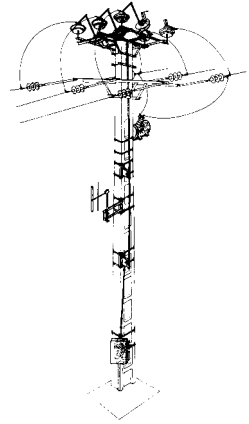


Génie Electrotechnique

Epreuve d'étude des constructions

INTERRUPTEUR AERIEN TELECOMMANDE

ANALYSE FONCTIONNELLE



1 A l'aide du dossier technique, répondre aux questions suivantes :

1.1 Quel élément permet de sélectionner les différents modes de fonctionnement ? Citer ces modes de fonctionnement : (Voir DT3)

Le levier d'exploitation a 3 positions :
1-commandes électrique et manuelle verrouillées
2-commande manuelle possible
3-commande électrique possible

1.2 Au cours de l'ouverture de l'interrupteur aérien, préciser si le tube de commande inférieur monte ou descend; justifier votre réponse : (Voir DT2)

Sur le schéma DT2, l'interrupteur est ouvert et le tube supérieur est en position basse.
Le tube inférieur commande le tube supérieur par l'intermédiaire d'un renvoi normal. Donc, lors de l'ouverture, le tube supérieur descend et le tube inférieur monte

1.3 Dans quelle position est dessinée la commande électrique (DT 4), l'interrupteur aérien est-il ouvert ou fermé ? Justifier votre réponse.

L'I.A. est en position ouverte. Le maneton 10.52 sur lequel est fixé le tube de commande inférieur est en position haute : position ouverte d'après question 1.2

1.4 A partir des ensembles ou groupes cinématiques constituant la commande électrique pendant la phase déverrouillage et fonctionnement automatique :

S1 = { 11-00; 10-58; 11-01;11-03; 13-00; 13-04; 13-05 }

S2 = { 10-57; 10-59 ; 10-01 ; 10-52 ; 12-03 ; 12-01 ; 12-02 ; goupille ϕ 5 ; goupille ϕ 8 ; vis CHC M6; vis F }

