

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**

**MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES  
MATERIELS AGRICOLES, DE TRAVAUX PUBLICS,  
DE PARCS ET JARDINS**

**~ SESSION 2002 ~**

**EPREUVE E1 A1**

**- Unité U 11 -**

**CORRIGE**

**Numéroté 1/16 à 16/16 + 2 pages**

**THEME**

***Boîte de vitesses d'une chargeuse-pelleteuse***

<b>BACCALAUREAT PROFESSIONNEL M.E.M.A.T.P.P.J.</b>	<b>EPREUVE E1 A1 – UNITE U 11</b>	
<b>SESSION : 2002</b>	<b>DUREE : 4 h</b>	<b>COEFFICIENT : 2</b>
<b>REPERE : 0206-MEM ST A bis</b>		

# CHARGEUSE-PELLETEUSE ----- DOCUMENT REPONSE : N°1/16

## - Etude technique de la boîte de vitesses Power-shift :

### - On donne :

- Deux vues en plan des arbres de boîte de vitesses.
- Une vitesse de rotation du moteur thermique : 1500 tr/min
- Un rapport de couple conique arrière : 11 / 42
- Un rapport de réduction finale : 17 / 62
- Un diamètre de roue arrière : 1350 mm

### - On demande pour chaque vue en fonction du rapport sélectionné :

- 1) - De tracer d'un trait rouge le circuit de puissance sur les dessins ci-dessous.
- 2) - D'effectuer les calculs permettant de connaître la vitesse de déplacement de la chargeuse-pelleteuse.

### \* - Méthode de calcul :

Régime moteur x Rapport d'entrée B.d.v. x Rapport de sortie B.d.v. x Rapport de pont x Réduction finale x Circonférence de roue AR x 60 = Vitesse de déplacement arrondie au chiffre supérieur et calculée en km/h.

1<sup>ère</sup> Vue :

### - Rapport de boîte sélectionné :

2<sup>ème</sup> MARCHÉ AVANT

### - Vitesse de déplacement de la machine :

### \* - Donnez le détail de vos calculs :

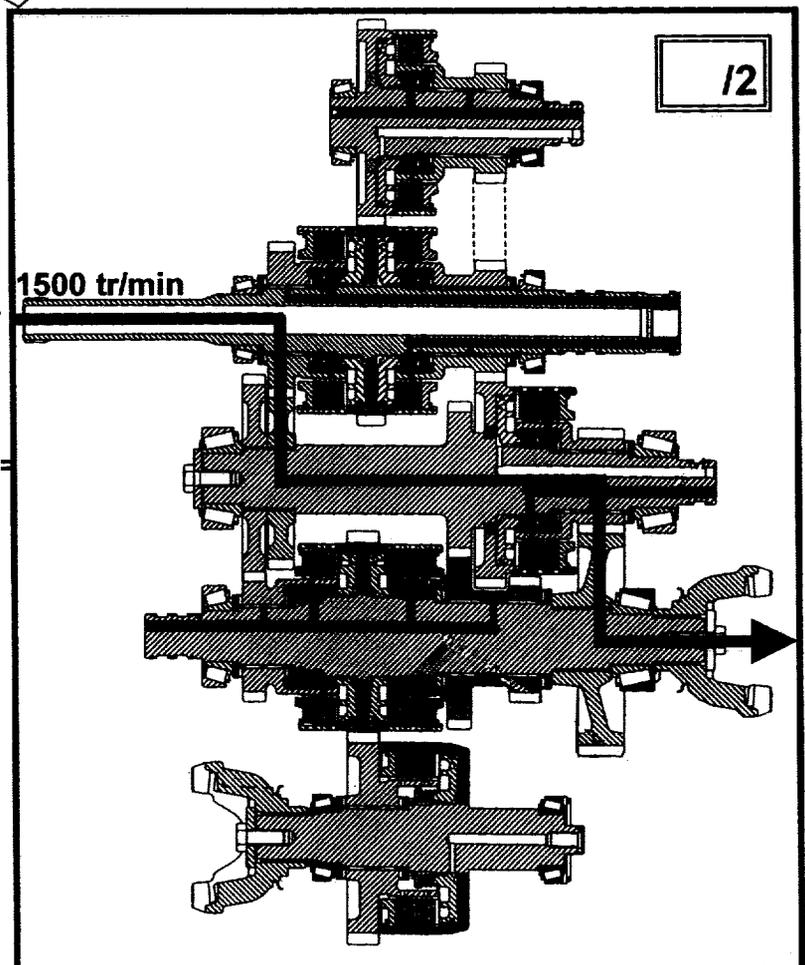
$$1500 \times \frac{27}{34} \times \frac{13}{47} \times \frac{11}{42} \times \frac{17}{62} \times (\pi \times 1350) \times 60 =$$

6020840,4 mm/h soit 6,021 km/h

6,021 km/h

/2

Total de la page :    /4



**CHARGEUSE-PELLETEUSE ----- DOCUMENT REPOSE : N°2/16**

- 2<sup>ème</sup> Vue :

- Rapport de boîte sélectionné :

**3<sup>ème</sup> MARCHÉ ARRIÈRE  
Quatre Roues Motrices**

- Vitesse de déplacement de la machine :

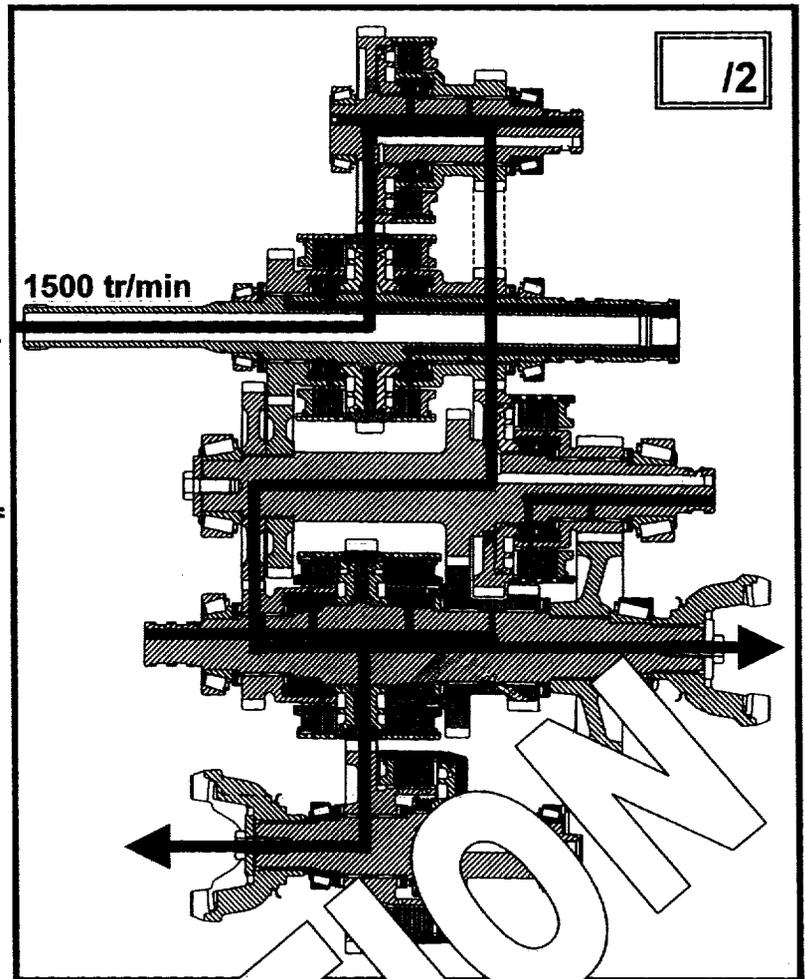
\* - Donnez le détail de vos calculs :

$$1500 \times \frac{16}{45} \times \frac{38}{22} \times \frac{11}{42} \times \frac{17}{62} \times (\pi \times 1350) \times 60 =$$

$$16834304 \text{ mm/h soit } \underline{16,835 \text{ km/h}}$$

**16,835 km/h**

**12**



**Etude des embrayages de l'arbre d'entrée de boîte de vitesses Powershift :**

- L'arbre d'entrée de boîte de vitesses comporte l'**embrayage multidisques de marche avant rapide** ( Rep. n° 3 sur documents ressources n° 2 & 3 ) conçu avec 6 disques et l'**embrayage multidisques de marche avant lente** ( Rep. n° 10 sur documents ressources n° 2 & 3 ) conçu avec 5 disques.

