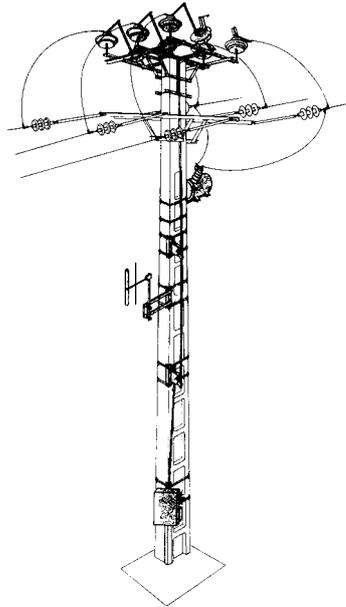


BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

Génie Electrotechnique Epreuve d'étude des constructions

DUREE : 4 HEURES



COEFFICIENT : 6.

INTERRUPTEUR AERIEN TELECOMMANDE

AUCUN DOCUMENT AUTORISE
(y compris les guides couramment utilisés)

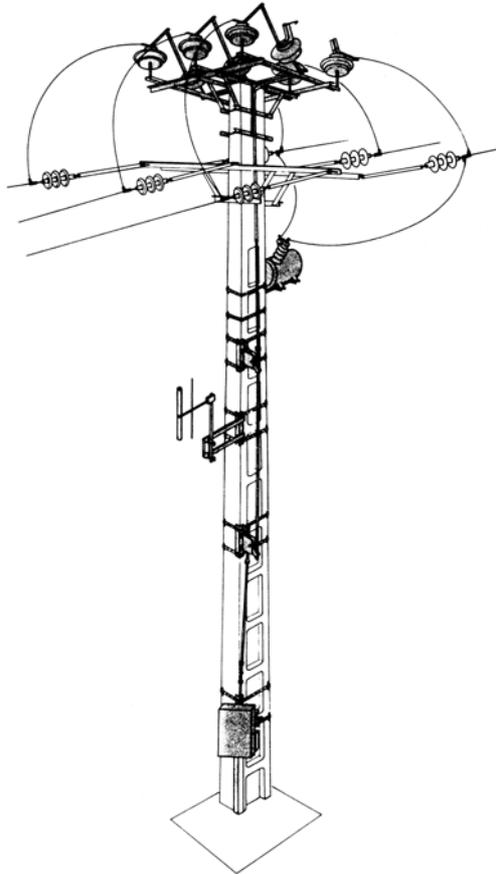
MOYENS DE CALCULS AUTORISES

Calculatrice électronique de poche, y compris calculatrice programmable et alphanumérique à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire N°86.228 du 26 juillet 1986.

CONSTITUTION DU SUJET :

- Dossier technique :** DT1 à DT5 (formats A3.à lire avant de répondre).
- Dossier réponses :** Travail demandé DRO et documents réponses DR1 à DR5.
- Dossier ressource :** 1/2 et 2 /2 (format A4).

INTERRUPTEUR AERIEN TELECOMMANDE



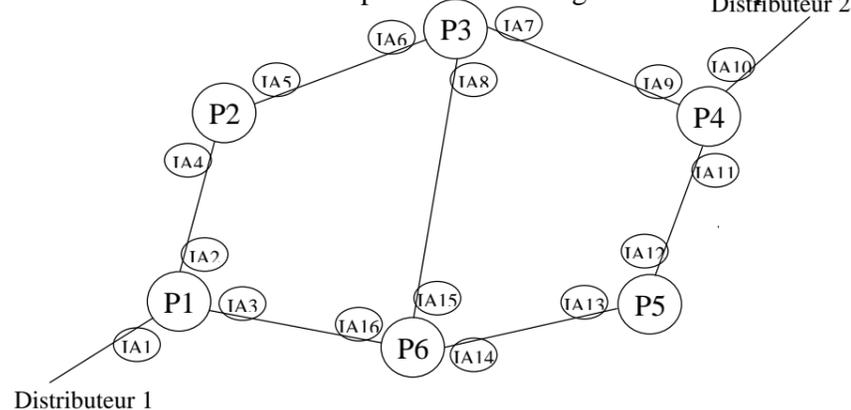
DOSSIER TECHNIQUE

DT1 à DT5

INTERRUPTEUR AERIEN TELECOMMANDE

MISE EN SITUATION:

Le schéma ci contre représente le maillage d'un réseau permettant l'alimentation électrique de plusieurs pôles de consommation P. (On appelle pôle de consommation une commune, un quartier, une usine...)



Si les pôles P1, P2 et P3 sont alimentés en électricité par le distributeur 1, et les pôles P4, P5 et P6 par le distributeur 2, les interrupteurs aériens IA3, IA8 et IA9 sont ouverts pour séparer les deux circuits d'alimentation.

Les interrupteurs aériens sont du type IA-CM (Commande Manuelle) ou IAT (Télécommandé).

En cas de défaut sur la ligne P4-P5, il faut ouvrir IA11 et IA12 car une intervention sur une ligne électrique ne peut se faire que hors tension (avec mise à la terre de cette ligne).

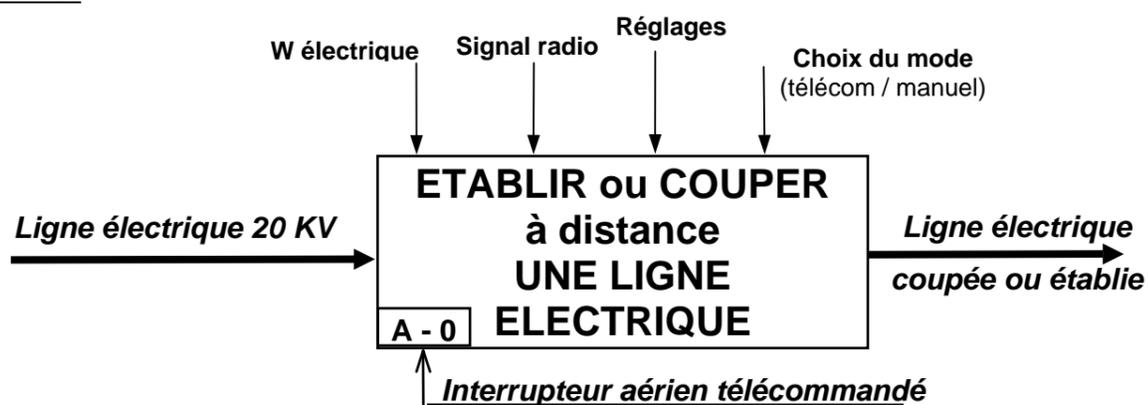
Les pôles P5 et P6 ne sont plus alimentés. Pour éviter cette gêne il suffit de fermer IA3 ou IA8 pour permettre l'alimentation électrique des pôles isolés par l'intermédiaire du distributeur 1. Mais, pour répartir plus équitablement la distribution sans surcharger un distributeur, il est possible d'ouvrir IA4 et de fermer IA3 et IA9.

Lorsqu'un défaut apparaît de manière accidentelle sur une ligne ou un pôle, les manœuvres d'ouverture ou de fermeture des interrupteurs aériens doivent se faire le plus rapidement possible, et c'est la raison pour laquelle les IA-CM sont de plus en plus remplacés par des IAT, qui font l'objet de l'étude suivante.

