

## MECANIQUE - CONCEPTION

Durée : 4 heures

### Etude d'une transmission de chargeuse-pelleteuse

**Le sujet comporte 8 pages de texte et 4 documents**



#### Liste des figures et documents :

- Page de garde** : Photographies présentant la chargeuse-pelleteuse
- Document I** : Présentation de la chargeuse-pelleteuse au travail et des commandes de la transmission (**format A4**)
- Document II** : Schéma présentant l'architecture de la transmission de la chargeuse-pelleteuse (**format A4**)
- Document III** : Présentation schématique de la boîte de vitesses de la chargeuse-pelleteuse (d'après document CASE) (**format A4**)
- Document IV** : Trame préimprimée, présentant l'embrayage, à rendre à la fin de l'épreuve (**format A3**)

## **Etude d'une transmission de chargeuse-pelleteuse**

### **Présentation**

Les chargeuses-pelleteuses sont utilisées pour réaliser différents travaux par les industries du bâtiment, les entreprises de terrassements, ... Ce sont des engins qui doivent allier polyvalence et performance. Pour la commande hydraulique du chargeur frontal et de la pelle rétro (**document I**) plusieurs modes de fonctionnement peuvent être proposés pour s'adapter aux différents types de travaux (travaux de précision, travaux rapides, ...). De plus, un système d'anti-tangage permet de limiter l'amplitude des mouvements de la chargeuse-pelleteuse lorsqu'elle se déplace à vive allure (**Page de garde**) ; ce système hydraulique assure une conduite très confortable en supprimant les secousses éprouvées par l'opérateur. De même, pour assurer une grande productivité, la boîte de vitesses doit permettre des manœuvres rapides et précises, par exemple pour la reprise de tas et du chargement de camions (**Page de garde**).

L'architecture de la transmission de la chargeuse-pelleteuse étudiée est présentée sur le **document II**. Pour réaliser des changements de direction sans à-coups à plein régime la transmission comporte un convertisseur de couple et un inverseur à passage sous couple (**document III**). Cet inverseur est réalisé par deux embrayages à disques multiples à commande hydraulique modulée. Le changement de sens de marche est commandé par une simple pression sur l'interrupteur de commande via une électrovanne ; pour le confort de conduite cet interrupteur "A" (**document I**) est situé près du volant.

Pour la version étudiée, la boîte de vitesses comporte quatre rapports synchronisés (**document III**) ; la commande est réalisée par un levier classique "B" (**document I**). Certaines versions sont équipées de boîtes de vitesses à passage sous couple pour augmenter la rapidité des manœuvres.

Pour s'adapter aux différents types de travaux à réaliser un bouton poussoir "C" (**document I**), situé sur la console avant, permet d'utiliser la chargeuse-pelleteuse en mode 2 roues motrices ou en mode 4 roues motrices. La version représentée sur le **document III** utilise un accouplement à crabots pour réaliser cette fonction, la commande étant hydraulique.

Pour pouvoir changer de mode lorsque l'engin se déplace il faut utiliser une autre solution, par exemple un embrayage à disques multiples peut être utilisé. Cette modification fait l'objet de l'étude proposée.

**Le travail demandé comporte trois parties.** La première partie concerne une étude rapide de la transmission de la chargeuse-pelleteuse, la seconde est liée au dimensionnement de l'embrayage, et la troisième est centrée sur la conception de cet embrayage. Les deux dernières parties sont d'importance sensiblement équivalente.

**PREMIERE PARTIE : Etude de la transmission**

- 1) Proposer des choix technologiques pour la réalisation des trois accouplements 1, 2 et 3 (**document II**) ; justifier rapidement vos choix.
  
- 2) Proposer des choix technologiques pour la réalisation des composants A et B (**document II**) ; justifier rapidement vos choix.
  
- 3) Quel est le mouvement de l'axe de l'arbre "a" d'entraînement du pont avant par rapport au bâti de la chargeuse-pelleteuse? Pour pouvoir utiliser un système d'entraînement du pont avant plus simple (accouplement 2) proposer, sous forme de schémas, une solution permettant de limiter le débattement de l'axe de l'arbre "a". Proposer aussi un nouveau choix pour l'accouplement 2.
  
- 4) Proposer un schéma d'architecture (ou schéma technologique) du système d'accouplement et de désaccouplement de l'entraînement du pont avant (**document III**).
  