- Le couple transmissible par un **embrayage monodisque** , à contact bilatéral (un disque à deux faces actives ) est égal à :

$$M = 2 \cdot N \cdot \mu \cdot r_{\text{moy}} \quad \text{avec :}$$

**M** : couple transmissible en *newton.mètre*.

**N** : effort normal appliqué à la friction (effort presseur) en *newton*.

**$\mu$**  : facteur de frottement.

**$r_{\text{moy}}$**  : rayon moyen de la friction en *mètre*.

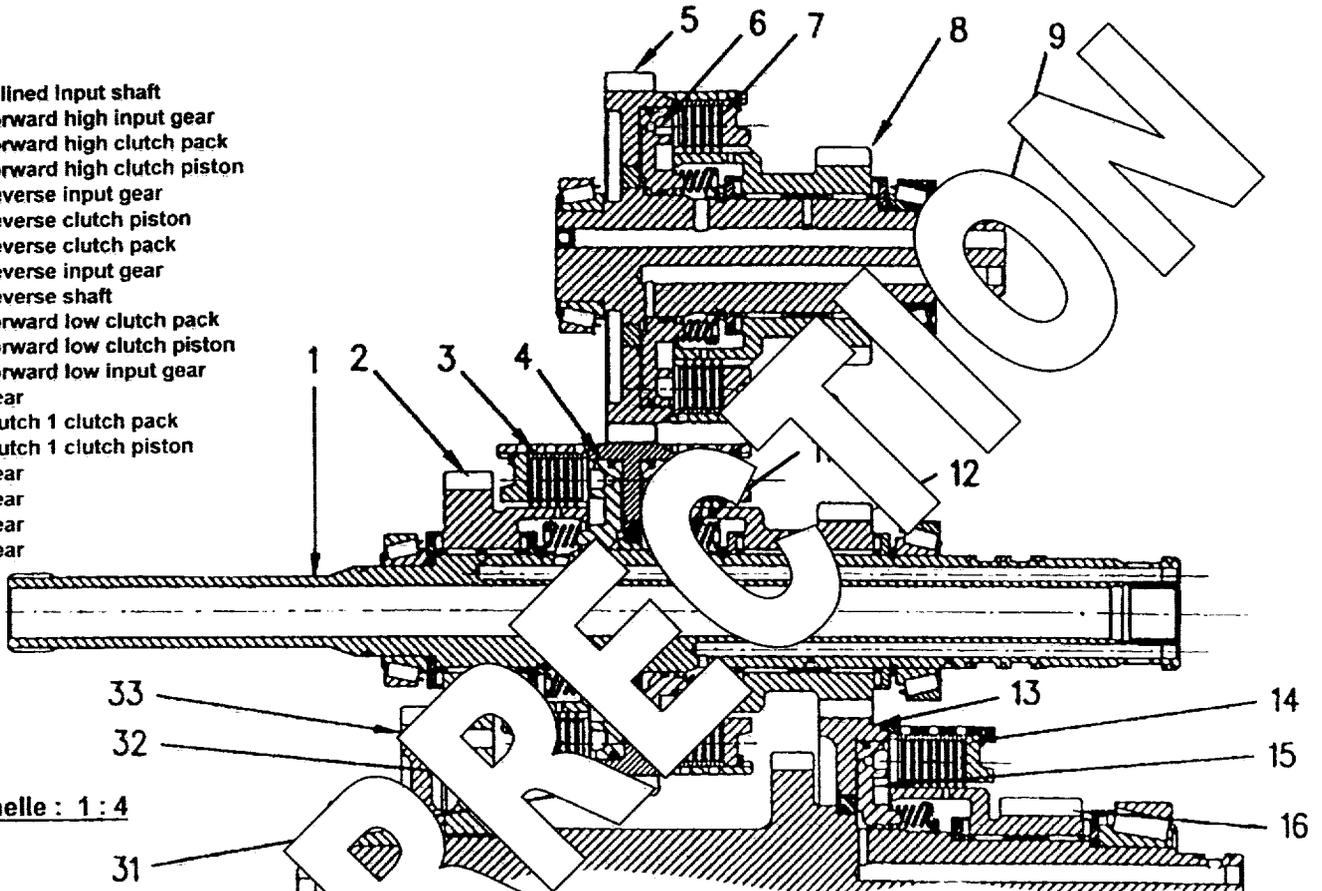
- Le couple transmis par un **embrayage multidisques** conçu avec **k** disques est égal à :

$$M = 2 \cdot k \cdot N \cdot \mu \cdot r_{\text{moy}}$$

**Total de la page : 14**

**CHARGEUSE-PELLETEUSE ---- DOCUMENT REPONSE : N°3/16**

- 1 splined input shaft
- 2 Forward high input gear
- 3 Forward high clutch pack
- 4 Forward high clutch piston
- 5 Reverse input gear
- 6 Reverse clutch piston
- 7 Reverse clutch pack
- 8 Reverse input gear
- 9 Reverse shaft
- 10 Forward low clutch pack
- 11 Forward low clutch piston
- 12 Forward low input gear
- 13 Gear
- 14 Clutch 1 clutch pack
- 15 Clutch 1 clutch piston
- 16 Gear
- 31 Gear
- 32 Gear
- 33 Gear



Echelle : 1 : 4

**- On donne :**

- Effort presseur  $N$  : 450N
- Facteur de frottement  $\mu$  : 0,5
- Rayon moyen  $r_{\text{moy}}$  : à mesurer sur le dessin ci-dessus (tenir compte de l'échelle).
- $P = M \cdot \omega$  et  $\omega = \pi N / 30$   
(Watt)(N.m)(rad/s)

**- On demande :** (donnez le détail de vos calculs)**1) De calculer la valeur du couple transmis par l'embrayage de marche avant rapide :**

$$M = 2 \times 6 \times 450 \times 0,5 \times 0,070$$

$$= 189 \text{ N.m}$$

12

\* Le couple exercé par l'embrayage de marche avant lente (157,5 N.m) est transmis à la vitesse de 1500 tr/min.

**2) De calculer la puissance transmise par cet embrayage de marche avant lente :**

$$\omega = (3,14 \times 1500) / 30$$

$$= 157 \text{ rad / s}$$

$$P = 157,5 \times 157 = 24727 \text{ W}$$

$$= 24,7 \text{ KW}$$

12

**Total de la page : 14**

# CHARGEUSE-PELLETEUSE ----- DOCUMENT REPOSE : N°4/16

## - Etude du système hydraulique de commande de boîte :

### - On donne :

- une vue du circuit hydraulique de commande de boîte de vitesses.

### - On demande :

- 1) - De donner la fonction de la valve Rep.16
- 2) - De donner la fonction du clapet Rep.20
- 3) - De repasser **en rouge** le circuit de commande des différents embrayages nécessaires au passage du 3<sup>ème</sup> rapport de marche avant et en position quatre roues motrices enclenchées.

### 1) - Fonction de la valve Rep. 16 :

elle intervient lors du démarrage à froid du moteur et donc de la circulation à froid de l'huile de transmission : le clapet s'ouvre et régule la pression en protégeant le filtre Rep.12 placé après la valve Rep.16.