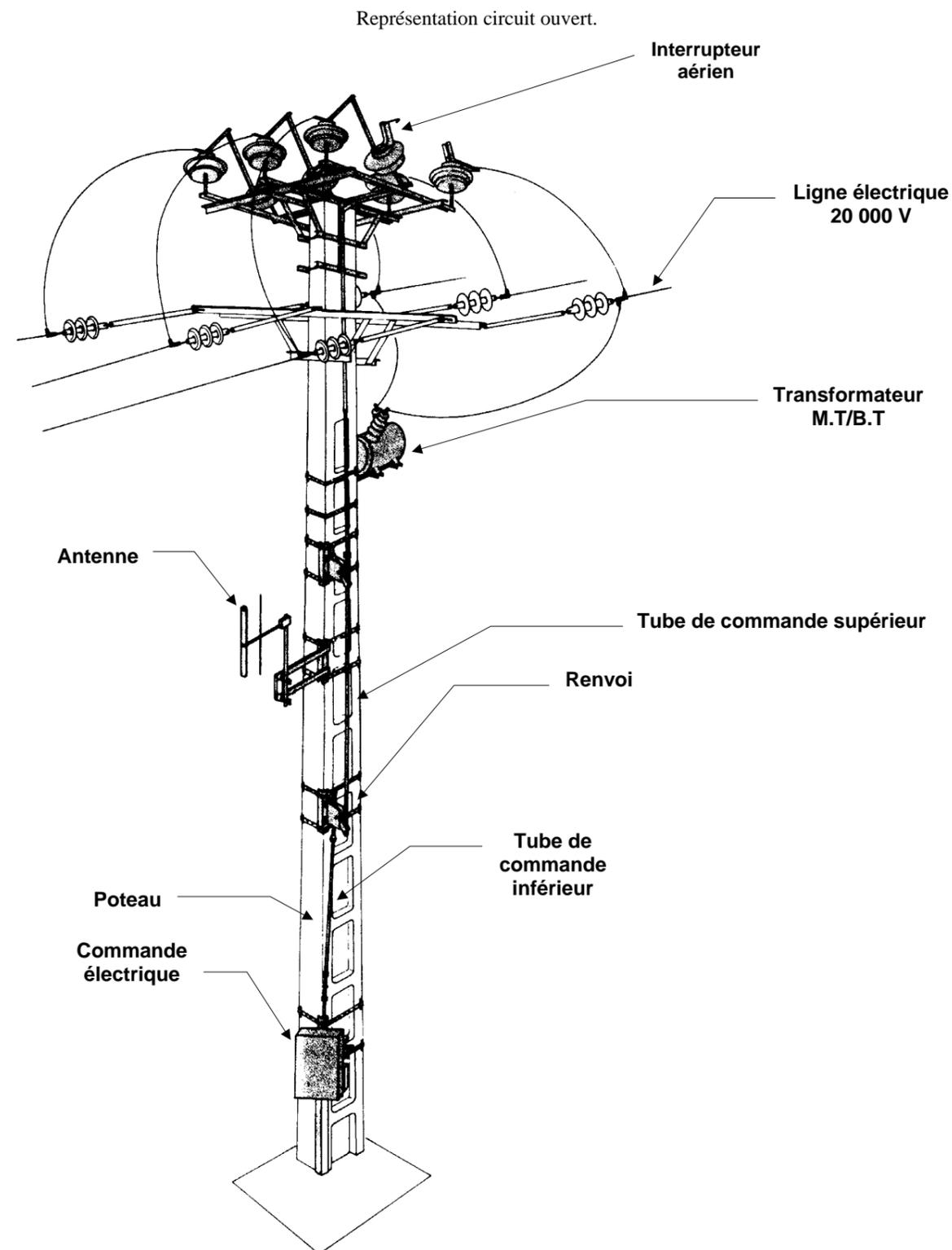
La télécommande, gérée par les procédures informatisées, permet d'assurer à distance et donc très rapidement les manœuvres nécessaires à la continuité du service.

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DE L'IAT :

Niveau A-0 :

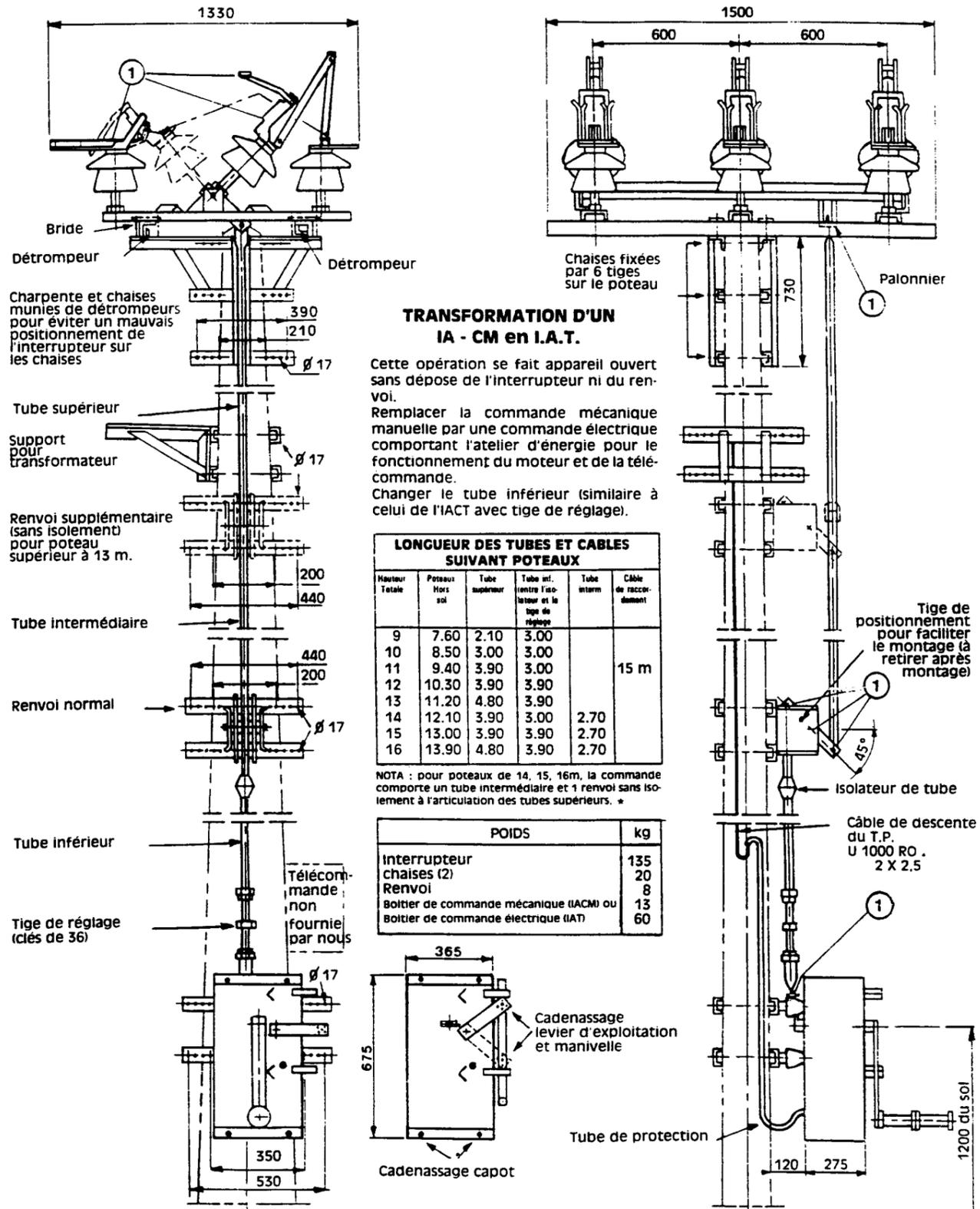


(Ensemble IA + tubes + atelier électrique + commande électrique + antenne)



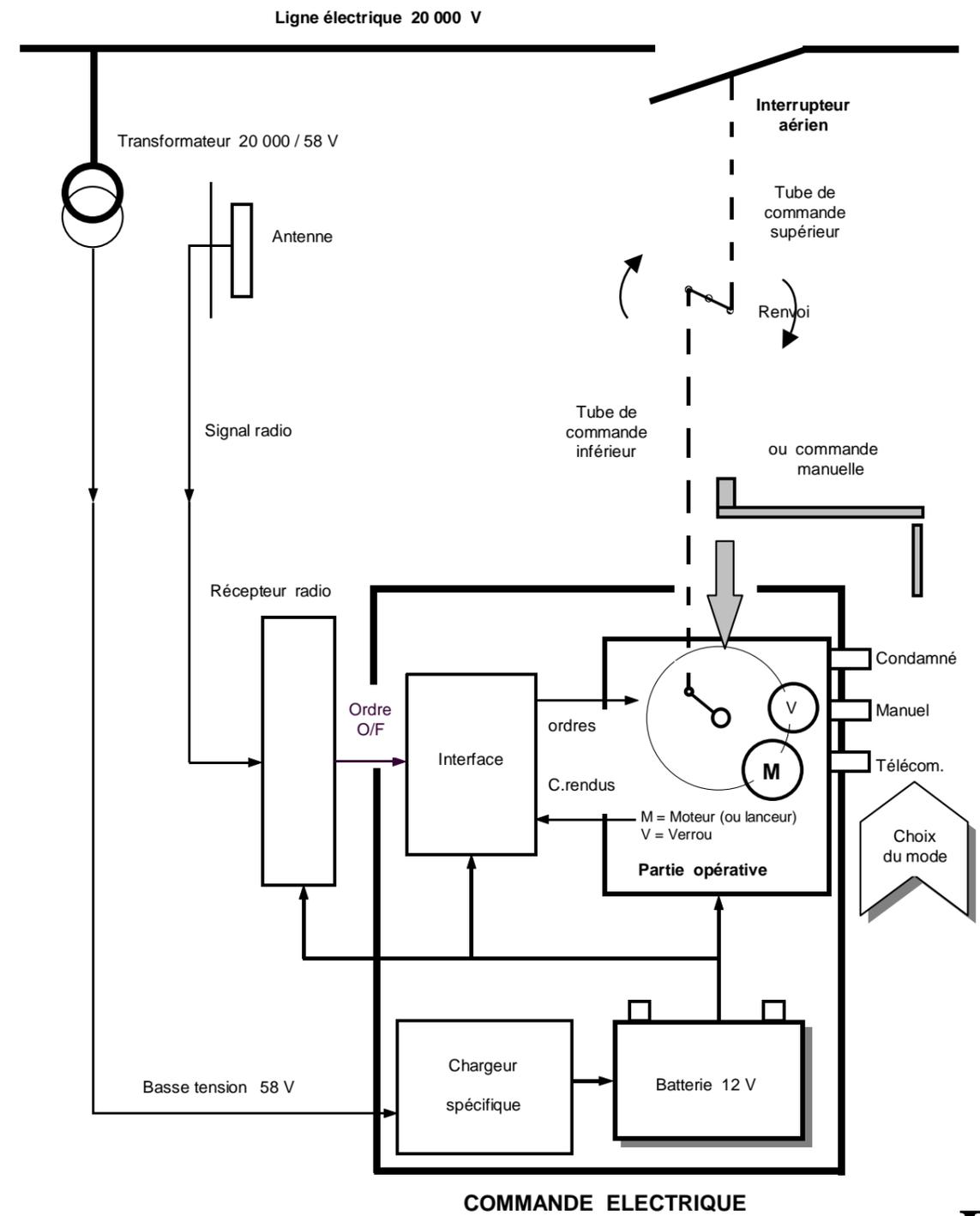
PRESENTATION D'UN ENSEMBLE IAT:

CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES



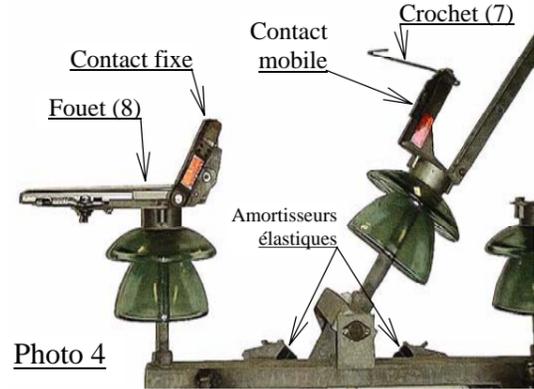
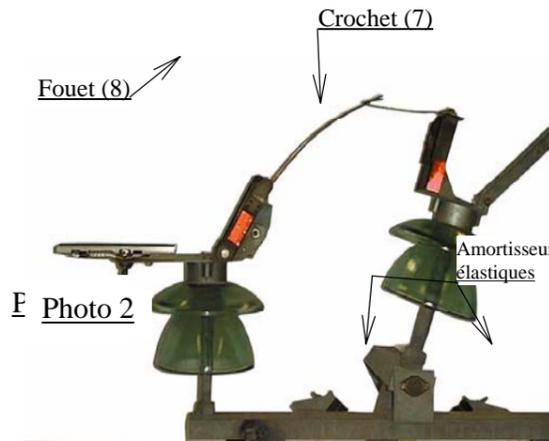
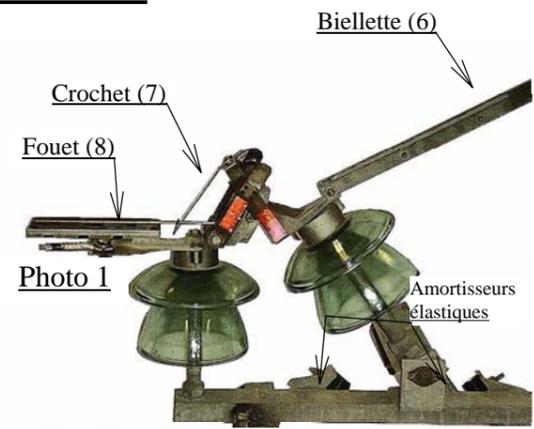
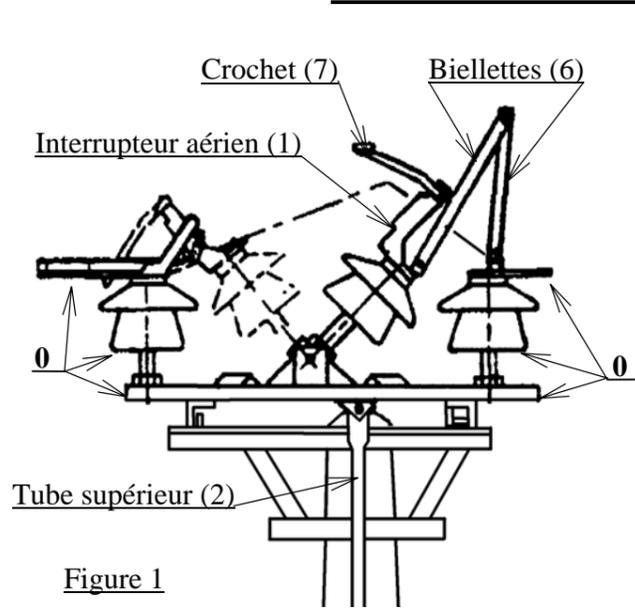
(Documentation constructeur)

SCHEMA DE STRUCTURE



COMMANDE ELECTRIQUE EN PERSPECTIVE

DETAILS DE L'INTERRUPTEUR AERIEN



L'ensemble interrupteur aérien (figure 1) comporte 3 éléments identiques permettant l'ouverture ou la fermeture simultanée de chaque phase. Chaque élément est constitué :

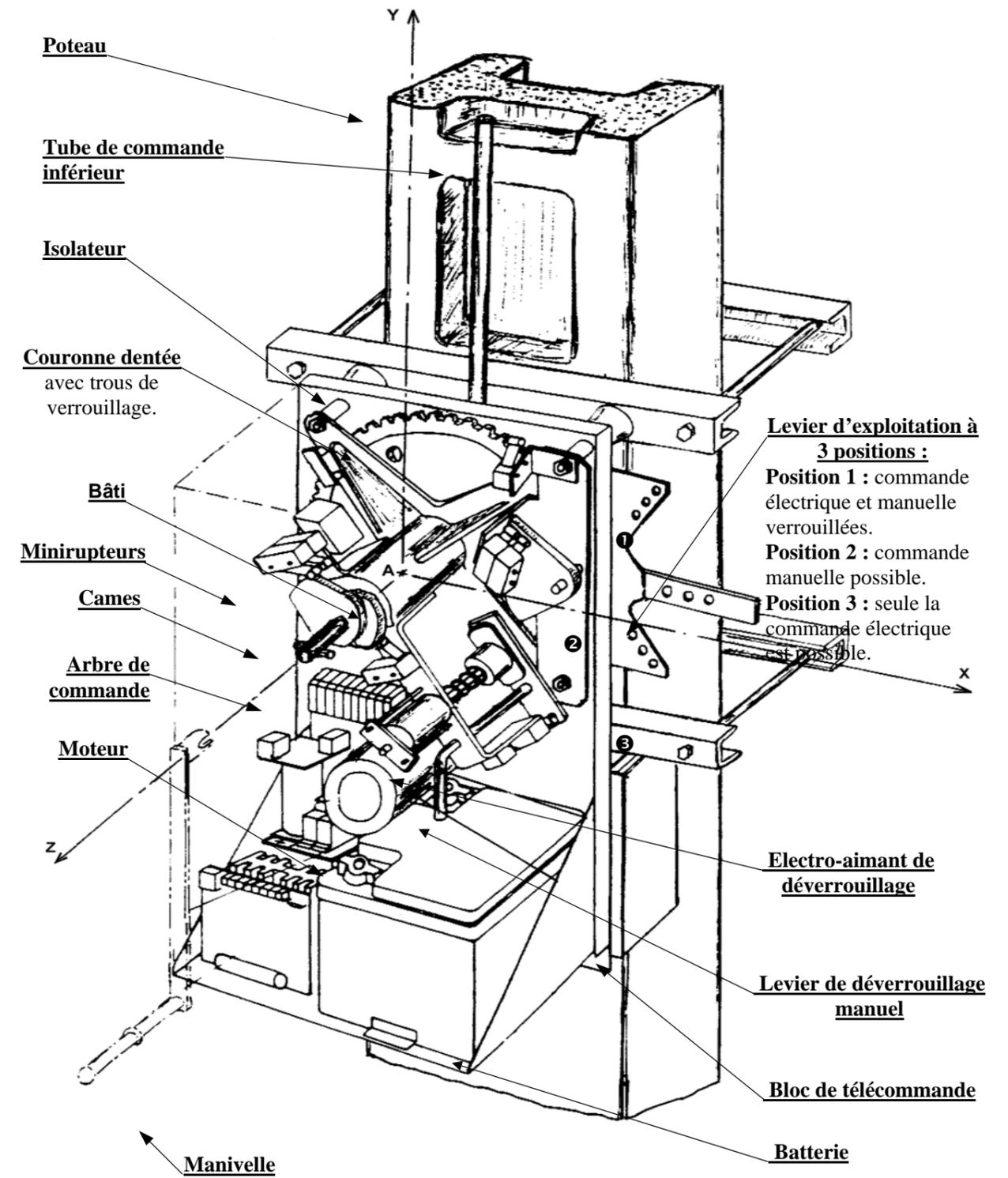
- de deux parties fixes repère 0 (raccords avec les lignes, isolateurs en verre, support).
- d'un contact mobile (1) avec isolateur en verre et crochet (7).
- de bielles (6) qui assurent la liaison électrique permanente entre (1) et une partie fixe (0).