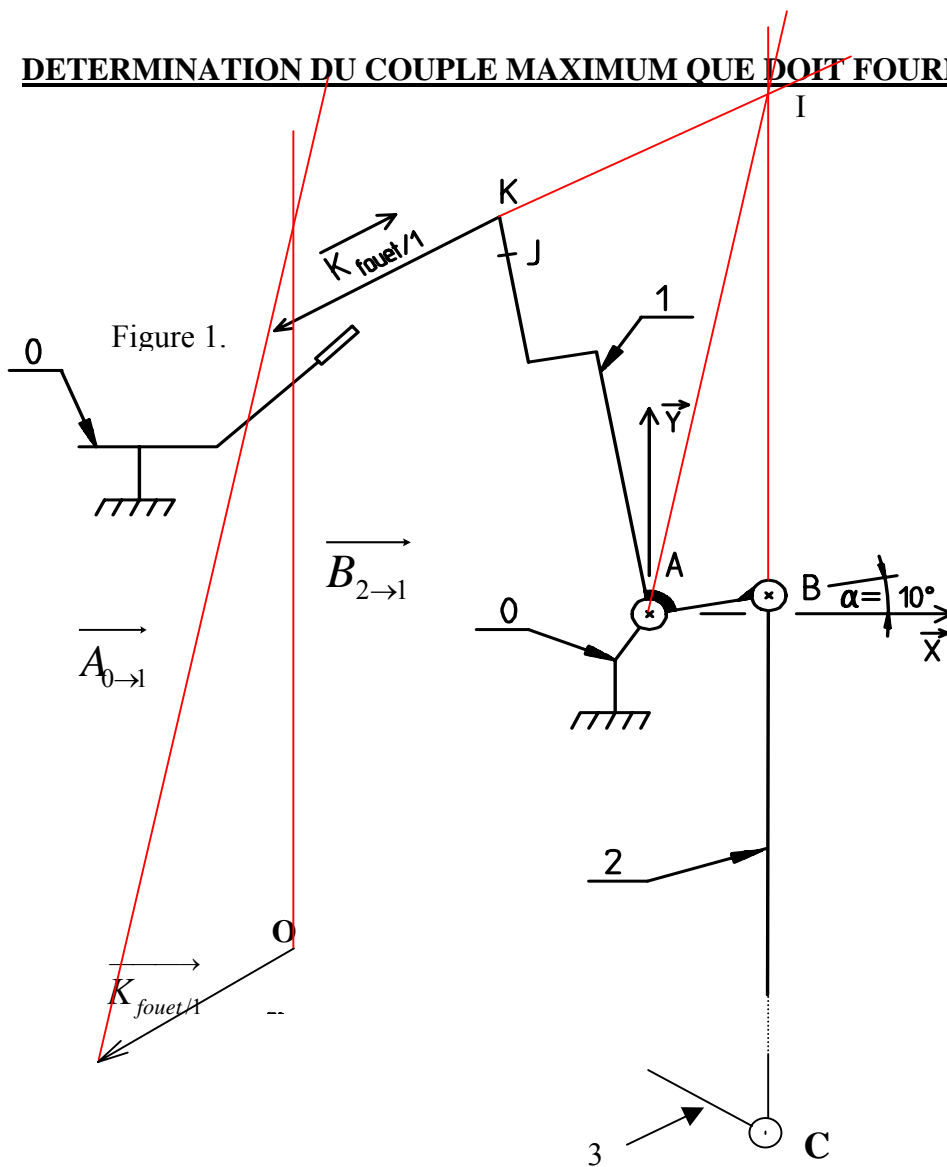
S3 = { 13-01; 13-02 ; 13-03 }

S4 = { 11-02; 13-06 ; 13-07 }

S5 = { Rotor; pignon moteur } (Visibles sur le schéma ci-contre)

Liaison complète : MIP : appui plan de 10.01 sur 12.00
Centrage des 2 pièce par l'intermédiaire de l'arbre 10.57
MAP : par adhérence grâce à la vis CHc M6-30

DETERMINATION DU COUPLE MAXIMUM QUE DOIT FOURNIR LA PARTIE COMMANDE



La figure 1 donne la position pour laquelle les efforts sont les plus importants. Ils sont dus à l'accrochage des fouets (non représentés ici), au point K.

La norme de cette action est de 300N.

Remarques :

Les liaisons en A, B, etc., sont des liaisons pivots. Le centre des liaisons est représenté pour faciliter les tracés.

Les schémas (figure 1 et 3) sont tracés à l'échelle : 1/10 (1 mm pour 1 cm.)

Etude de l'équilibre du tube supérieur (2).

2.1 Faire le bilan des actions mécaniques s'exerçant sur le tube supérieur (2) :

En B : action de 1 sur 2 due à la liaison pivot entre 1 et 2

En C : action de 3 sur 2 due à la liaison pivot entre 3 et 2

2.2 Justifier et donner la direction des actions mécaniques:

Un solide soumis à 2 actions mécaniques est en équilibre si ces actions ont même norme, même direction, sens opposé et la droite support passe par les centre de deux liaisons.

La direction est donc (BC)

Etude de l'équilibre de l'interrupteur aérien (1).

La résolution se fera de manière graphique. Echelle pour le tracé des forces : **1 mm pour 10 N.**

2.3 Isoler l'interrupteur aérien et faire le bilan des actions mécaniques:

En K, $\overrightarrow{K_{fouet/1}}$, En A : $\overrightarrow{A_{0 \rightarrow 1}}$ En B : $\overrightarrow{B_{2 \rightarrow 1}}$

2.4 Enoncer le principe fondamental de la statique appliqué à (1) :

Si un solide soumis à trois actions mécaniques est en équilibre alors ces actions sont concourantes, coplanaires et leur somme vectorielle est nulle.