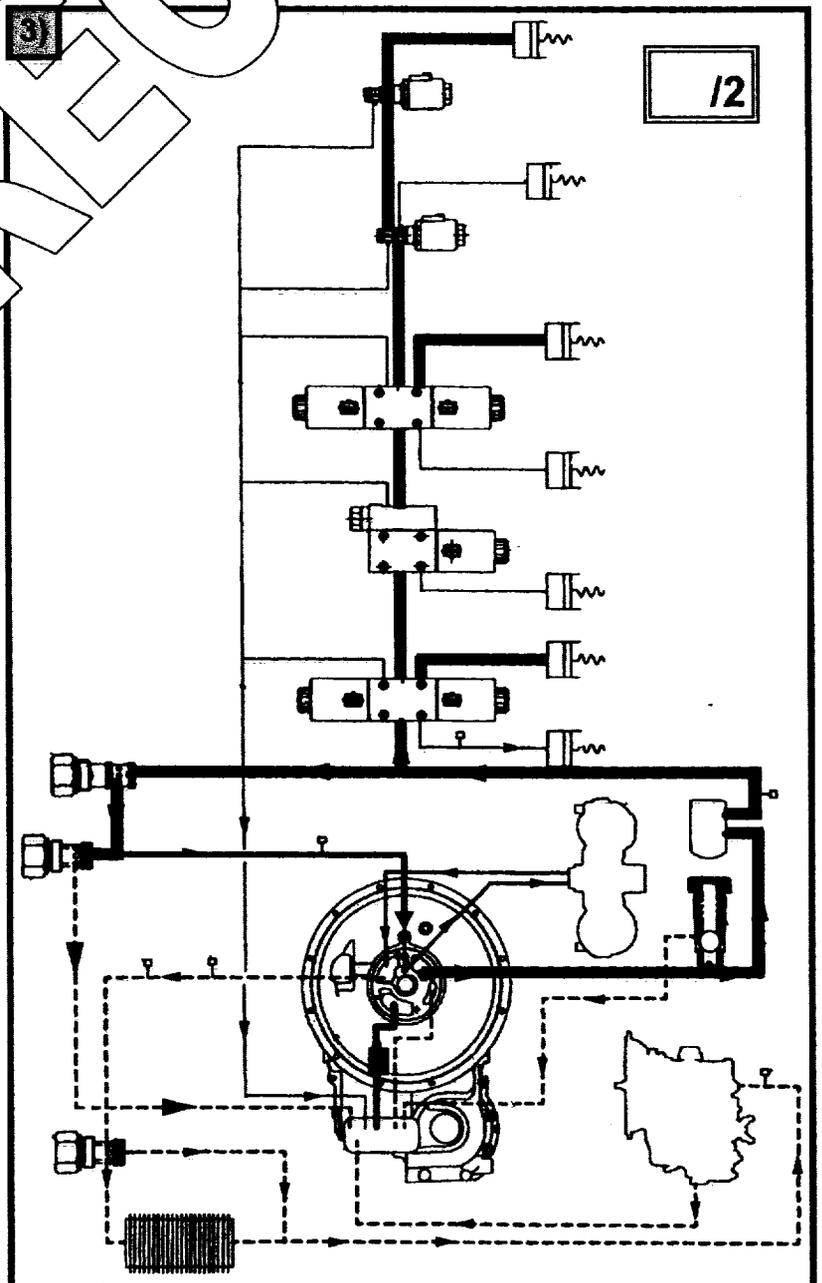
12

### 2) - Fonction du clapet Rep. 20 :

il autorise ou court-circuite le passage de l'huile dans le réfrigérant en fonction de la température de l'huile enregistrée par l'élément thermostatique du clapet.

12

**Total de la page : 16**



## MECANIQUE APPLIQUEE

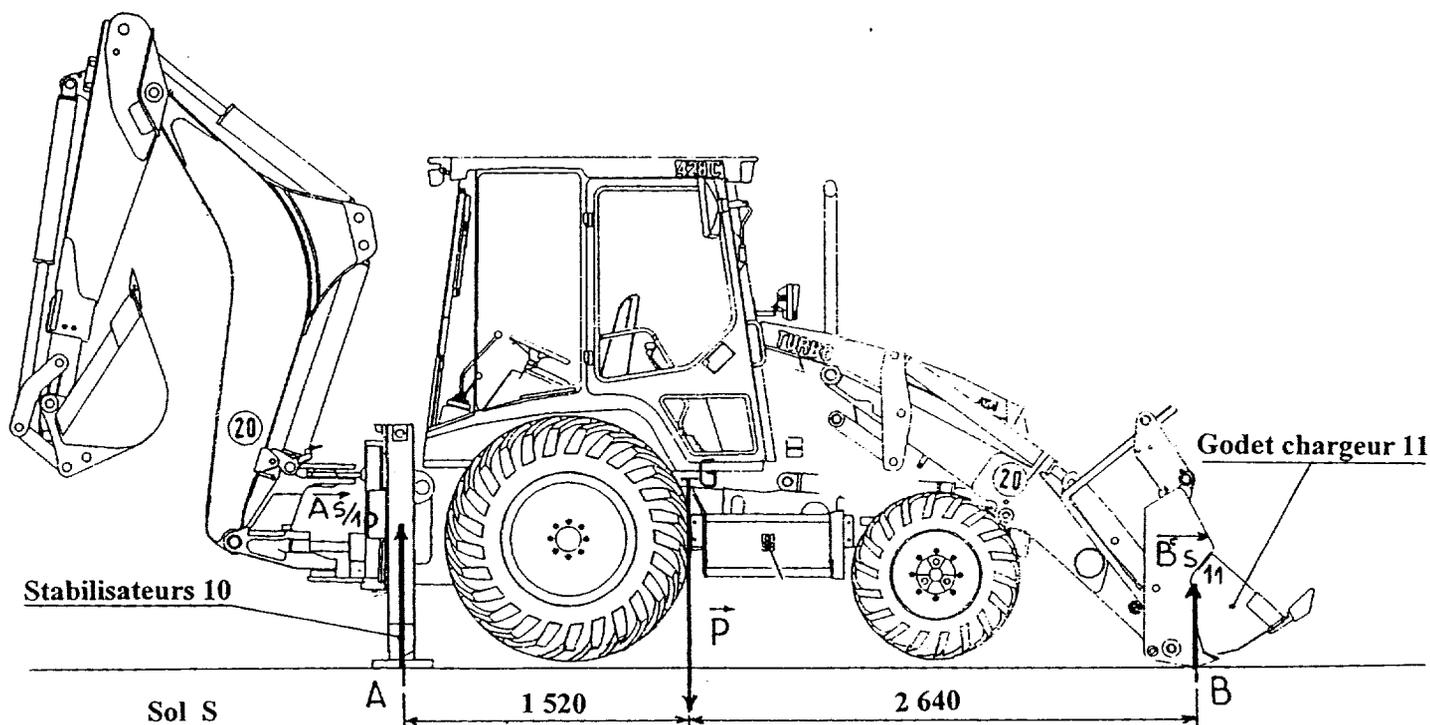
### 1 STATIQUE

#### A PREPARATIFS DE TRAVAIL EN PELLETEUSE

La chargeuse-pelleteuse est préparée pour un travail *en pelleteuse* :

- le godet chargeur a été abaissé jusqu'à ce que les roues avant décollent légèrement du sol ;
- le siège a pivoté côté pelle ;
- les stabilisateurs ont été abaissés jusqu'à ce que les roues arrière décollent légèrement du sol.

Seuls, le godet chargeur et les stabilisateurs sont en contact avec le sol.  
L'étude est réalisée dans le plan de symétrie de la chargeuse-pelleteuse.



#### A 1 ETUDE DE L'EQUILIBRE DE LA CHARGEUSE-PELLETEUSE

On donne :

Le poids total du véhicule (cabine + châssis + chargeuse avant + pelleteuse arrière + conducteur + plein du réservoir de carburant) égal à  $\|\vec{P}\| = 7\,560$  daN, appliqué en G, centre de gravité de l'ensemble.

On demande :

De déterminer les actions exercées par le sol S sur les stabilisateurs 10 au point A :  $\vec{A}_{S/10}$  et sur le godet chargeur 11 au point B :  $\vec{B}_{S/11}$ .

Bien que ces actions soient *surfaciques* (réparties sur une surface) les liaisons en A et B, dans un but de simplification, sont assimilées à des *liaisons ponctuelles*.

**A 1 1 FAIRE LE BILAN DES FORCES EXTERIEURES APPLIQUEES SUR LA CHARGEUSE-PELLETEUSE EN COMPLETANT LE TABLEAU SUIVANT**

FORCES EXTERIEURES	PT. D'APPLICATION	DIRECTION + SENS	NORME - INTENSITE
$\vec{P}$	G	↓	7 560 daN
$\vec{A}$	A	↑	?
$\vec{B}$	B	↑	?

**A 1 2 EXPRIMER LE PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE : EQUATIONS D'EQUILIBRE**

$$\begin{aligned} \Sigma \vec{F}_{ext} &= \vec{0} \quad (1) \Rightarrow \vec{P} + \vec{AS/10} + \vec{BS/11} = \vec{0} \\ \Sigma Mo\vec{F}_{ext} &= \vec{0} \quad (2) \Rightarrow Mo\vec{P} + Mo\vec{AS/10} + Mo\vec{BS/11} = \vec{0} \end{aligned}$$

**A 1 3 RESOUDRE ALGEBRIQUEMENT OU GRAPHIQUEMENT (AU CHOIX) LE PROBLEME**

*Représenter vectoriellement ces forces sur la figure. (Echelle des forces : 1 mm  $\hat{=}$  250 daN)*