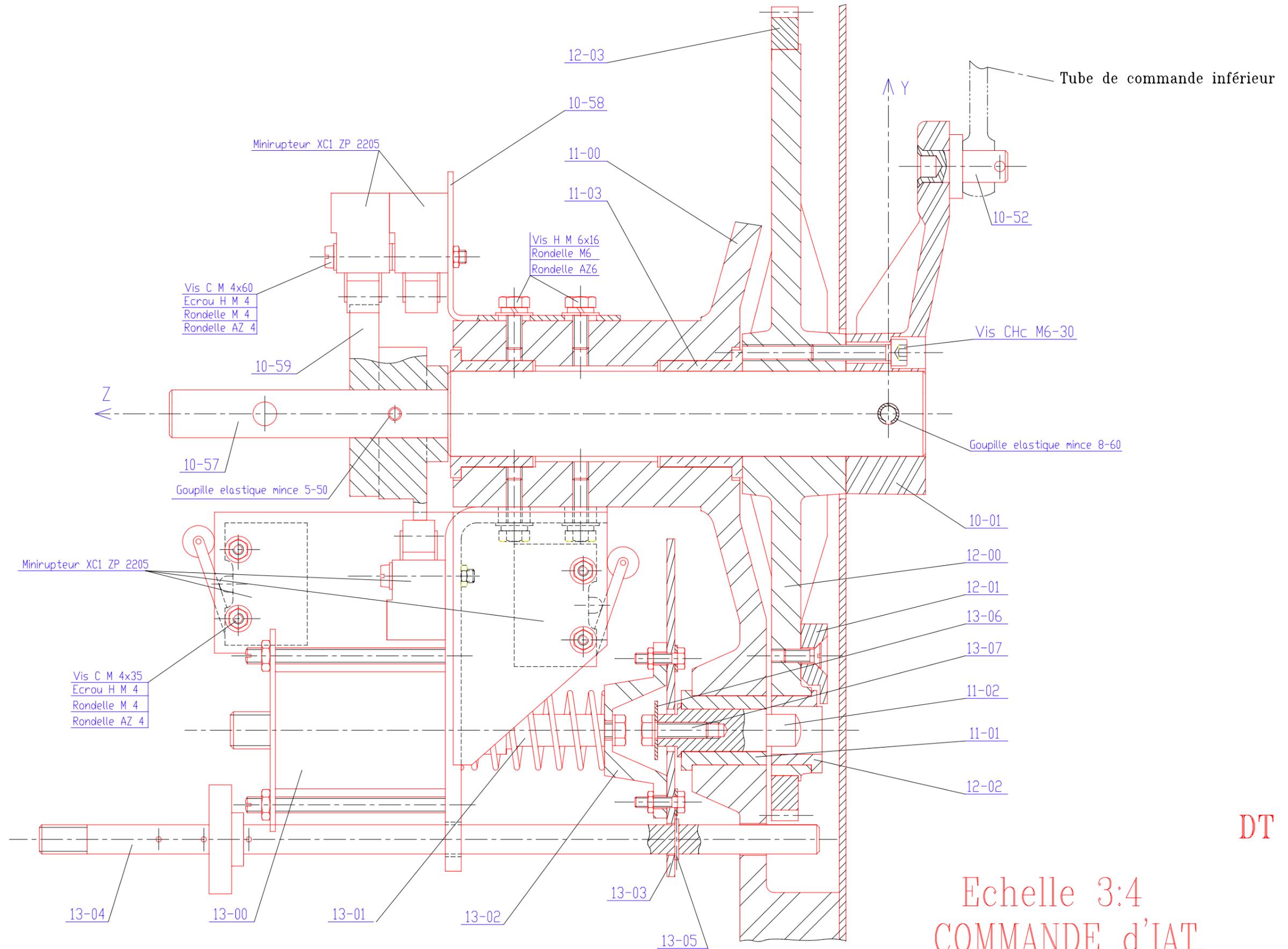
Pour éviter les arcs électriques à l'ouverture du circuit, un fouet est monté sur chaque élément fixe qui n'est pas en liaison avec les bielles (6). Le fouet est en fait un ressort à action angulaire.

La Photo 1 représente le circuit fermé au repos.

Ouverture du circuit :
 Photo 2, les contacts ne se touchent plus. Le crochet (7) entraîne le fouet (8), et la continuité électrique est assurée par ces deux éléments.
 Photo 3, le crochet va bientôt lâcher le fouet et le circuit sera ouvert. La vitesse de retour du fouet évitera l'arc électrique.

Le circuit est ouvert (Photo 4). Libérée par le fouet et grâce à la gravité, la partie mobile (1) poursuit son mouvement. Sa course est limitée par les amortisseurs élastiques.





DT 4

Echelle 3:4
COMMANDE d'IAT.

CARACTERISTIQUES GENERALES

INTERRUPTEUR AERIEN		
tension nominale		24 kv
courant nominal		400 A
pouvoir de coupure	charge principale active	100 A
	transfo à vide	2.5 A
	charge de boucle	400 A / 2,4 kv
	ligne à vide	10 A
nombre de pôles		3
isolateurs		verre trempé
isolement phase / terre	au choc foudre	140 kv
	à 50 Hz sous pluie	55 kv
courant de courte durée		10 kA / 1s
courant crête admissible		25 kA
pouvoir de fermeture crête sous 24 kv		25 kA
supports		11 / 16 m
niveau d'isolement sur distance d'ouverture	au choc foudre	250 kv
	à 50 Hz sous pluie	75 kv

COMMANDE ELECTRIQUE

Alimentation sous 43 ou 58 v (220 v sur demande).

Autonomie offerte par la batterie : 10 cycles consécutifs (ouverture - fermeture) de l'interrupteur avec intervalle d'une minute entre chaque manœuvre.

Recharge de 24 h permettant à nouveau les mêmes cycles.

Verrouillages mécanique et électrique.

Commande manuelle de secours après ouverture du capot : effort manuel < 300 N (c.d.c.f : E.D.F).

Attention : en commande manuelle, le pouvoir de fermeture de l'interrupteur est réduit. Il est interdit de fermer sur un défaut éventuel. Le pouvoir de coupure est conservé : il est possible d'ouvrir sur la charge nominale.

ATELIER D'ENERGIE

Chargeur en floating (qui assure l'isolement électrique grâce à l'écran de son transformateur).

Batterie au plomb étanche, sans entretien, de tension nominale 12 V et de capacité 36 Ah, avec un système de connexions renforcé pour assurer le fonctionnement du moteur.

Capacité de 33000 µ Farad permettant de compenser la chute de tension lors des manœuvres d'ouverture ou de fermeture.

TELECOMMANDE

Télécommande par radio : fréquence 1560 Hz ± 120 Hz ou 2520 Hz ± 120 Hz.

Télécommande par réseau commuté.

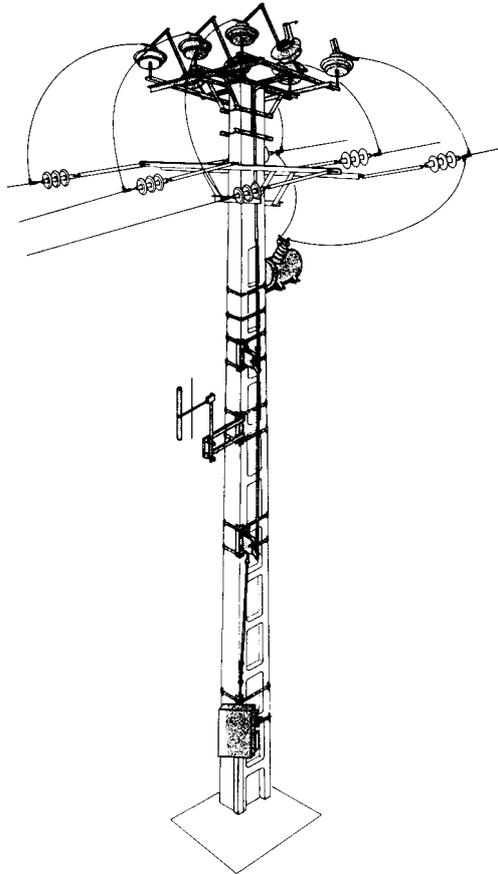
ANTENNE ANTIGIVRE

Directionnelle à deux éléments sous radôme, polarisation verticale, 50 ohms - fréquence 70 Mhz.