- 5) Justifier rapidement le choix du constructeur consistant à utiliser un convertisseur de couple dans la chaîne de transmission de puissance (**document III**). Quelles sont les caractéristiques principales d'un convertisseur de couple?

## SECONDE PARTIE : Dimensionnement de l'embrayage

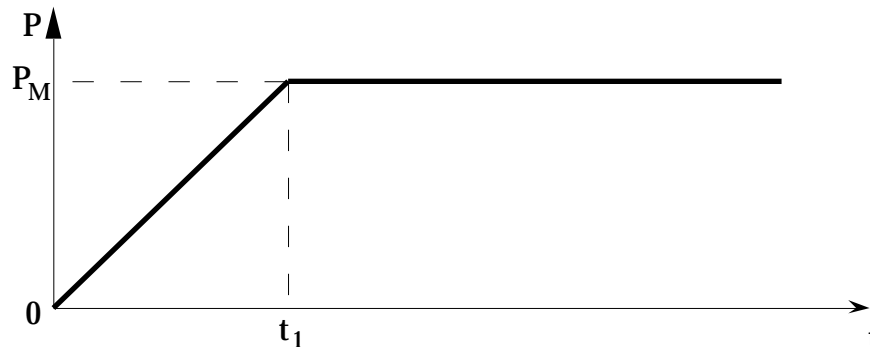
Dans cette étude, de façon générale, on s'intéresse au dimensionnement des embrayages, en particulier on désire choisir et dimensionner les cannelures. Lors de leur mise en fonction, les disques subissent une phase de contact avec glissement. Les sollicitations proviennent :

- de la pression exercée et du frottement qui en résulte,
- des effets dynamiques,
- des effets thermiques.

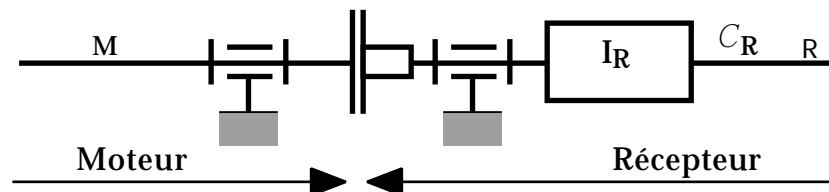
Ici on abordera que les sollicitations dues à la pression et au frottement.

### 1) Etude de la phase d'embrayage

On considère que la pression exercée est donnée par le diagramme suivant :



On cherche à déterminer la durée de la période de glissement  $T$ . Pour cela on se réfère au schéma suivant :



On considère que :

- le contact entre les disques se fait sur  $N$  couronnes de rayons intérieur  $R_1$  et extérieur  $R_2$ ,
- $I_R$  est le moment d'inertie quadratique du récepteur par rapport à l'axe de rotation,

- le modèle de frottement adopté est celui de COULOMB, le coefficient de frottement est  $f$ ,
- la vitesse de rotation du moteur est supposée constante :  $\omega_M$ ,
- à l'instant initial 0, la vitesse de rotation du récepteur est nulle,
- le couple récepteur est supposé constant :  $C_R$ .

On demande, en précisant les hypothèses utilisées :

- a - de déterminer la valeur minimale  $p_m$  de la pression qui permet l'entraînement du récepteur,
- b - de déterminer le temps de synchronisme  $T$  en fonction des paramètres. Si le temps de synchronisme est trop élevé, sur quels paramètres peut-on agir pour le diminuer? Pour chaque paramètre discutez brièvement les incidences constructives.

## 2) Etude du champ des contraintes dans les disques dû à la pression et au frottement de contact

La méthode utilisée est la "méthode des contraintes".

On demande de rappeler :

- a - à quel type de problème elle est relative,
- b - les étapes de la méthode (on indiquera les équations mises en jeu dans chacune d'elles).