2.5 Résoudre graphiquement.

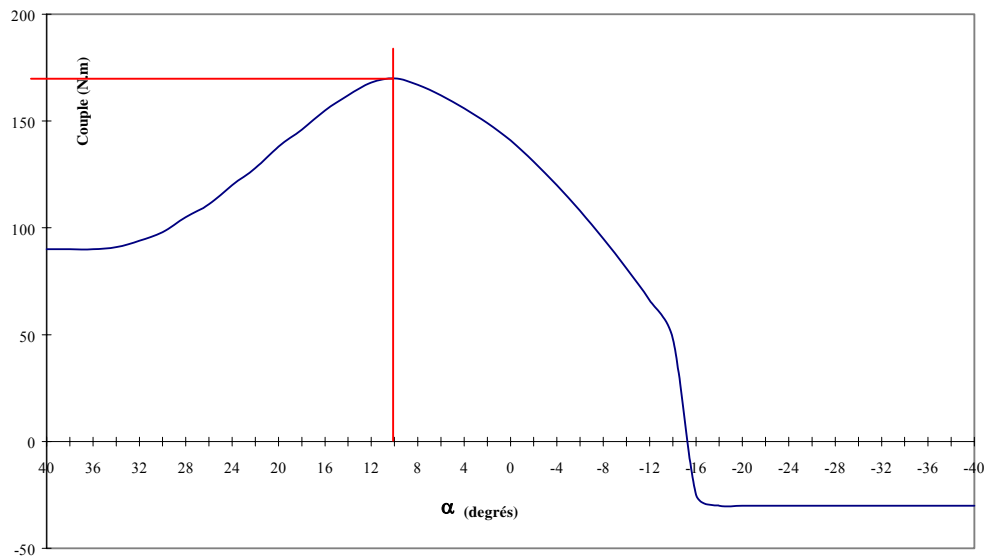
Utiliser la figure 1, et tracer le dynamique à partir du point O. Justifier votre tracé:

On connaît $\overrightarrow{K_{fouet1}}$, on connaît la direction de la force en B : (BC) donc on trouve I : point de concours et la direction de la force en A.
On trace le dynamique à l'échelle pour trouver les normes de chaque force.

2.6 Ecrire les normes des actions déterminées :

$$\left\| \overrightarrow{A_{0 \rightarrow 1}} \right\| = 1350 N \quad \text{et} \quad \left\| \overrightarrow{B_{2 \rightarrow 1}} \right\| = 1170 N$$

La courbe figure 2 représente le couple nécessaire au point A, pour l'ouverture de l'interrupteur aérien



2.7 En utilisant cette courbe, vérifier le résultat précédent:

(Aide : calculer le moment en A de l'action exercée en B, [distance de A à l'action en B = 0,138 m] et comparer ce résultat avec celui trouvé en exploitant la courbe Figure 2).

$$\left\| \overrightarrow{M_A 2 \rightarrow 1} \right\| = \left\| \overrightarrow{B_{2 \rightarrow 1}} \right\| * d[A, B] = 1170 * 0.138 = 161 N.m$$

Sur la courbe on trouve sensiblement le même résultat.

Une étude du levier de renvoi (3) nous permet de déterminer l'action exercée par le tube inférieur (4) sur l'axe de commande (5). On donne l'expression de cette action :

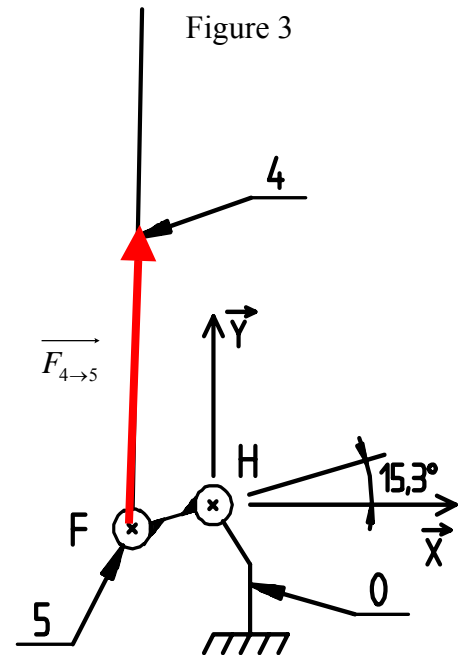
$$\{T_{F_{4/5}}\} = \begin{Bmatrix} 23,640 & 0 \\ 1199,76 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R \quad \text{Unités : N et Nm.}$$

