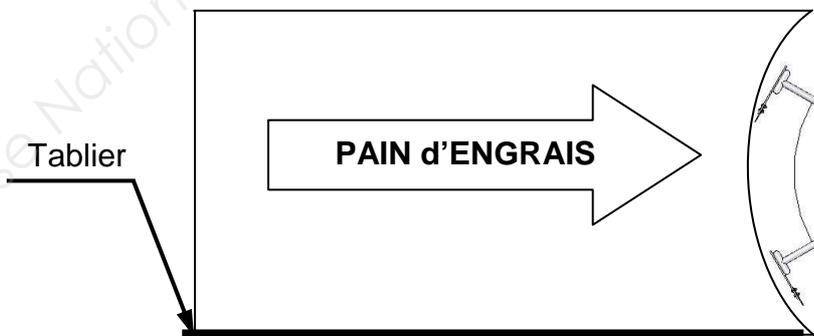
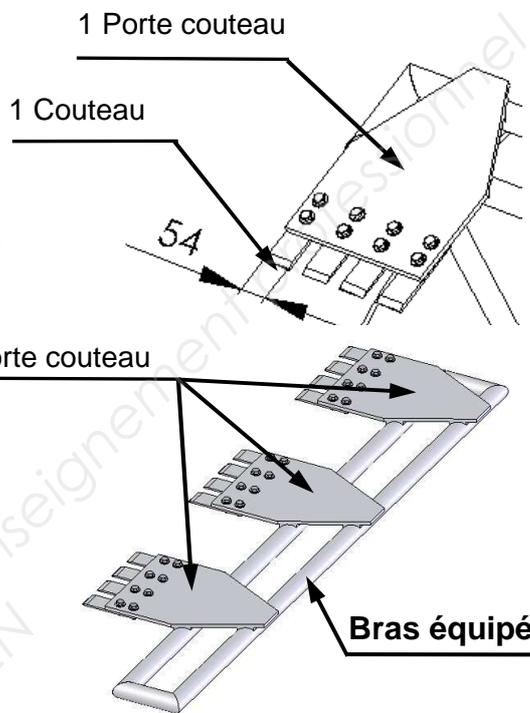
Calculer l'effort de coupe pour 1 bras équipé.

$\|\vec{F}_{\text{bras équipé}}\|$

Représenter sur le dessin ci-dessous : $\vec{F}_{\text{bras équipé}}$ 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.

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

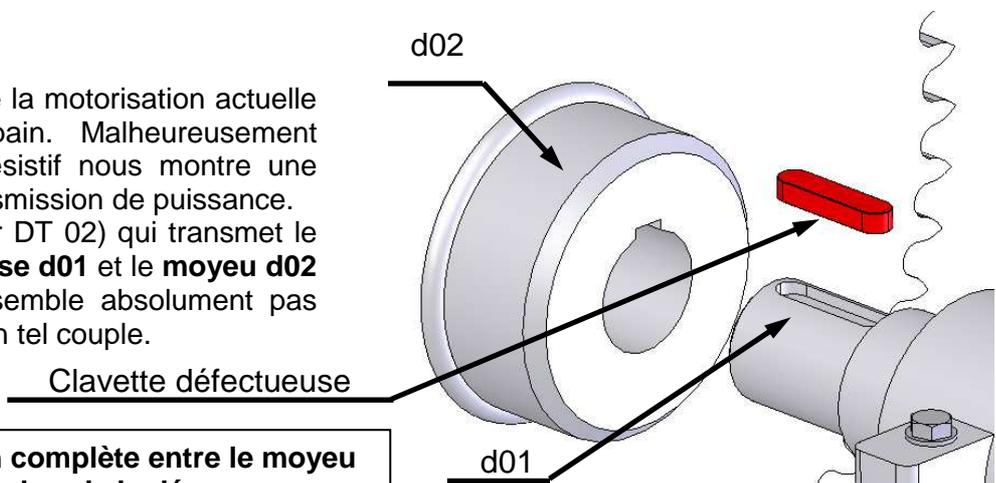
Calculer alors la **puissance minimale** que devra développer le moteur.

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

$$P = F/S \quad (P \text{ en Mpa, } F \text{ en N et } S \text{ en mm}^2) \quad 1 \text{ MPa} = 1\text{N/mm}^2$$

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

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

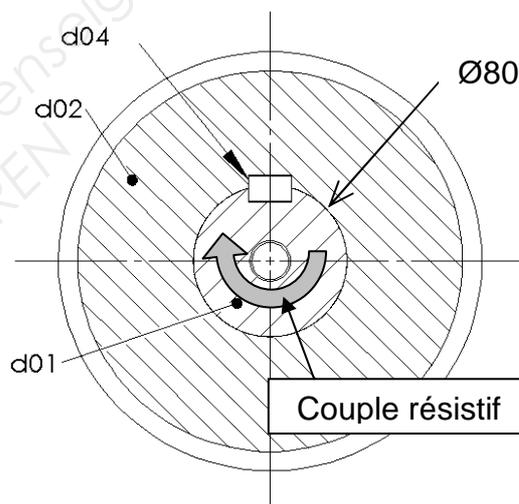
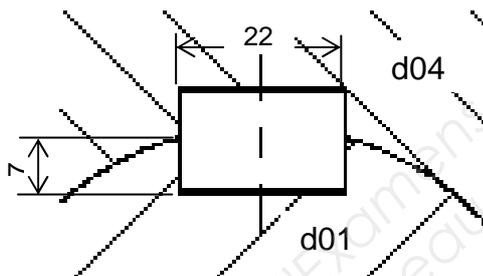
Q11

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)

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

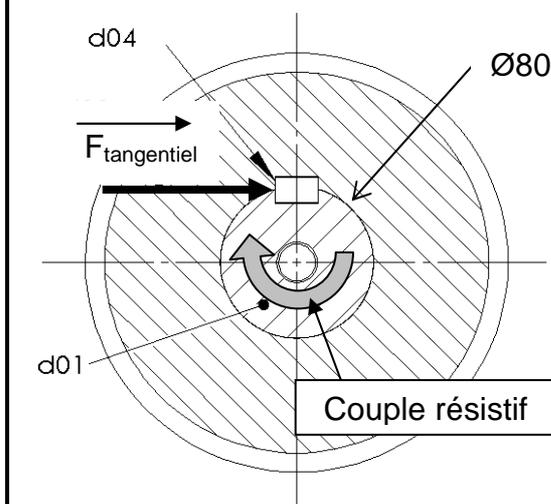
Calculer la force tangentielle due au couple résistant

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

Calculer la pression de matage subie par la clavette (on prendra une surface de matage égale à 630 mm²)

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

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.

D =	H + 2 =
------------	----------------

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 = $\varnothing 0,05$ mm)

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

Echelle : 1 : 3

A-A