Pour faire cette étude on suppose que l'épaisseur "e" des disques est petite par rapport aux autres dimensions ( $R_1$  et  $R_2$ ), en conséquence,

- on se place en coordonnées cylindriques, la base locale associée est notée  $e_r, e_\theta, e_z$ ,

- on considère que :

- . le tenseur des contraintes est uniforme suivant l'épaisseur :  $\sigma_{ij}$  ne dépend pas de  $z$ ,  $i, j$ ,
- . la contrainte  $\sigma_{zz}$  est à tout instant uniforme dans les disques :  $\sigma_{zz} = p$ ,

- l'influence des efforts tangentiels dus aux frottements sera prise en compte par l'introduction d'une densité volumique d'effort extérieur  $f(M,t) = -\frac{2f p}{e} e_\theta$ ,

**Tournez la page S.V.P.**

- en tout point M, le tenseur des contraintes admet  $e_z$  comme direction principale : sur  $e_r, e_\theta, e_z$  la matrice représentative de  $\sigma$  est la suivante :

$$\begin{matrix} & e_r & e_\theta & e_z \\ e_r & \sigma_{rr} & 0 & 0 \\ e_\theta & 0 & \sigma_{\theta\theta} & 0 \\ e_z & 0 & 0 & \sigma_{zz} \end{matrix}$$

On donne les équations d'équilibre en coordonnées cylindriques :

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{rr}}{r} + \frac{1}{r} \frac{d\sigma_{rr}}{dr} + \frac{\sigma_{zz}}{z} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}}{r} + f_r &= 0 \\ \frac{\sigma_{rz}}{r} + \frac{1}{r} \frac{d\sigma_{rz}}{dr} + \frac{\sigma_{zz}}{z} + \frac{2\sigma_{rz}}{r} + f_r &= 0 \\ \frac{\sigma_{rz}}{r} + \frac{1}{r} \frac{d\sigma_{rz}}{dr} + \frac{\sigma_{zz}}{z} + \frac{\sigma_{rz}}{r} + f_z &= 0 \end{aligned}$$

Parmi les équations de BELTRAMI, on indique celle qui relie  $\sigma_{rr}$  et  $\sigma_{\theta\theta}$  ; avec les hypothèses qui ont été faites elle s'écrit :

$$\left( \sigma_{rr} + \sigma_{\theta\theta} \right) = 0$$

On rappelle qu'en coordonnées cylindriques, si une fonction ne dépend que de  $r$ , alors :

$$\frac{d}{dr} \left( r \frac{d}{dr} \right) ( )$$

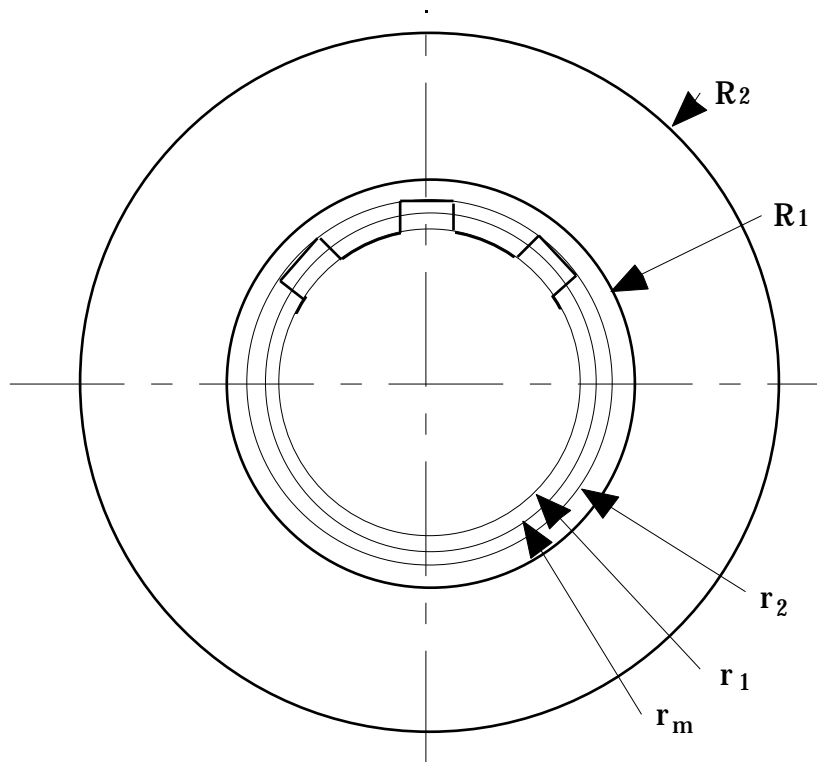
On demande :