NOMENCLATURE

Repère	Nbre.	Désignation	Matière
13-07	1	Vis H M6-20	
13-06	1	Rondelle LL 6	
13-05	1	Goupille cannelée G6,1,5x16	
13-04	1	Axe de commande manuelle	S 185 (A 33)
13-03	1	Plaquette de liaison	S 185 (A 33)
13-02	1	Etrier	EN AB-51300 [Al Mg 5]
13-01	1	Noyau	
13-00	1	Electroaimant	
12-03	1	Couronne dentée	C 35 (XC 38)
12-02	2	Bague-butée	C 60 (XC 60)
12-01	2	Plaquette de maintien	S 185 (A 33)
12-00	1	Support de couronne dentée	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]
11-03	2	Coussinet à collerette C 32x40	Bronze fritté BP 25
11-02	1	Verrou	C 60 (XC 60)
11-01	1	Guide	C 35 (XC 38)
11-00	1	Bâti	EN AB-51300 [Al Mg 5]
10-59	1	Came	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]
10-58	1	Support de capteur	S 185 (A 33)
10-57	1	Arbre	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]
10-52	1	Maneton	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]
10-01	1	Support de maneton	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]

INTERRUPTEUR AERIEN TELECOMMANDE



DOSSIER REPONSES

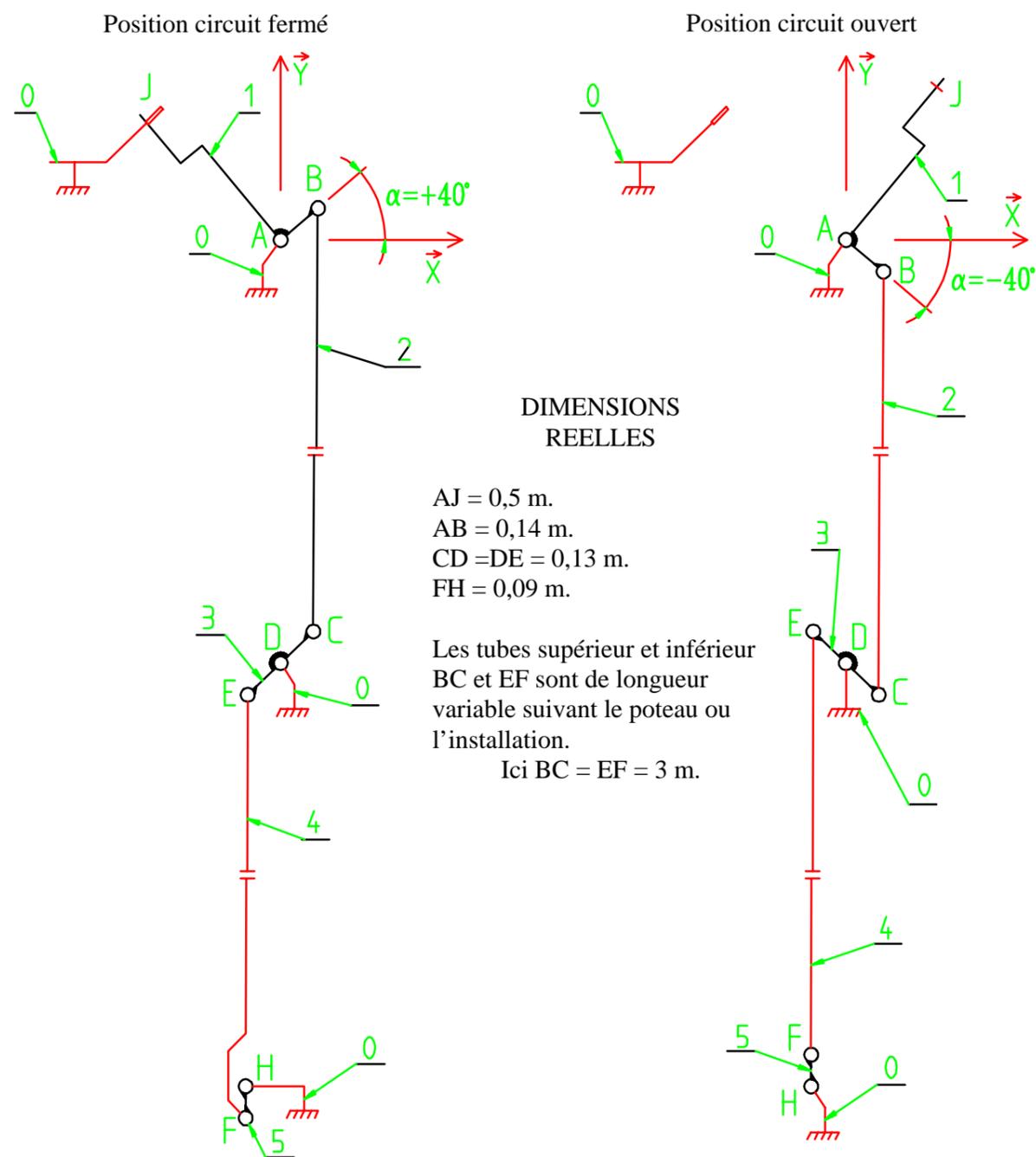
Travail demandé DR0
et
Documents réponses DR1 à DR5.

La représentation schématique ci dessous fait apparaître les principales parties de l'interrupteur aérien télécommandé.

Les composants essentiels sont le support (0) qui comprend ici le poteau et les lignes électriques, l'interrupteur aérien (IA) (1), le tube supérieur (2), le levier de renvoi (3), le tube inférieur (4) et la commande motorisée (5).

Toutes les liaisons en A, B, C, D, E, F et H sont des liaisons pivots.

Les biellettes repère 6 (voir DT 3) ne sont pas représentées.



HYPOTHESES GENERALES :

Les liaisons sont considérées comme parfaites.

Le poids des pièces est négligé.

On admet (\vec{x}, \vec{y}) comme plan de symétrie.

On néglige les actions des biellettes repère (6) sur l'interrupteur aérien.

- L'étude du principe de fonctionnement de l'interrupteur aérien doit permettre de valider le choix du moteur.

Pour ce faire, on vous propose de suivre la procédure suivante :

1-Analyser le fonctionnement du boîtier de commande. (Document réponse **DR 1**).

2-Déterminer le couple maximum que doit fournir la partie commande. (Document réponse **DR 2**).

L'effort nécessaire pour manœuvrer l'interrupteur aérien n'est pas constant. La figure 2 donne la valeur du couple à fournir au point A pour passer de la position circuit fermé à la position circuit ouvert. La figure 1 donne la position pour laquelle les efforts dus au fouet sont les plus importants.

3-Valider le choix de l'actionneur. (Document réponse **DR 3**).

- La validation des amortisseurs de fin de course passe par la vérification de la quantité d'énergie à fournir pendant la phase de fermeture.

Nous vous proposons d'effectuer cette recherche et de valider le choix technologique. (Document réponse **DR 4**)

L'alimentation du moteur de commande est déterminée par les cames 10-59 et les mini-rupteurs. Il n'est alimenté que sur une partie de chaque cycle (120° pour l'ouverture et 60° pour la fermeture du circuit).

- La solution technologique permettant la liaison entre 10-01 et 12-00 n'est pas satisfaisante et nécessite une modification. Il est demandé de justifier le choix de la nouvelle solution et de la représenter. (Document réponse **DR 5**)

REMARQUES IMPORTANTES.