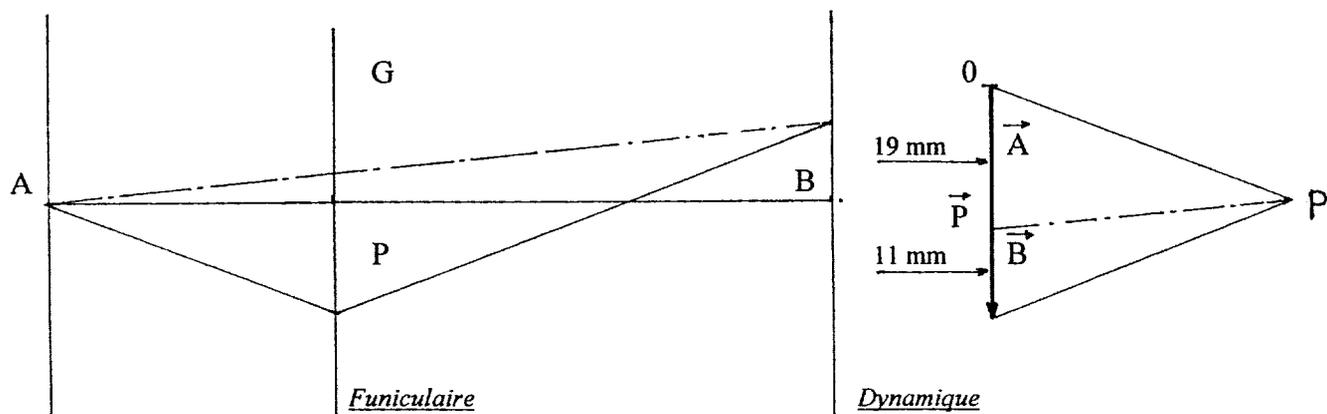
**A 1 3 1 EN UTILISANT L'EQUATION DE MOMENT**

$$\begin{aligned} \text{Au point A : } \Sigma MA F_{ext} &= -MA P + MA BS/11 = 0 \\ -1,52 \times 7560 + 4,16 B &= 0 \Rightarrow B = 11491,2 / 4,16 = 2762,3 \text{ daN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Au point B : } \Sigma MB F_{ext} &= MB P - MB AS/10 = 0 \\ 2,64 \times 7560 - 4,16 A &= 0 \Rightarrow A = 19958,4 / 4,16 = 4797,7 \text{ daN} \end{aligned}$$

$$\text{Résultats : } \|\vec{AS/10}\| = 4797,7 \text{ daN} \quad \|\vec{BS/11}\| = 2762,3 \text{ daN}$$

**A 1 3 2 EN UTILISANT LA STATIQUE GRAPHIQUE**



Echelle des longueurs : 0,025

Echelle des forces : 1 mm  $\hat{=}$  250 daN

$$\text{Résultats : } \|\vec{AS/10}\| = 4750 \text{ daN}$$

$$\|\vec{BS/11}\| = 2750 \text{ daN}$$

FORCES EXTERIEURES	PT. D'APPLICATION	DIRECTION + SENS	NORME - INTENSITE
$\vec{P}$	G	↓	2 600 daN
$\frac{\vec{T} S/3}{3}$	T	←	1 800 daN
$\vec{C}(4+5)/1$	C	BC	?
$\vec{A} 0/1$	A	?	?

### B 2 2 EXPRIMER LE PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE : EQUATIONS D'EQUILIBRE

$$\begin{cases} \Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{0} & (1) \\ \Sigma Mo\vec{F}_{ext} = \vec{0} & (2) \\ \vec{P} + \frac{\vec{T} S/3}{3} + \vec{C}(4+5)/1 + \vec{A} 0/1 = \vec{0} \\ Mo\vec{P} + Mo\frac{\vec{T} S/3}{3} + Mo\vec{C}(4+5)/1 + Mo\vec{A} 0/1 = \vec{0} \end{cases}$$

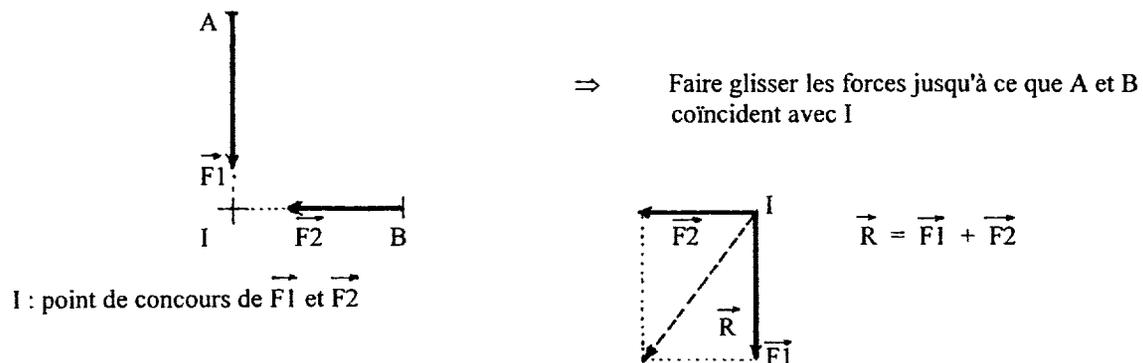
### B 2 3 RESOUDRE GRAPHIQUEMENT LE PROBLEME

Le candidat pourra utiliser, au choix, l'une des deux méthodes suivantes :

#### B 2 3 1 PREMIERE METHODE DE RESOLUTION GRAPHIQUE

Ramener le problème à l'étude de l'équilibre d'un solide *soumis à trois forces*.

**Rappel** : La résultante de deux forces concourantes passe par le point de concours de celles-ci. Si deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont des points d'application différents, il est possible de les translater le long de leur ligne d'action jusqu'au point de concours I puis de les additionner suivant la règle du parallélogramme ou du triangle.

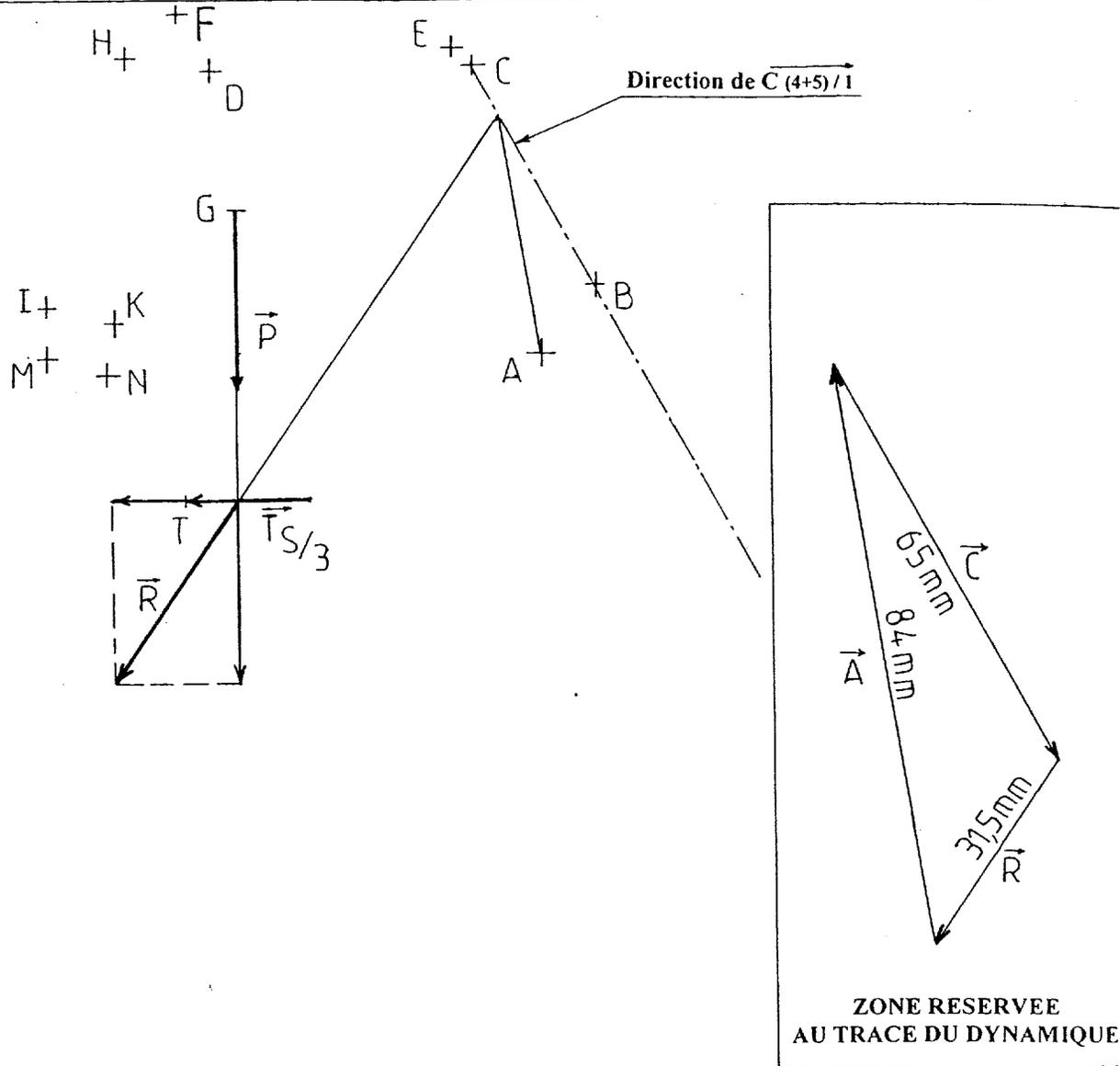


Faire la construction de la résultante des forces  $\frac{\vec{T} S/3}{3}$  et  $\vec{P}$  selon ce principe *sur la figure de la page suivante* puis résoudre graphiquement sur cette même figure le problème de l'équilibre du sous-ensemble isolé *soumis à présent à l'action de trois forces concourantes*.