- c- d'écrire explicitement les équations d'équilibre local pour le problème axisymétrique proposé, ainsi que l'équation de BELTRAMI.
- d- à partir de l'une des équations d'équilibre, de déterminer la forme générale de la contrainte  $\sigma_{rr}$ . La constante d'intégration, notée A, sera calculée grâce à une condition aux limites sur  $\sigma_{rr}$  lorsque  $r = R_2$ , condition que l'on indiquera.
- e- d'écrire les deux équations, l'une tirée des équations d'équilibre, l'autre de celles de BELTRAMI, permettant de calculer  $\sigma_{rr}$  et  $\sigma_{\theta\theta}$ ,
- f- de donner, sans effectuer le calcul, le principe de résolution conduisant aux formes générales de  $\sigma_{rr}$  et  $\sigma_{\theta\theta}$ , on indiquera les conditions aux limites sur les contraintes ( $r = R_1$  et  $r = R_2$ ) qui permettent de préciser  $\sigma_{rr}$  et  $\sigma_{\theta\theta}$ .

### 3) Etude des cannelures

On demande :

- a - de proposer une démarche de choix et de dimensionnement des cannelures. Recenser tous les éléments qui peuvent intervenir.
- b - de calculer la pression  $p_c$  qui s'exerce lors de la phase d'embrayage aux contacts entre le disque et l'arbre cannelé. Pour cela, on fera des choix sur la géométrie des cannelures et des hypothèses sur les contacts, puis on pourra écrire l'équilibre de la partie d'un disque située à l'intérieur du rayon  $R_1$ .



- c - d'indiquer un critère de dimensionnement à partir de  $p_c$  pouvant prendre en compte le frottement de contact. Dans le cas où le critère ne peut être respecté, quels sont les paramètres sur lesquels on peut intervenir?

### **TROISIEME PARTIE : Conception de l'embrayage**

1) Pour pouvoir changer de mode (2 roues motrices - 4 roues motrices) lorsque l'engin se déplace le constructeur souhaite remplacer l'accouplement à crabots par un embrayage à disques multiples à commande hydraulique. Proposer un schéma d'architecture (ou schéma technologique) de cet embrayage. La solution technique proposée doit limiter au maximum les efforts parasites sur les paliers. De plus l'embrayage est normalement ouvert ; c'est à dire que pour une pression de commande nulle l'embrayage est ouvert.

2) Réaliser un dessin d'avant projet de cet embrayage (**document IV**) en respectant le cahier des charges suivant :

- puissance maximale du moteur d'entraînement : 70 kW,
- embrayage à disques multiples lubrifié comportant 10 surfaces frottantes (nombre de surfaces calculé pour un diamètre maximal de l'embrayage),
- pour les garnitures des disques d'embrayage, le rapport du rayon intérieur sur le rayon extérieur est choisi égal à 0.8,
- pression de contact maximale recommandée entre les disques : 25 bar,
- commande hydraulique de l'embrayage (pression maximale 15 bar),
- la forme globale du carter et le principe de montage de l'ensemble de la boîte présentée sur le **document III** doivent être conservés ; des modifications de la partie inférieure du carter peuvent être apportées,
- réalisation en moyenne série.

Les points à étudier sont :

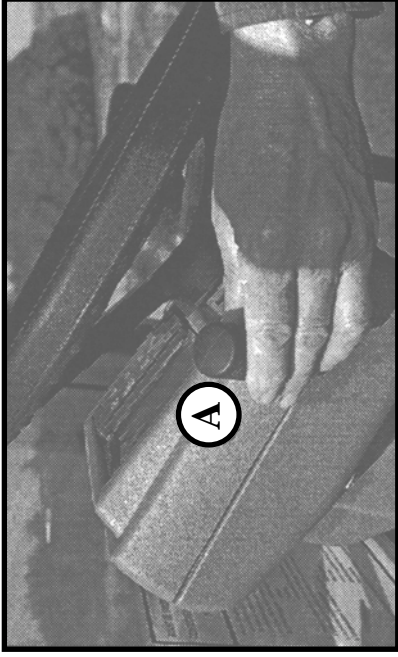
- la réalisation de la liaison pivot entre l'arbre E et le bâti,
- la réalisation de la liaison entre le pignon d'entraînement et l'arbre E,
- la réalisation de l'embrayage à disques multiples,
- la réalisation de la commande de l'embrayage.