Il est demandé au candidat :

- ◇ de donner avant les calculs l'expression littérale.
- ◇ d'accompagner un résultat numérique de son unité.
- ◇ de laisser apparent les tracés permettant d'obtenir un résultat.
- ◇ de rendre impérativement les documents réponses DR 1 à DR 5 en fin d'épreuve

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)

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)

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

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 }

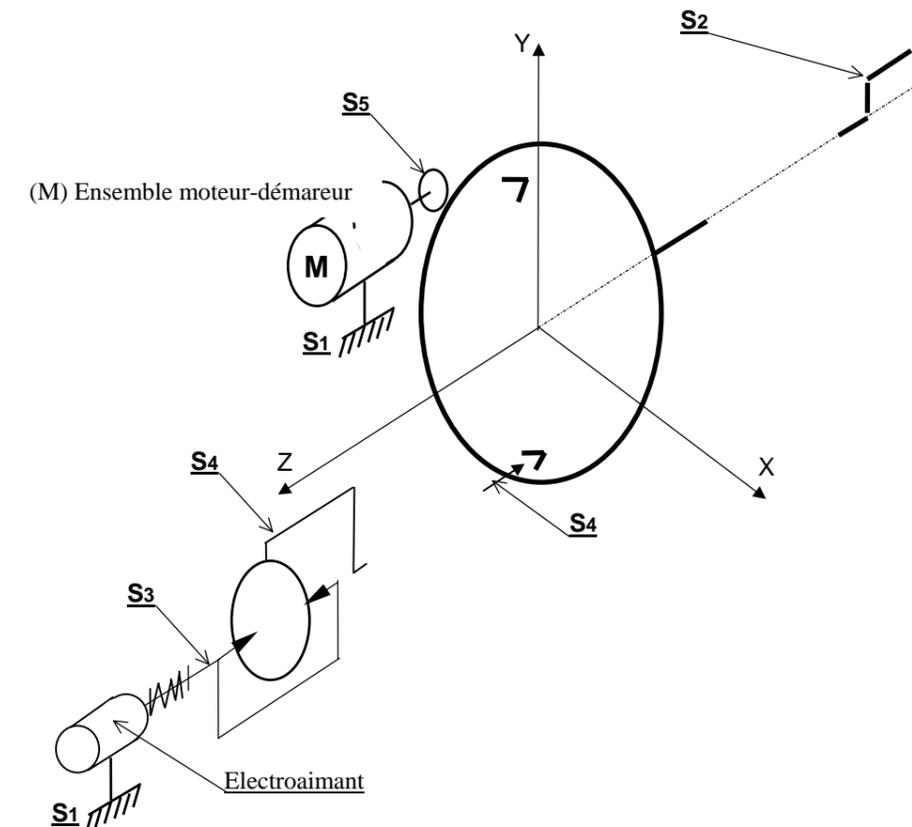
S5 = { Rotor; pignon moteur } (Visibles sur le schéma ci-contre)

Définir les liaisons entre les ensembles suivants :

Liaison entre **S1** et **S2** :

Liaison entre **S1** et **S4** :

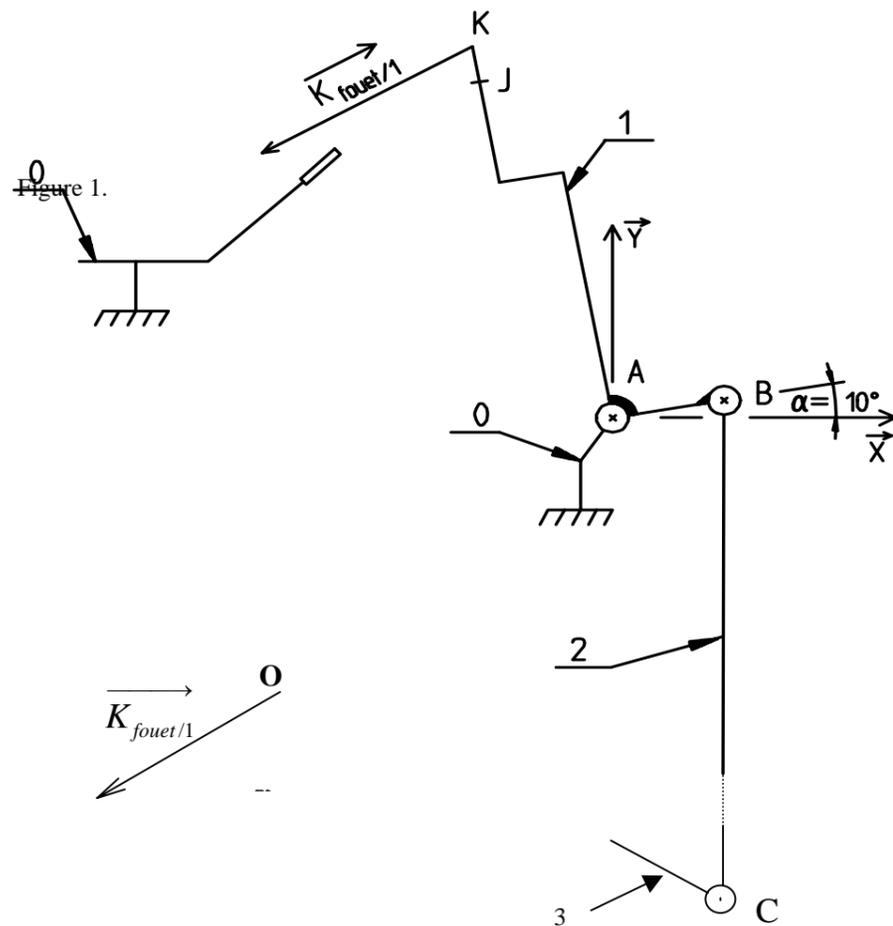
1.5 Compléter le schéma cinématique de la commande électrique ci-dessous :



1.6 Quelle est la fonction de la pièce 11-02 ?

1.7 Décrire la liaison entre 10-01 et 12-00, en définissant entre ces deux pièces, la mise en position et le maintien en position.

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) :

2.2 Justifier et donner la direction des actions mécaniques:

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:

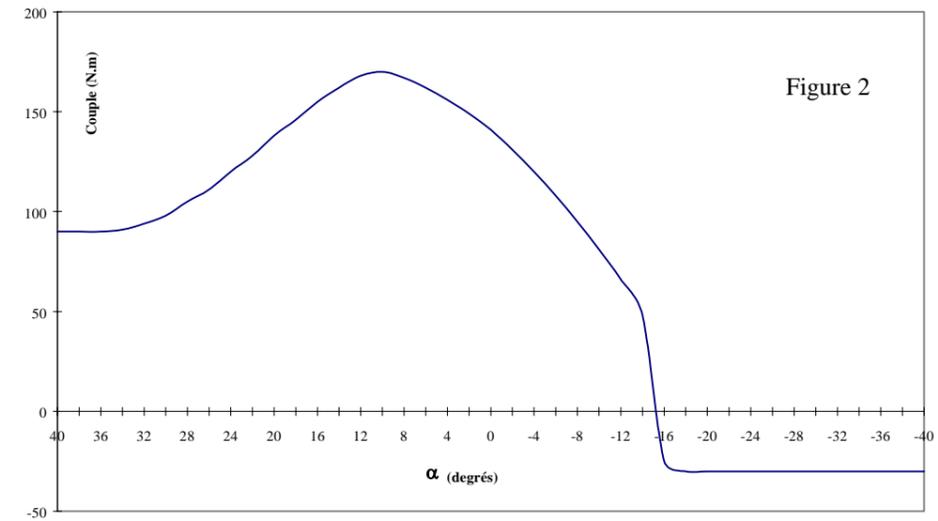
2.4 Enoncer le principe fondamental de la statique appliqué à (1) :

2.5 Résoudre graphiquement.

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

2.6 Ecrire les normes des actions déterminées :

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).

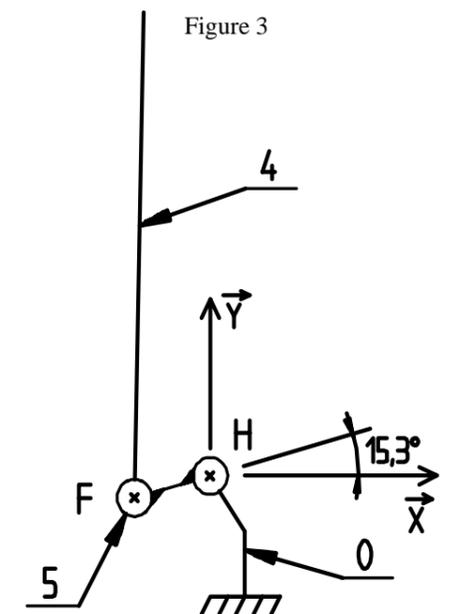
Une étude du levier de renvoi (3) nous permet de déterminer l'action exercée par le tube inférieur (4) sur l'axe de commande (5). On donne l'expression de cette action :

$$\left\{ T_{F4/5} \right\} = \begin{Bmatrix} 23,640 & 0 \\ 1199,76 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R \quad \text{Unités : N et Nm.}$$

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

2.9 Déterminer la valeur du couple moteur $C_{H0/5}$ à exercer en H sur (5). (Détailler les calculs)

On donne $H\vec{F}(-0.087; -0.024; 0)$



Réponse : $C_{H0/5} =$

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 :

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 :