2.8 Calculer la norme et tracer cette action sur la figure 3 :
(Echelle : **1 mm pour 30 N**).

$$\|F_{4 \rightarrow 5}\| = \sqrt{23,64^2 + 1199,76^2} = 1200 \text{ N}$$

2.9 Déterminer la valeur du couple moteur $C_{H 0/5}$ à exercer en H sur (5). (Détaillez les calculs)

On donne $\vec{HF}(-0,087; -0,024; 0)$



$C_{H 0/5} =$

$$\|\vec{HF} \wedge \vec{F}_{4 \rightarrow 5}\| = \left\| \begin{pmatrix} -0,087 & 23,64 \\ -0,024 & 1199,76 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right\| = \left\| \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -0,087 * 1199,76 + 0,024 * 23,64 = -103,8 \end{pmatrix} \right\| = 103,8 \text{ N.m}$$

VERIFICATION DES CARACTERISTIQUES DE L'ACTIONNEUR

3.1 Le dispositif de commande est motorisé grâce à un démarreur automobile alimenté par batterie.

Justifier l'emploi de ces éléments :

En cas de coupure électrique, la commande reste possible grâce à l'autonomie de la batterie.

Sur l'axe du démarreur automobile se trouve un pignon de 9 dents qui engrène avec la couronne 12-03 qui comporte 144 dents. L'entraînement ne peut se faire que lorsque le moteur électrique est alimenté.

La couronne a un diamètre primitif de 317,232 mm (valeur non normalisée résultant d'un taillage avec déport de denture).

3.2 Exprimer puis calculer le module de la couronne dentée :

$$m = d/Z = 317,232/144 = 2,203 \text{ mm}$$

3.3 Exprimer puis calculer le diamètre primitif du pignon moteur :

$$d = m * Z = 2,203 * 9 = 19,827 \text{ mm}$$

3.4 Exprimer puis calculer le rapport de transmission :

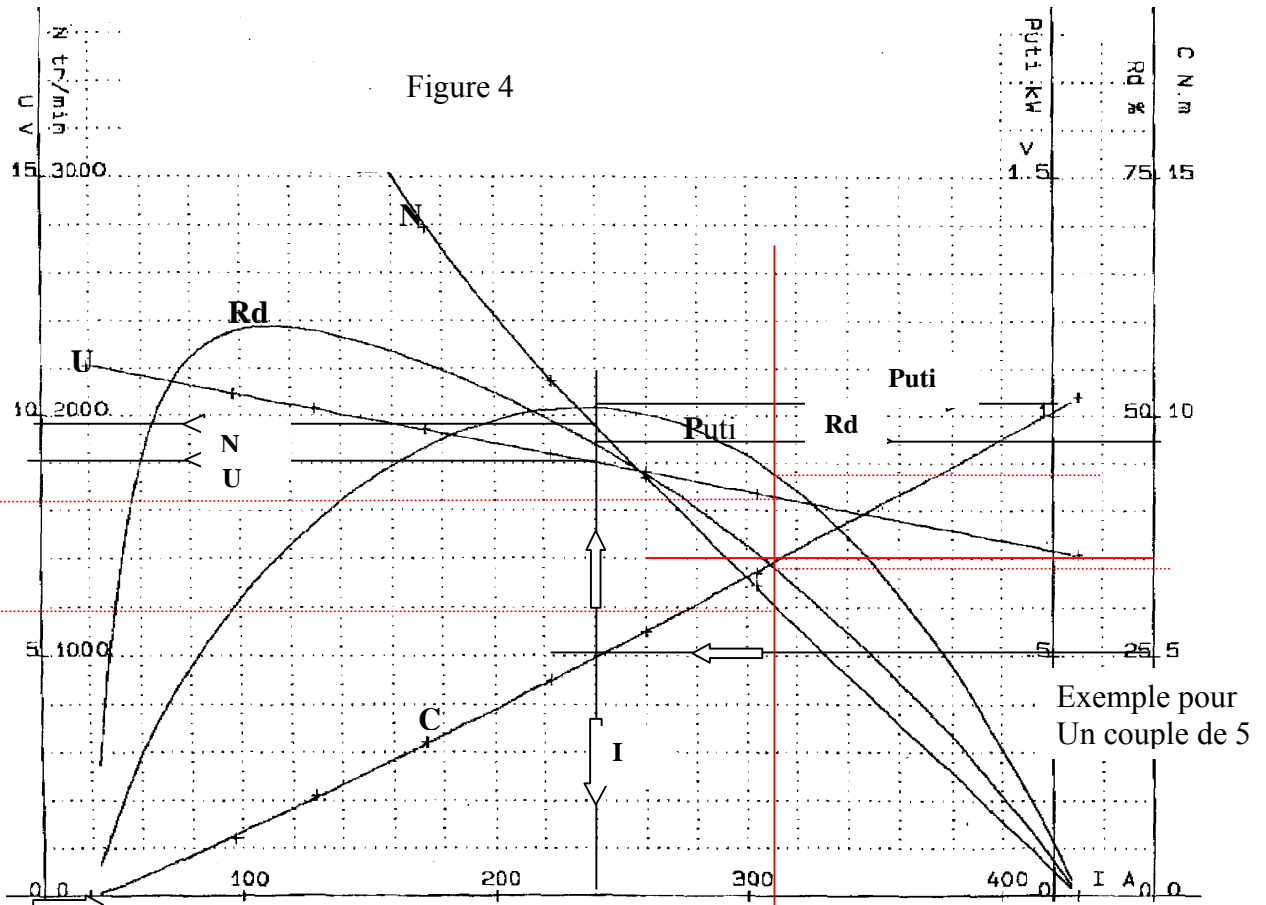
$$i_{\text{pignon/couronne}} = \omega_c / \omega_p = (-)Z_p / Z_c = (-)9/144 = (-)0,0625$$