Les différents ajustements sont à préciser.

Le dimensionnement des différentes liaisons n'est pas à étudier.

Pour les éléments standards du commerce (joints, vis, ...) il est demandé de respecter l'ordre de grandeur des dimensions.

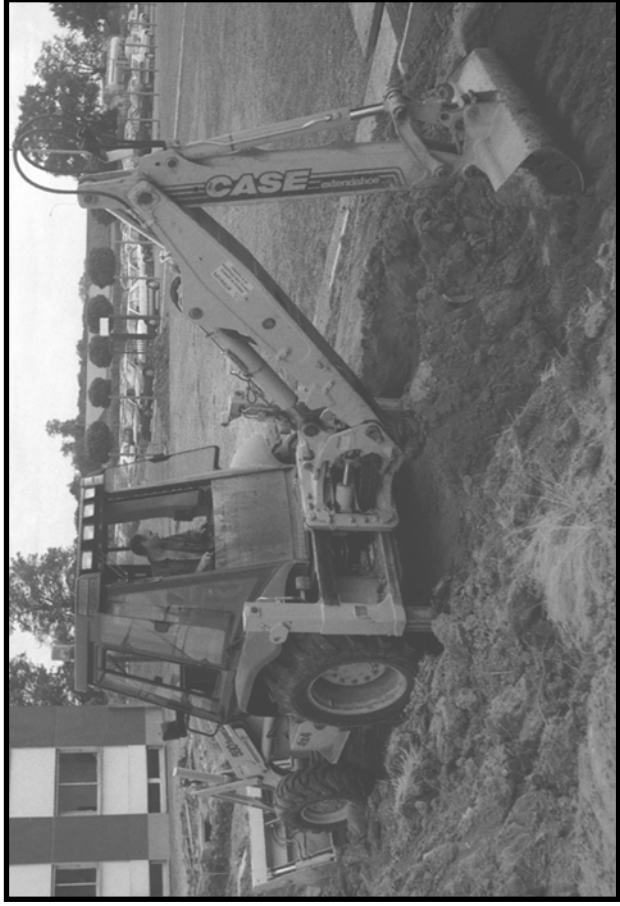




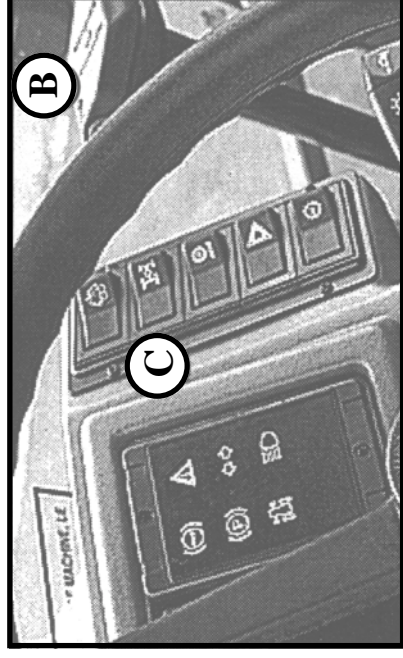
Commande de l'inverseur



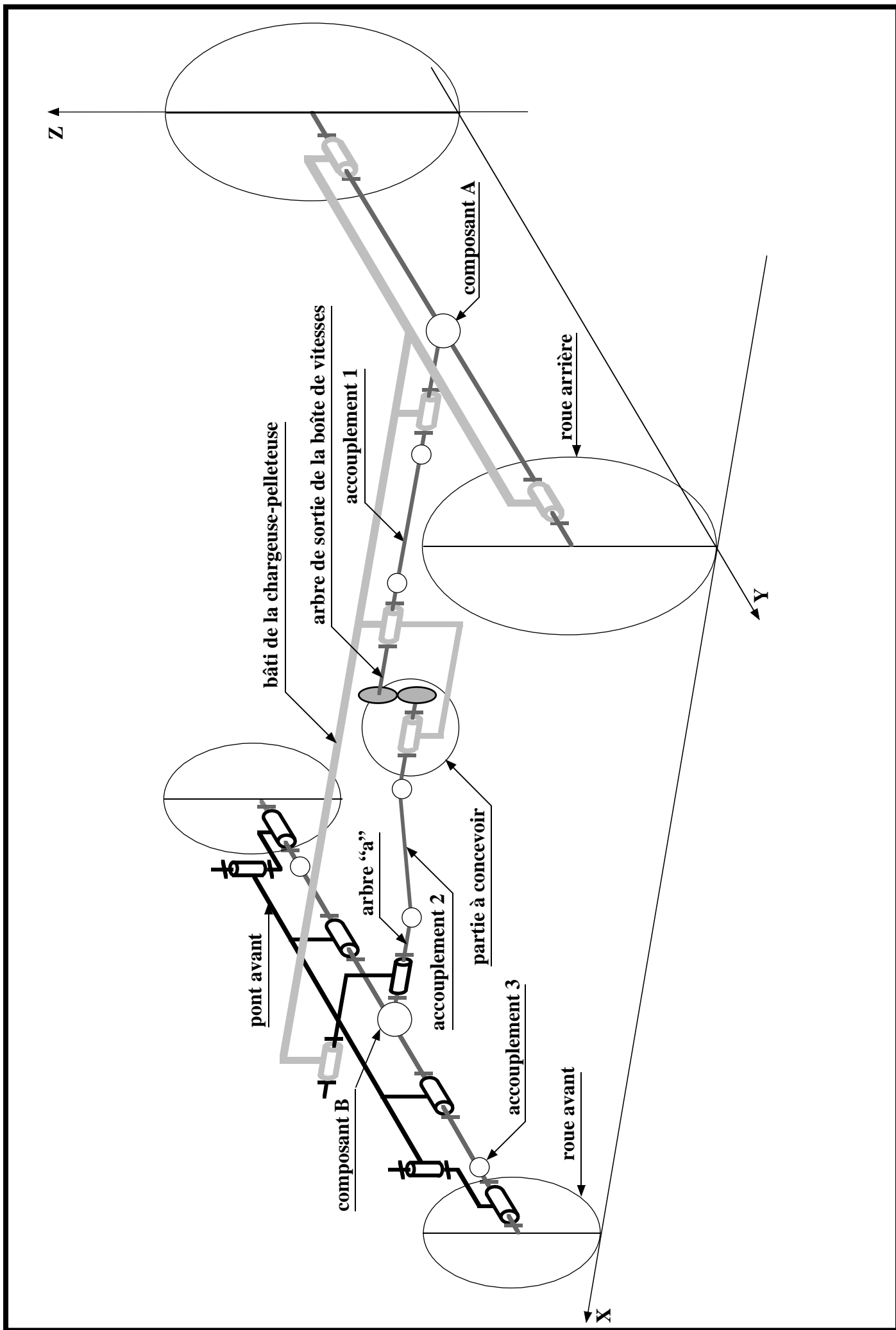