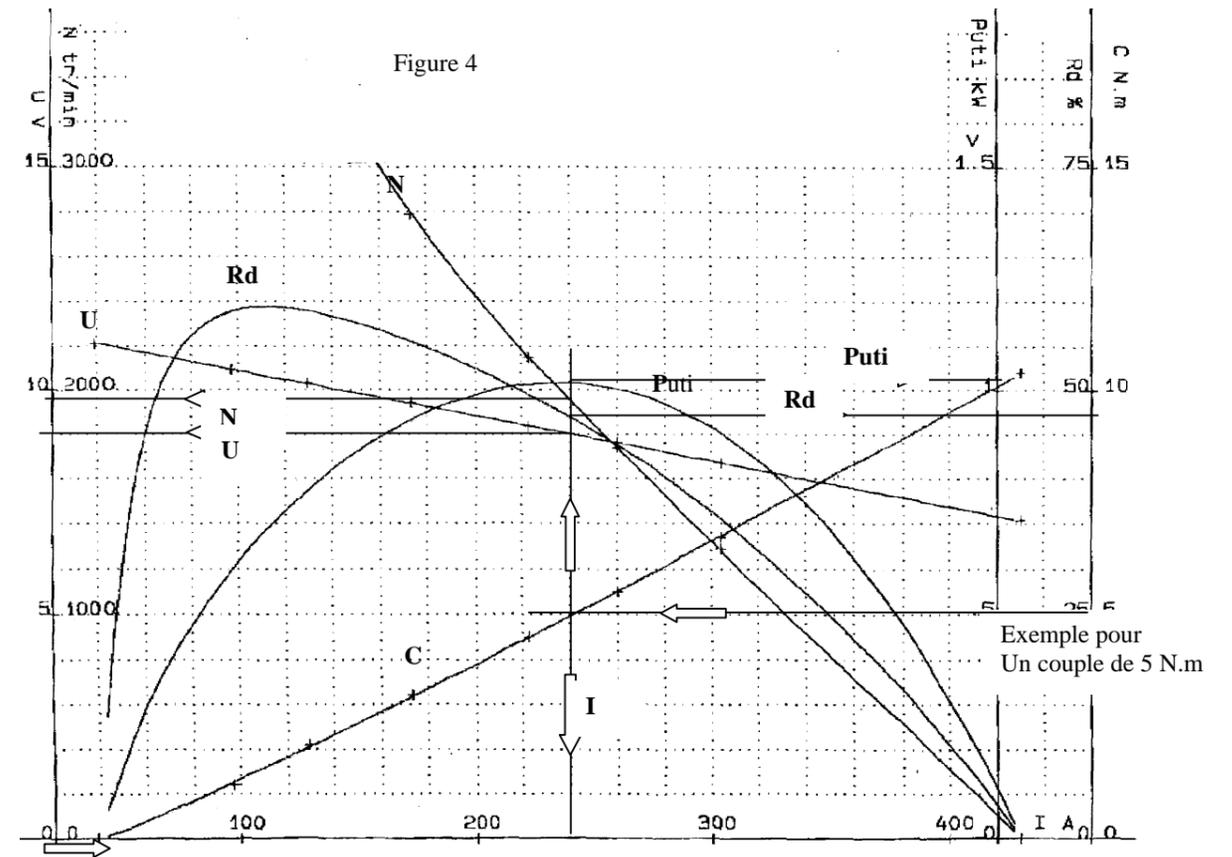
3.3 Exprimer puis calculer le diamètre primitif du pignon moteur :

3.4 Exprimer puis calculer le rapport de transmission :

$$i_{\text{pignon/couronne}} =$$

3.5 En prenant $C_{50} = 110 \text{ Nm}$ (Quel que soit le résultat précédent), en déduire le couple moteur :

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



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).

$$I =$$

3.7 En déduire les valeurs (avec unités) de :

La puissance utile (Puti) :

Du rendement (Rd) :

De la fréquence de rotation (N) :

De la tension (U) :

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 ?

- Justifier votre réponse :

VALIDATION DES AMORTISSEURS DE FIN DE COURSE DE L'INTERRUPTEUR AERIEN.

La validation des amortisseurs nécessite la détermination des caractéristiques cinématiques puis la vérification de la quantité d'énergie fournie lors de l'opération de fermeture de l'interrupteur aérien.

On se place à la fin de la phase motorisée, et les schémas suivants donnent les positions des différents éléments.

Remarques :

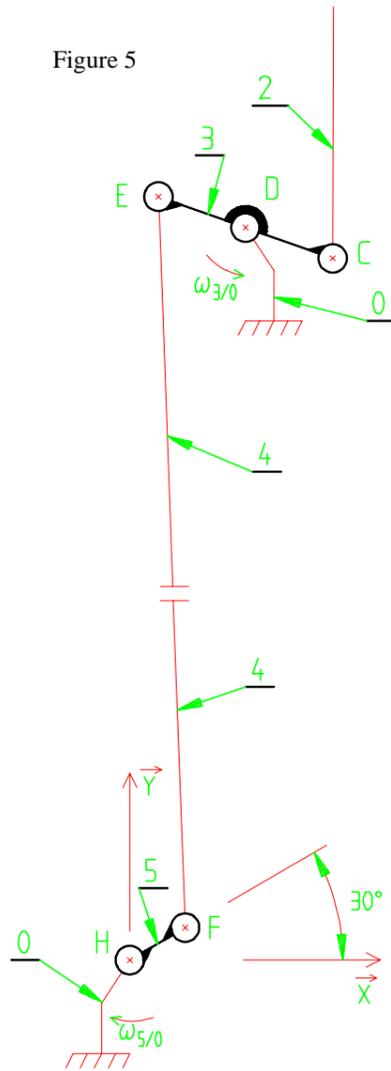
les liaisons en A, B, etc, sont des liaisons pivots. Le centre des liaisons est représenté pour faciliter les tracés.

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

Les efforts en phase de fermeture sont plus faibles que pour l'ouverture.

Le moteur est donc à sa fréquence de rotation maximale (4000 tr/min), et l'arbre de commande (5) tourne à 250 tr/min.

Figure 5



4.1 Quelle est la nature du mouvement de 5/0 :

4.2 Tracer sur la figure 5, le vecteur vitesse $\vec{V}_{F \in 5/0}$ tel que :

$$\|\vec{V}_{F \in 5/0}\| = 2,4 \text{ m/s} \quad (\text{échelle : } 1 \text{ cm pour } 0,5 \text{ m/s}).$$

4.3 Quelle est la nature du mouvement de 3/0 :

4.4 En déduire la direction du vecteur vitesse $\vec{V}_{E \in 3/0}$ et la tracer en vert sur la figure 5.

4.5 Quelle est la nature du mouvement de 4/0 :

4.6 Justifier $\vec{V}_{E \in 3/0} = \vec{V}_{E \in 4/0}$ et $\vec{V}_{F \in 5/0} = \vec{V}_{F \in 4/0}$:

4.7 En utilisant la propriété de l'équiprojectivité des vecteurs vitesses, déterminer $\vec{V}_{E \in 4/0}$. Expliquer votre démarche.

Attention, nouveau repérage des pièces

Résultat : $\|\vec{V}_{E \in 4/0}\| =$

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

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).

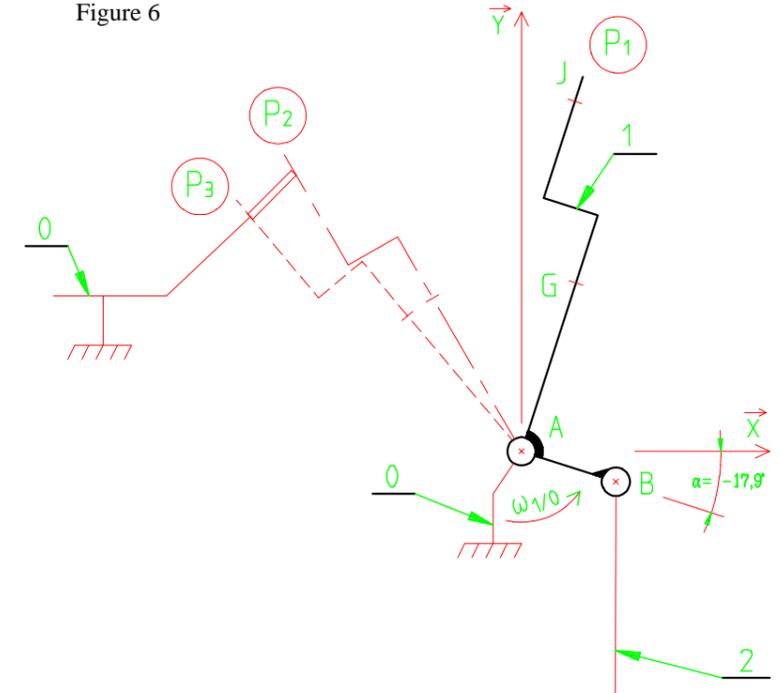
4.9 Calculer l'énergie accumulée par l'ensemble (1) en fin de phase motorisée (position P₁):

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

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

$E_{C1} =$

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 :

$$W_{P2 \rightarrow P3} = C_{P2 \rightarrow P3} \cdot \theta_{P2 \rightarrow P3} \quad (\theta \text{ en radian}).$$

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:

$W_{P2 \rightarrow P3}$

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

$E_R =$

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.

Référence des tampons :

MODIFICATION DE SOLUTION CONSTRUCTIVE**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.