Résultats :  $\|\vec{C}(4+5)/1\| = \underline{6\,500 \text{ daN}}$  ;  $\|\vec{A} 0/1\| = \underline{8\,400 \text{ daN}}$

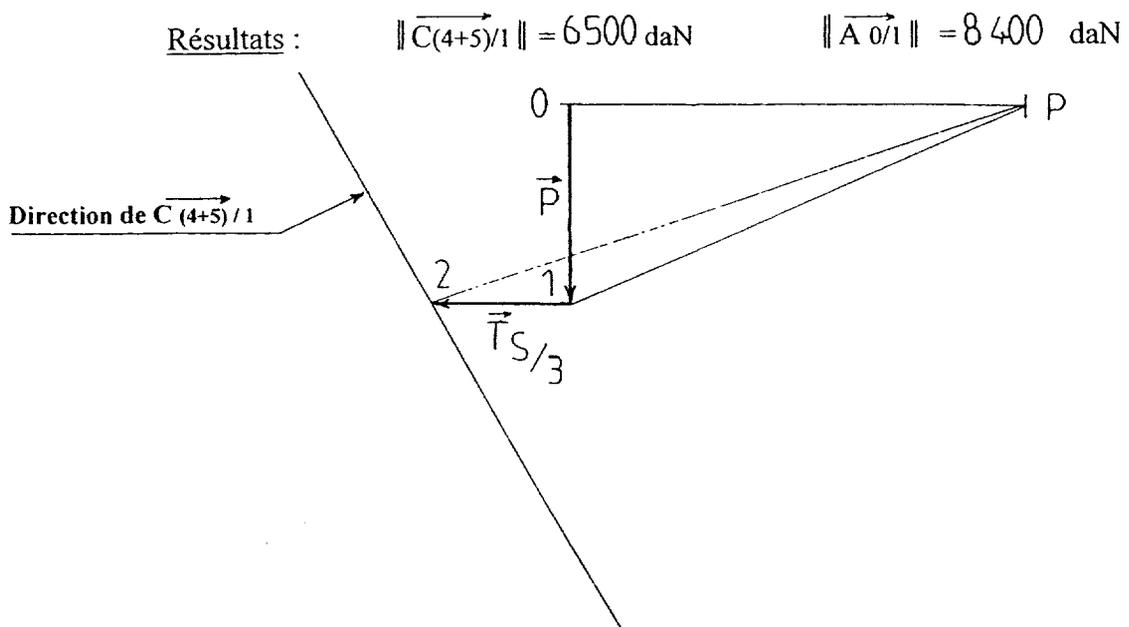
#### B 2 3 2 DEUXIEME METHODE DE RESOLUTION : STATIQUE GRAPHIQUE

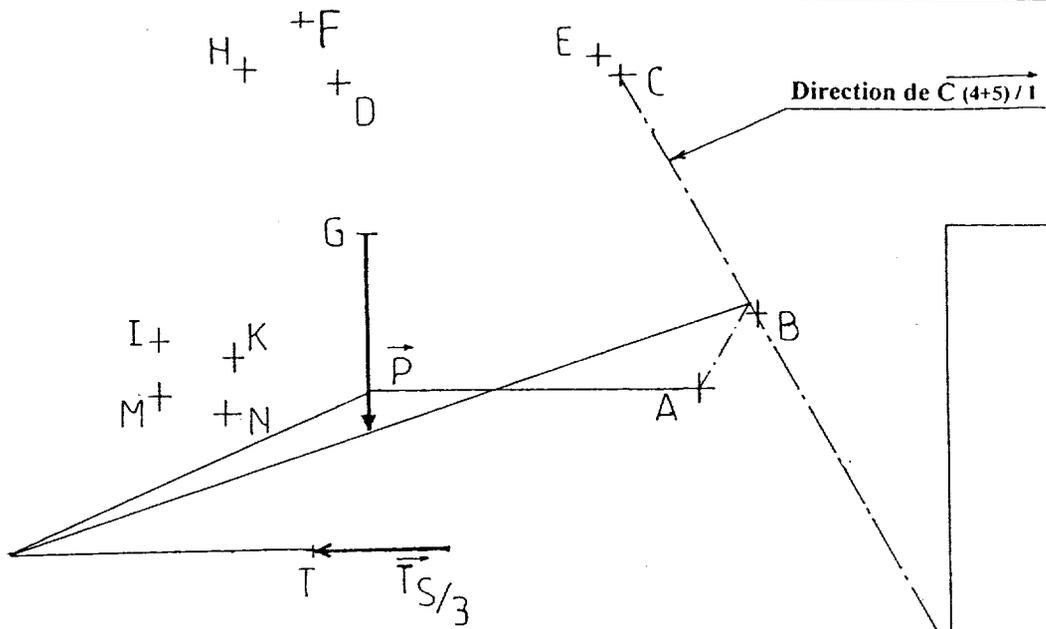
Si le candidat préfère résoudre le problème au moyen de la méthode de *statique graphique*, il peut construire un *funiculaire* sur la même figure de la page suivante puis terminer le *dynamique commencé* au bas de la page.



*Dynamique*

Echelle des forces : 1 mm  $\hat{=}$  100 daN





ZONE RESERVEE  
AU TRACE DU DYNAMIQUE

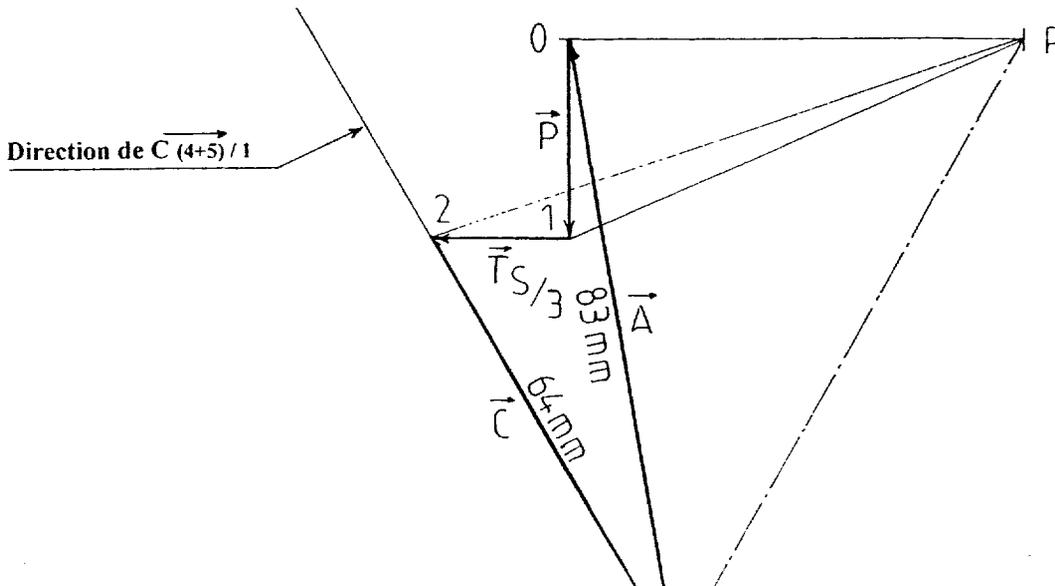
*Dynamique*

Echelle des forces : 1 mm  $\hat{=}$  100 daN

Résultats :

$\|\vec{C}(4+5)/1\| = 6400 \text{ daN}$

$\|\vec{A} 0/1\| = 8300 \text{ daN}$



- d'un godet de pelle 3 articulé en N sur le bras 2. La manœuvre est assurée par un vérin hydraulique (8 + 9) articulé en H sur le bras 2 et en I sur les biellettes IK, liées en K au bras 2 et les biellettes IM, liées en M au godet de pelle 3.