3.5 En prenant $C_{5/0} = 110 \text{ Nm}$ (Quel que soit le résultat précédent), en déduire le couple moteur :

$$C_m = i_{\text{pignon/couronne}} * C_{5/0} = 0,0625 * 110 = 6,875 \text{ N.m}$$

Ci dessous les caractéristiques issues d'une revue technique concernant le démarreur utilisé.

Figure 4



Les flèches montrent un exemple d'exploitation du diagramme.

Quel que soit le résultat précédent, on prendra comme valeur du couple moteur $C_M = C = 7 \text{ Nm}$.

3.6 En utilisant la figure 4, déterminer l'intensité absorbée : (laisser les tracés en couleur apparents).

$$I = 312 \text{ A}$$

3.7 En déduire les valeurs (avec unités) de :

La puissance utile ($Puti$) = 870 W

Du rendement (Rd) = 33%

De la fréquence de rotation (N) = 1180tr/min

De la tension (U) = 8.2 V

3.8 D'après ces résultats, le moteur peut-il convenir dans cette application:

- Le cahier des charges impose un fonctionnement de 10 cycles ouverture/fermeture en autonomie.

Le temps nécessaire pour 10 cycles est de 8s. Sachant que la batterie peut fournir 36Ah, dispose-t-on d'une autonomie suffisante pour réaliser les 10 cycles ?

Pour 10 cycle, on consomme : $312 \times 8 / 3600 = 0.7 \text{ Ah}$. La batterie convient largement

Résultat : $\left\| \overrightarrow{V_{E \in 4/0}} \right\| = 2.25 \text{ m/s}$

4.8 Par un calcul similaire, on a déterminé le vecteur vitesse du point B, tel que $\left\| \vec{V}_{B \in 1/0} \right\| = 2,2 \text{ m/s}$.

Le tracer sur la figure 6, et en déduire la vitesse angulaire de rotation de (1) $\omega_{1/0}$: (même échelle, distance AB = 0,14m).

$$V = \omega \cdot r \rightarrow \omega_{1/0} = V_{1/0}/AB = 2.2/0.14 = 15.71 \text{ rad/s}$$