Travail avec le chargeur frontal



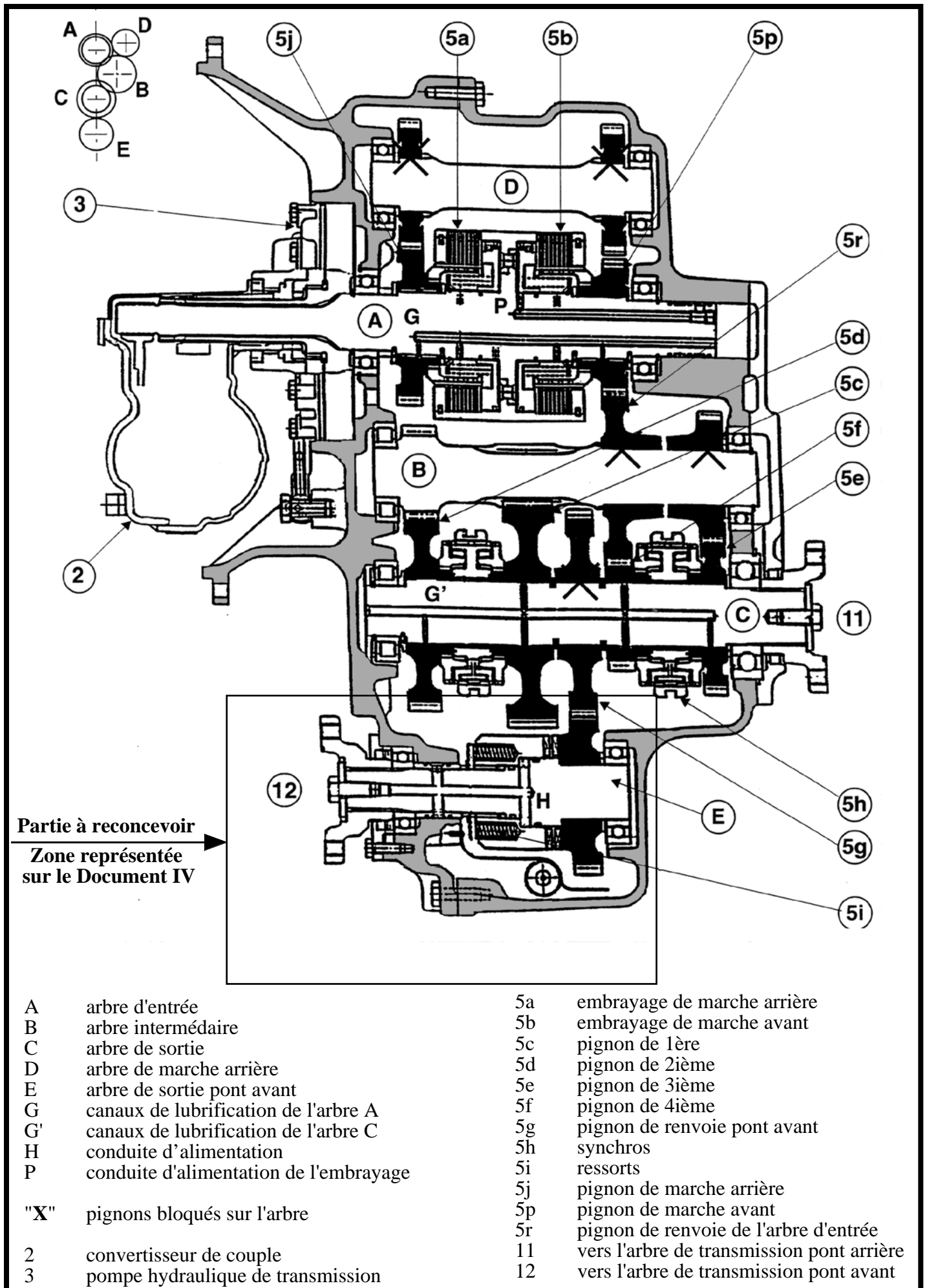
Travail avec la pelle rétro



Commande de la boîte et du pont avant

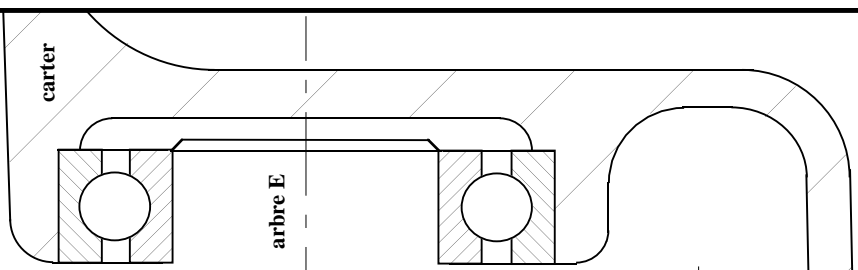
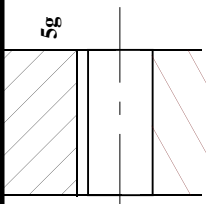
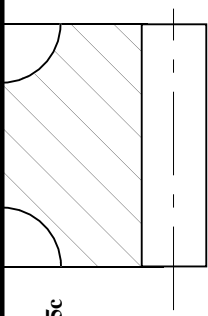
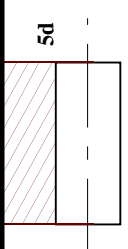
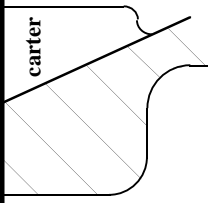


DOCUMENT II : Schéma présentant l'architecture de la transmission de la chargeuse-pelleteuse



**Document III : Présentation schématique de la boîte de vitesses de la chargeuse-pelleteuse (d'après document CASE)**

Nom : .....  
(en lettres capitales)  
Prénom : .....  
Epreuve : .....  
N° de table : .....



trace du plan de joint du carter

échelle  $\sqrt{2} / 2$