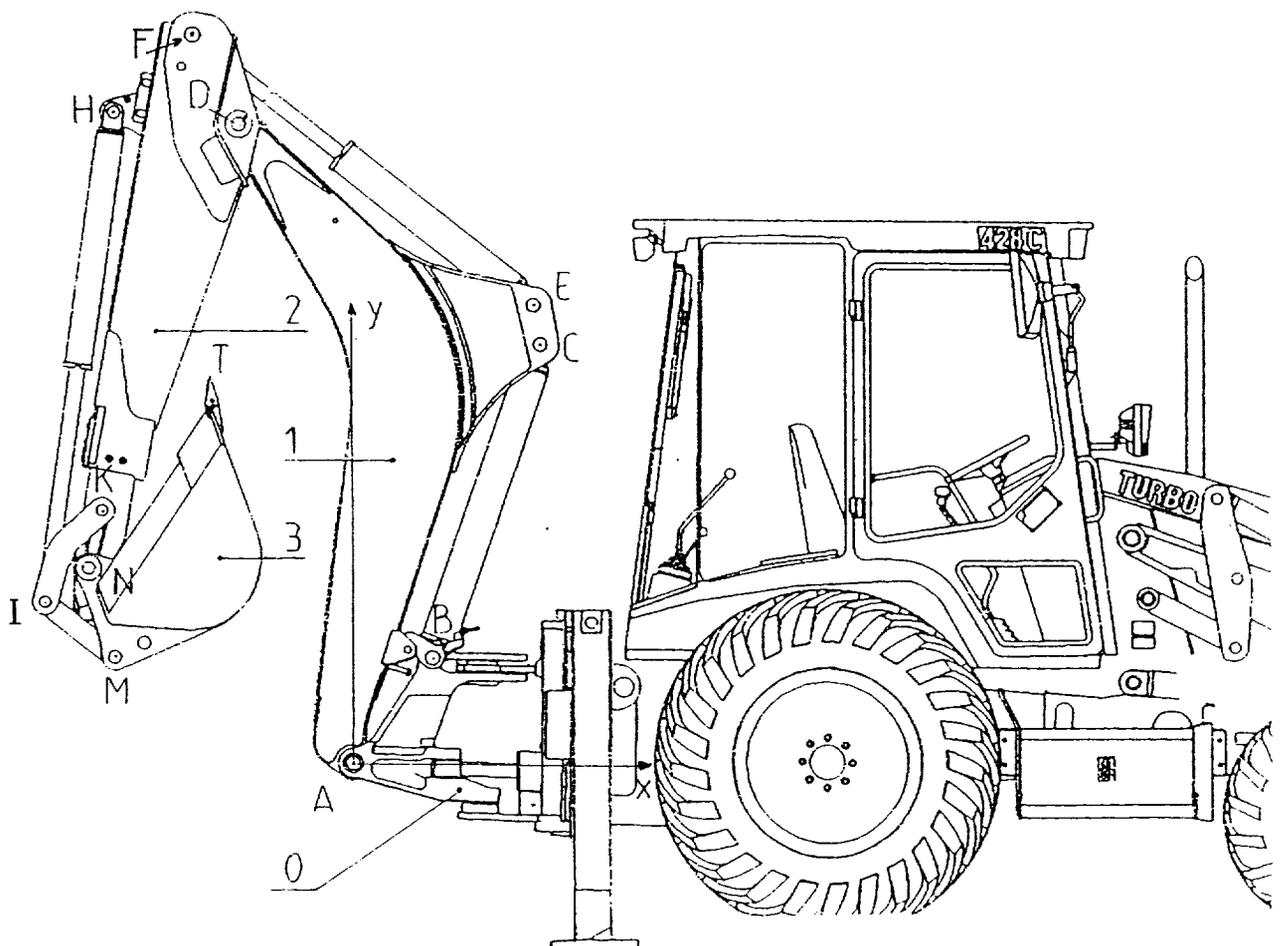
### A ON SUPPOSE QUE LES TROIS VERINS SONT ALIMENTES

Les trois vérins hydrauliques (4 + 5), (6 + 7), (8 + 9) sont supposés simultanément alimentés.

#### A 1 DETERMINER LA NATURE DES MOUVEMENTS SUIVANTS

- Mt 1 / 0 : *Rotation de centre A*
- Mt 2 / 1 : *Rotation de centre D*
- Mt 4 / 5 : *Translation rectiligne de direction BC*
- Mt 6 / 7 : *Translation rectiligne de direction EF*
- Mt 2 / 0 : *Mouvement plan général (dans le plan (A, x, y))*
- Mt 3 / 0 : *Mouvement plan général (dans le plan (A, x, y))*
- Mt 3 / 1 : *Mouvement plan général (dans le plan (A, x, y))*
- Mt 7 / 1 : *Rotation de centre E*
- Mt 6 / 1 : *Mouvement plan général (dans le plan (A, x, y))*

#### A 2 DETERMINER LA NATURE DES TRAJECTOIRES SUIVANTES

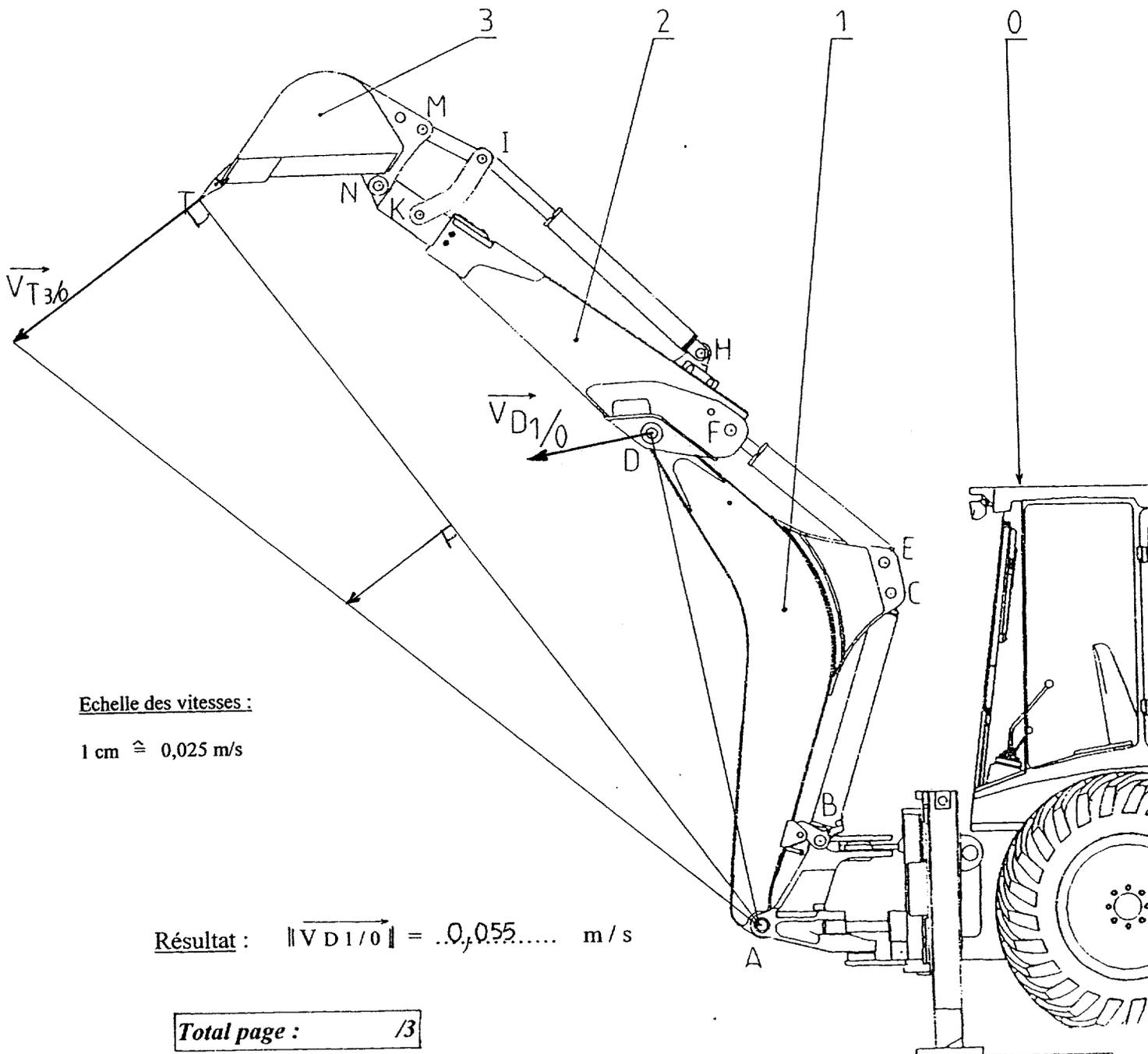


N.B. :  $T_{D \in 1/0}$  se lit : trajectoire du point D appartenant à 1 par rapport à 0  
Préciser ci-dessous la nature des trajectoires :