4.9 Calculer l'énergie accumulée par l'ensemble (1) en fin de phase motorisée (position P₁) :

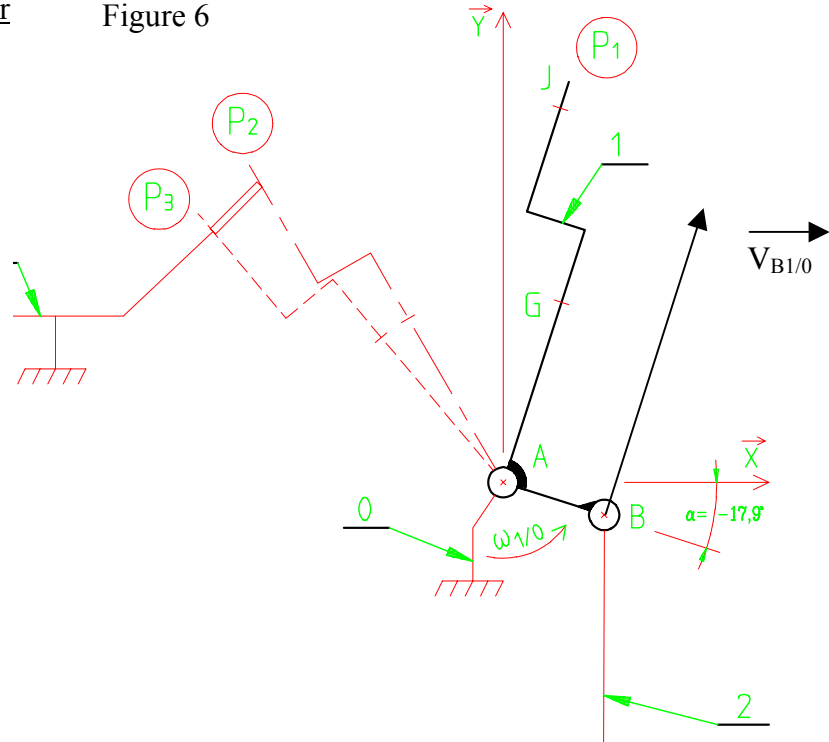
Rappel : $E_{C1} = \frac{1}{2} I_{1A_{\text{cg}}} \omega_{1/0}^2$.

Avec $I_{1A_{\text{cg}}} = 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}$.

$$E_{C1} = 0.5 \cdot 1.5 \cdot 15.71^2$$

$$E_{C1} = 185 \text{ J}$$

Figure 6



4.10 Lors du contact (J en position 2) et jusqu'à la fermeture complète du circuit position 3, le travail résistant exercé par les contacts sur (1) est donné par : $W_{P2 \rightarrow P3} = C_{P2 \rightarrow P3} \cdot \theta_{P2 \rightarrow P3}$ (θ en radian).

Entre les positions 2 et 3 l'angle est de 10° et le couple supposé constant $C_{P2 \rightarrow P3} = 45 \text{ Nm}$.

Calculer le travail résistant:

$$W_{P2 \rightarrow P3} = 45 \cdot 10 \cdot \pi / 180 = 7.85 \text{ J}$$

4.11 calculer l'énergie résiduelle E_R en fin de course :

$$E_R = E_{C1} - W_{P2 \rightarrow P3} = 185 - 7.85 = 177.15$$

4.12 Pourquoi utilise t'on des amortisseurs élastiques en fin de course ? Les choisir à l'aide du document constructeur de la feuille ressource 2/2.

Pour amortir les chocs en fin de course

Référence des tampons :

On choisira le n°512951, le pouvant absorber un choc de 177.15J.

MODIFICATION DE LA SOLUTION CONSTRUCTIVE :

Transmission du couple entre la couronne (12-00 + 12-03) et le support de maneton (10-01).

On désire modifier cette transmission, afin que le couple soit transmis principalement par obstacle.

Afin de limiter les usinages et le coût, le choix se porte sur l'implantation d'une goupille élastique épaisse montée axialement à une distance de 23 mm de l'axe de rotation de l'ensemble.

Le couple maxi à transmettre étant estimé à 10,5 Nm.

On demande :

Choisir la goupille afin qu'elle supporte l'effort de cisaillement en suivant la procédure suivante :

L'effort de cisaillement est assimilé à un effort tangentiel situé sur l'axe de la goupille distant de 23 mm de l'axe de rotation de l'ensemble.

- **Calculer** cet effort.

$$F_c = C_M / \text{distance } a = 10.5 / 0.023 = 456.5 \text{ N}$$

- **Appliquer** un coefficient de sécurité de 3 afin de déterminer la valeur de l'effort supporté par la goupille.

$$F_{cs} = 456.5 * 3 = 1369.5 \text{ N}$$

- **Choisir** la goupille sur la feuille ressource 1/2 en donnant ses dimensions :

Goupille : D=4 ; A=4.35 ; e=0.8 ; L=45(par exemple)

Réaliser, dans le cadre A, le dessin à main levée de la solution retenue.

On choisira par défaut une goupille élastique épaisse de :
5 .40 NF E 27-489.