- $T_{D \in 1/0}$  : Arc de cercle de centre A et de rayon AD  
 $T_{D \in 2/0}$  : Arc de cercle de centre A et de rayon AD  
 $T_{D \in 2/1}$  : Point D (D1 et D2 sont constamment en coïncidence)  
 $T_{N \in 2/1}$  : Arc de cercle de centre D et de rayon DN  
 $T_{T \in 3/2}$  : Arc de cercle de centre N et de rayon NT

### B ON SUPPOSE QUE SEUL, LE VERIN (4 + 5) EST ALIMENTE

Les vérins (6 + 7) et (8 + 9) ne sont pas actionnés. L'équipement pelleuse est abaissé vers le sol.  $AT = 5\,578\text{ mm}$  ;  $AD = 3\,075\text{ mm}$

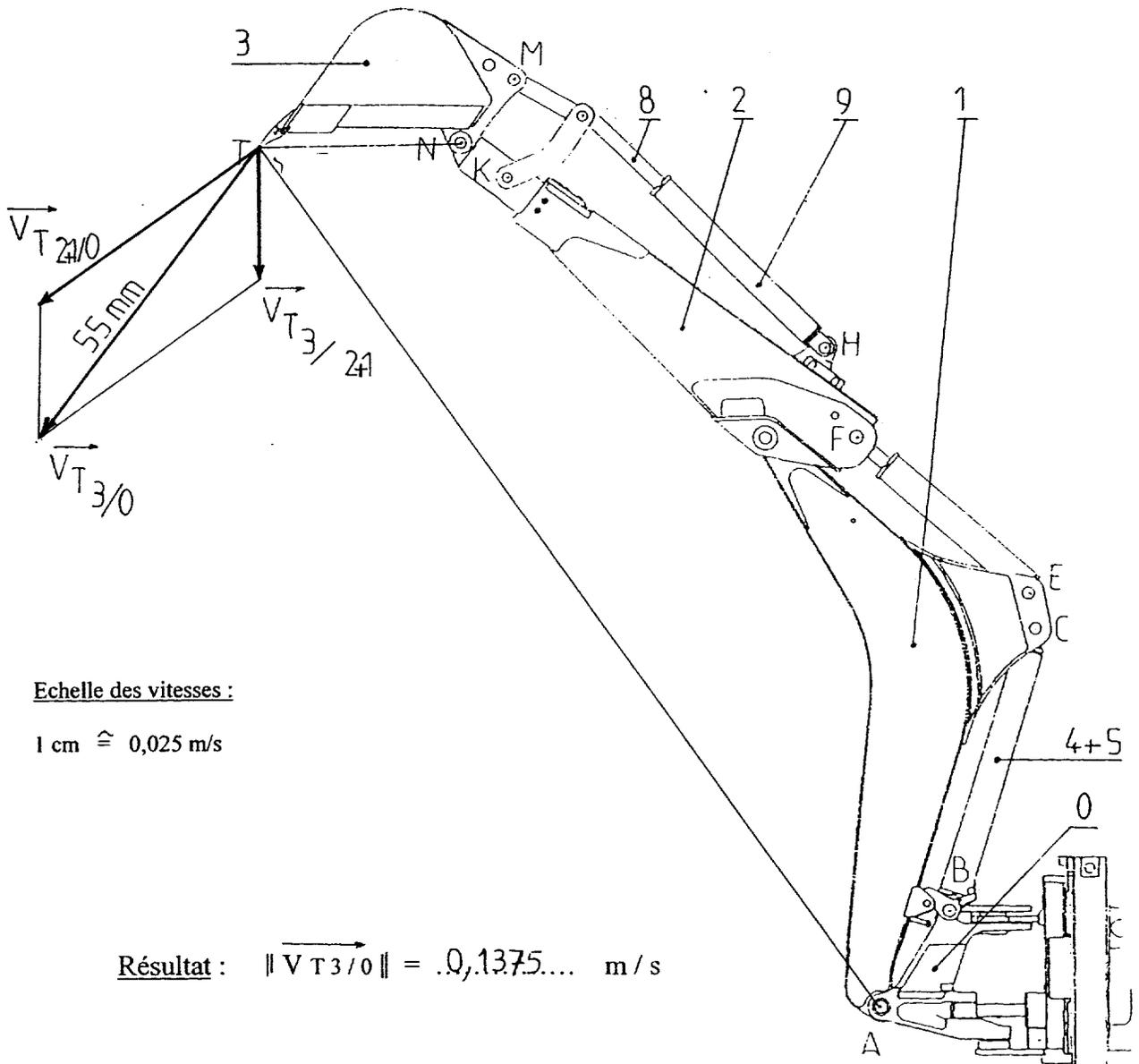


**B 1 TRACER SUR LA FIGURE LE VECTEUR-VITESSE  $V_{T3/0}$** 

La vitesse linéaire du point T est donnée :  $\|\vec{V}_{T3/0}\| = 0,1 \text{ m/s}$   
 Echelle des vitesses :  $1 \text{ cm} \hat{=} 0,025 \text{ m/s}$

**B 2 DETERMINER ET TRACER SUR LA FIGURE LE VECTEUR-VITESSE  $V_{D1/0}$** 

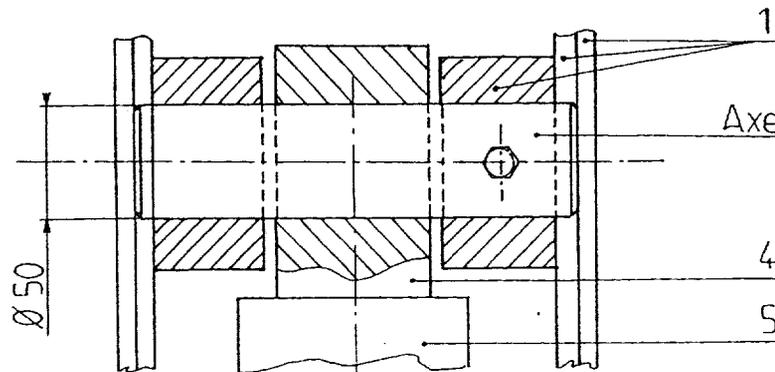
Utiliser une *méthode graphique (triangle des vitesses)* ou une *méthode analytique* ( en déterminant la vitesse angulaire  $\omega$  du bras de levage ( en radians / s ), puis en déduisant la vitesse linéaire du point D :  $V_{D1/0}$  ( avec  $AD = 3\,075 \text{ mm}$  ); on donne :  $V = \omega R$  avec :  $V$  en  $\text{m/s}$ ;  $\omega$  en  $\text{rad/s}$ ;  $R$  en  $\text{m}$  ).

**C ON SUPPOSE QUE SEUL , LE VERIN (6 + 7) N'EST PAS ALIMENTE**

## 2 3 RESISTANCE DES MATERIAUX

### A CISAILLEMENT

L'articulation cylindrique en C entre la flèche 1 et le piston 4 du vérin qui réalise le levage (ou l'abaissement) de la flèche de l'équipement pelleteuse (articulation *en chape*) est réalisée comme l'indique la figure :



Elle assure la liaison pivot entre la flèche 1 et le vérin (4+5) au moyen d'un axe cylindrique arrêté en translation par un boulon.

On donne :

- L'effort exercé en C :  $\|\vec{C}\| = 6\,500 \text{ daN}$
- Le diamètre de l'axe : 50 mm
- La contrainte admissible au cisaillement de l'axe  $\tau_{\text{adm}}$  ou  $R_{\text{pg}}$  : 80 MPa

On demande :

- 1° Déterminer la contrainte de cisaillement dans l'axe de l'articulation
- 2° Vérifier si cette contrainte est admissible.

$$1^\circ \quad \tau = T / 2S \quad (\text{chape : 2 sections cisillées})$$

$$S = \pi d^2 / 4 = 3,14 \times 50^2 / 4 = 1\,962,5 \text{ mm}^2$$

$$\tau = 65\,000 \text{ N} / 3\,925 \text{ mm}^2$$

$$\tau = 16,5 \text{ N/mm}^2$$

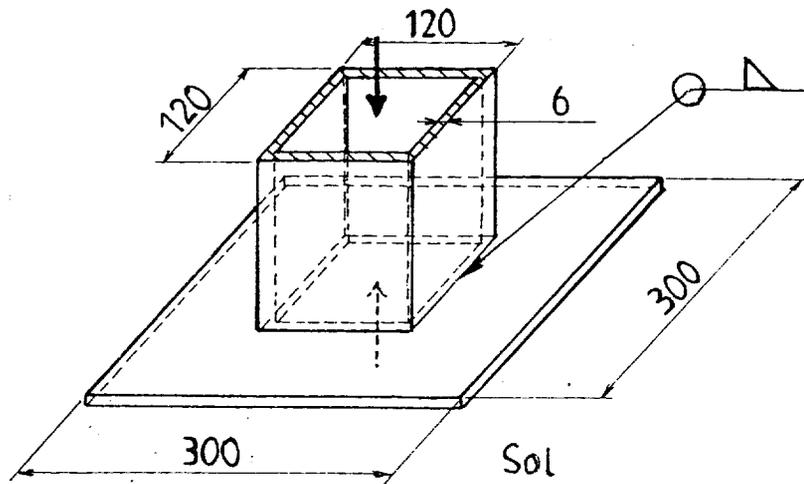
2°  $16,5 < 80$  : la contrainte dans la section de l'axe est admissible

### B COMPRESSION

#### RESISTANCE A LA COMPRESSION DU SOL

Les stabilisateurs, de forme tubulaire (section carrée de 120 mm x 120 mm) sont réalisés à partir d'une tôle d'épaisseur  $e = 6 \text{ mm}$ . Ils présentent, à leurs bases, une plaque d'assise carrée de 300 x 300 x 8 mm d'épaisseur dont la fonction est de répartir les charges sur le sol.

Sachant que l'effort de compression sur un stabilisateur est égal à 25 000 N et que la contrainte admissible à l'écrasement du sol est de 3 daN / cm<sup>2</sup>, il est demandé de calculer la contrainte exercée par la plaque d'assise sur le sol puis de vérifier si le sol résiste à l'écrasement.



1°

$$\begin{aligned}\sigma &= F/S \\ S &= 300 \times 300 = 90\,000 \text{ mm}^2 \\ \sigma &= 25\,000 / 90\,000 = 0,27 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

2° La contrainte admissible à l'écrasement du sol est égale à 3 daN / cm<sup>2</sup> soit 0,3 N / mm<sup>2</sup>.  
0,27 étant inférieure à 0,3, le sol résiste à l'écrasement.

## BAREME

### 1 STATIQUE :

- A Equilibre de la chargeuse-pelleteuse 4 Points  
B Equilibre du sous-ensemble de la pelleteuse 4 Points

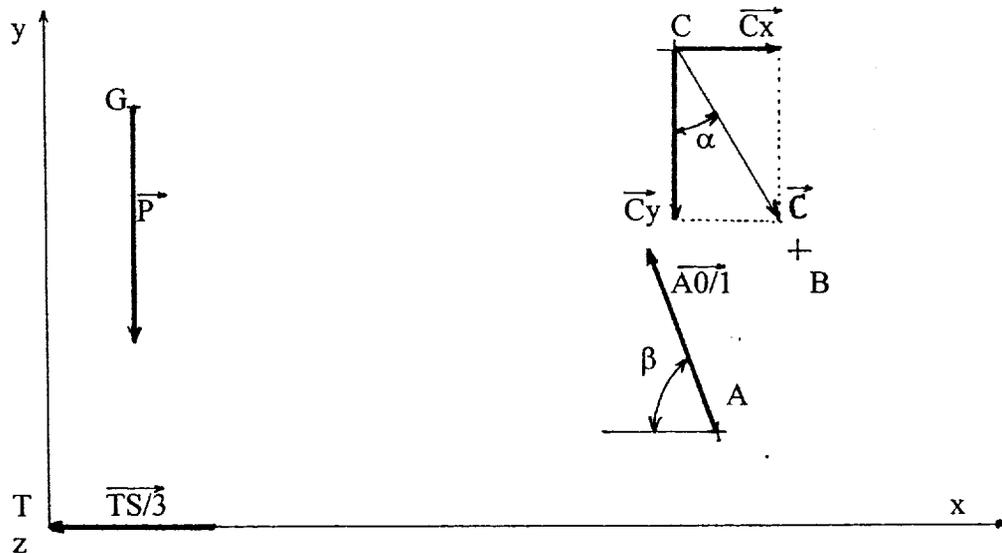
### 2 CINEMATIQUE :

- A1 Nature des mouvements 1 Point  
A2 Nature des trajectoires B V T3/0 et VD1/0 3 Points  
C VT21/0, VT3/21 et VT3/0 4 Points

### 3 RESISTANCE DES MATERIAUX :

- A Cisaillement  
Contrainte de cisaillement 2 Points  
Admissibilité de cette contrainte 1 Point  
B Compression  
Contrainte de compression 2 Points  
Admissibilité de cette contrainte 1 Point

## RESOLUTION ANALYTIQUE



Données :  $\|\vec{P}\| = 2\,600 \text{ daN}$  ;  $\|\vec{TS/3}\| = 1\,800 \text{ daN}$  ;  
 $T(0; 0)$  ;  $G(7; 42)$  ;  $C(41; 63)$  ;  $A(51; 23)$  ;  $B(59; 31)$   
 Trièdre orthonormé  $(T, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

Détermination des actions  $\vec{A}_{0/1}$  et  $\vec{C}_{4+5/1}$ 

Les actions  $\vec{A}_{0/1}$  et  $\vec{C}_{4+5/1}$  se calculent en équilibrant le sous-ensemble de la pelleteuse.

- Actions à distance : poids de la flèche, du bras, du godet de pelle : 2 600 daN.
- Actions de contact :
  - $\vec{TS/3}$  : action exercée par le sol sur le godet de pelle 3 : 1800 daN.
  - $\vec{C}_{4+5/1}$  de direction connue : segment BC et d'intensité inconnue.
  - $\vec{A}_{0/1}$  inconnue. (point d'application : A).

Le principe fondamental de la statique permet d'écrire :

$$\begin{cases} \vec{P} + \vec{TS/3} + \vec{C}_{4+5/1} + \vec{A}_{0/1} = \vec{0} & (1) \\ \vec{M}_{(o)}\vec{P} + \vec{M}_{(o)}\vec{TS/3} + \vec{M}_{(o)}\vec{C}_{4+5/1} + \vec{M}_{(o)}\vec{A}_{0/1} = \vec{0} & (2) \end{cases}$$

Ecrivons l'équation de moments par rapport au centre de réduction A (liaison pivot A) :

$$\vec{M}_{(A)}\vec{P} + \vec{M}_{(A)}\vec{TS/3} + \vec{M}_{(A)}\vec{C}_x + \vec{M}_{(A)}\vec{C}_y + \vec{M}_{(A)}\vec{A}_{0/1} = \vec{0} \quad (2)$$

$$\vec{M}_{(A)}\vec{A}_{0/1} = \vec{0}$$

<b>CHARGEUSE PELLETEUSE CORRIGE ( non demandé)</b>
--

Calcul de l'angle  $\alpha$  :

$$\tan \alpha = 59 - 41 / 63 - 31 = 18 / 32 = 0,5625 \text{ d'où } \alpha = 29,357^\circ$$

$$\begin{aligned} 2\,600 \times (51 - 7) - 1\,800 \times 21 - C \cos 60,643^\circ \times (63 - 21) \\ + C \cos 29,357^\circ \times (51 - 41) &= 0 \\ 114\,400 - 37\,800 - 0,4902497 \times 42 C + 0,8715819 \times 10 C &= 0 \\ 76\,600 - 20,590491 C + 8,715819 C &= 0 \\ 76\,600 &= 11,874672 C \end{aligned}$$

$C = 6\,450,70 \text{ daN}$
-----------------------------

En projetant (1) sur l'axe (T, x) :

$$\begin{aligned} 0 - 1\,800 + A \cos \beta + 6\,450,70 \times \cos 60,643^\circ &= 0 \\ - 1\,800 + A \cos \beta + 6\,450,70 \times 0,4902497 &= 0 \\ - 1\,800 + A \cos \beta + 3\,162,4543 &= 0 \\ - & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A \cos \beta &= - 1\,362,4543 \\ A \text{ est inclinée vers la gauche} \end{aligned}$$

Projetons (1) sur l'axe (T, y)

$$\begin{aligned} - 2\,600 + 0 - 6\,450,70 \cos 29,357^\circ + A \sin \beta &= 0 \\ - 2\,600 - 6\,450,70 \times 0,8715819 + A \sin \beta &= 0 \\ - 2\,600 - 6\,450,70 \times 0,8715819 + A \sin \beta &= 0 \\ - 2\,600 - 5\,622,3139 + A \sin \beta &= 0 \\ - & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A \sin \beta &= 8\,222,3139 \\ A \text{ est dirigée vers le haut.} \end{aligned}$$

$$A \sin \beta / A \cos \beta = 8\,222,3139 / - 1\,362,4543 = - 6,0349282 = \tan \beta$$

$$\begin{aligned} \text{d'où } \beta &= 80,6^\circ ; \\ A \cos \beta &= 1\,362,4543 \\ 0,1634729 A &= 1\,362,4543 \end{aligned}$$

$A = 8\,334,4 \text{ daN}$
----------------------------