$F_c =$

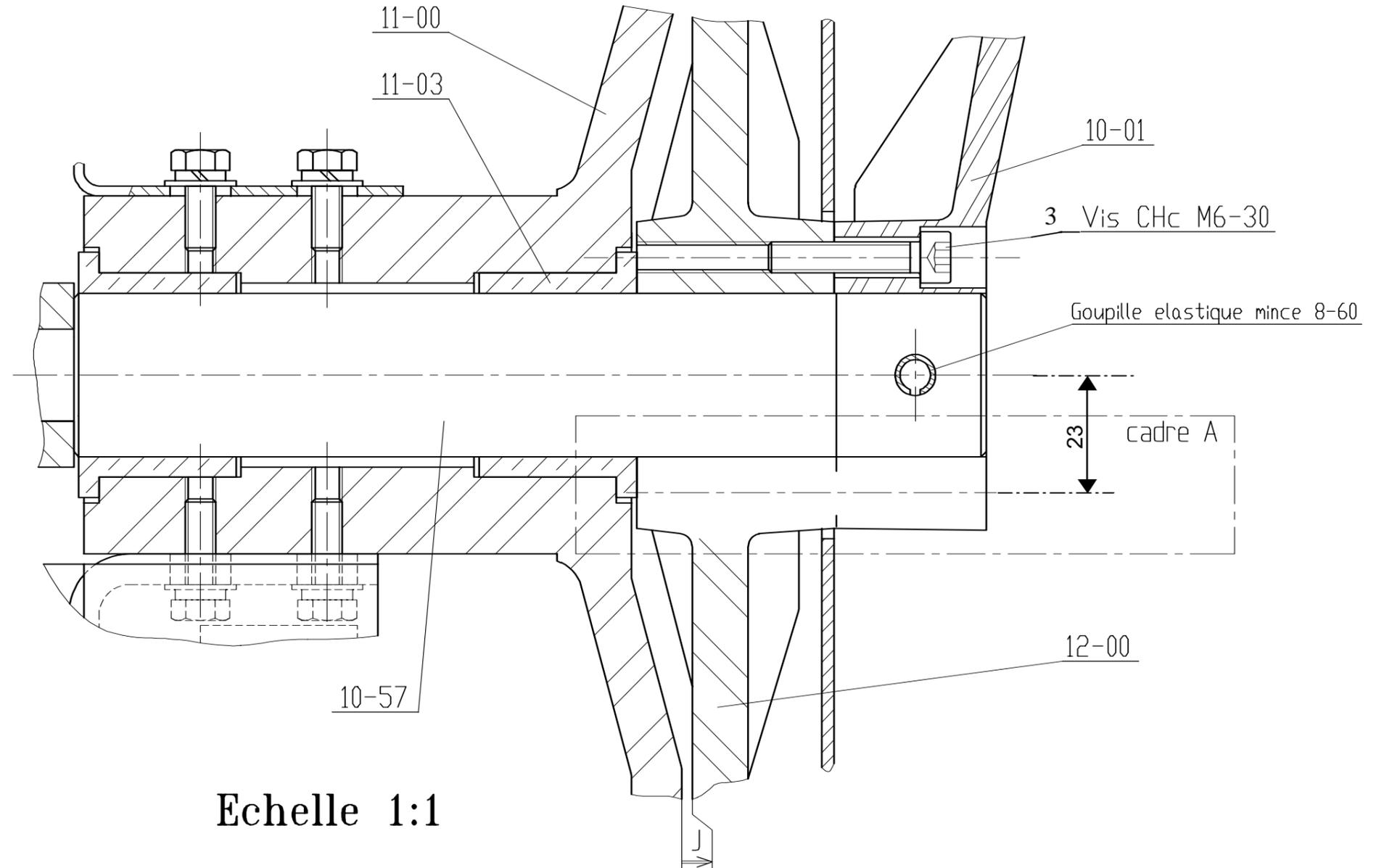
- **Appliquer** un coefficient de sécurité de 3 afin de déterminer la valeur de l'effort supporté par la goupille.

$F_{cs} =$

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

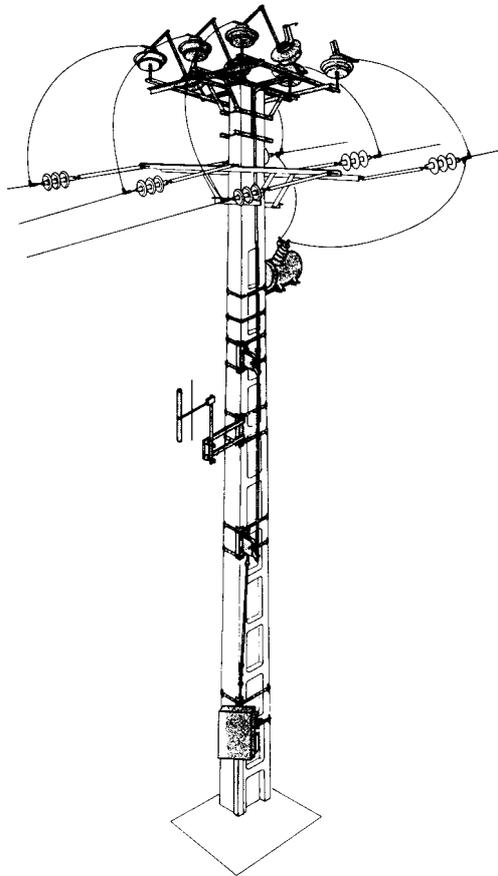
Réaliser, dans le cadre A, le dessin à main levée de la solution retenue.

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



Echelle 1:1

INTERRUPTEUR AERIEN TELECOMMANDE



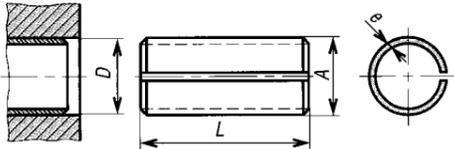
DOSSIER RESSOURCE

- 1 / 2 : Documentation dimensionnelle
- 2 / 2 : Butées Progressives

FEUILLE RESSOURCE 1 / 2

Goupilles élastiques

• Montage normal



Deux épaisseurs de goupilles élastiques :

- Série épaisse
 - Série mince
- C'est la série épaisse qui est normalement utilisée.

Matière :
Acier allié ou non, traité pour une dureté Vickers HV de 420 à 540.

Désignation :
Goupille élastique, épaisse de 11.35 NF E 27-489

Longueurs L des goupilles :
5 – 6 – 8 – 10 – 12 – 14 – 15 – 18 – 20 – 22 – 25 – 28 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 – 55 – 60 – 70 – 80 – 90 – 100 – 110 – 120 – 130 – 140.

D	A	DIMENSIONS		L à choisir dans la liste ci-contre	Effort de cisaillement simple en N
		épaisse	mince		
2	2,2	0,4	0,2	5 à 40	370
2,5	2,75	0,5	0,25	5 à 40	560
3	3,3	0,6	0,3	6 à 50	810
3,5	3,8	0,6	0,3	6 à 55	1000
4	4,35	0,8	0,4	8 à 60	1500
4,5	4,85	1	0,4	8 à 70	1680
5	5,35	1	0,5	10 à 80	2250
6	6,4	1,2	0,6	10 à 80	3120
7	7,45	1,2	0,6	10 à 100	4750
8	8,45	1,5	0,75	12 à 120	5370
9	9,5	2	1	12 à 120	7750
10	10,5	2	1	15 à 140	9000
11	11,5	2	1	15 à 150	9000

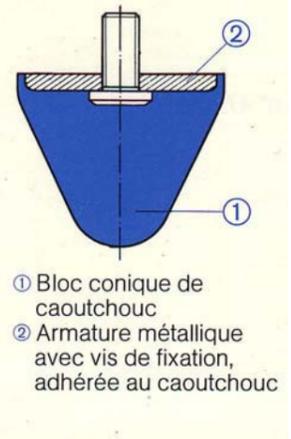
Extrait du "MEMOTECH – Dessin Industriel" Editions Educalivre

FEUILLE RESSOURCE 2 / 2

BUTEES PROGRESSIVES Extrait du catalogue PAULSTRA



Butée progressive conique



① Bloc conique de caoutchouc
② Armature métallique avec vis de fixation, adhérente au caoutchouc

La conception des butées élastiques PAULSTRA leur confère les propriétés fondamentales suivantes:

- Fortes déformations permettant de grandes absorptions d'énergie
- Absorption progressive de l'énergie grâce à la forme étudiée du caoutchouc.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES:

CHOCS REPETES			CHOCS EXEPTIONNELS Energie en joules	REFERENCES
Energie à en joules	Déformation correspondante	Réaction en daN		
3	8	100	9	512251
6	15	140	18	512301
27	18	550	70	512601
30	25	340	90	512501
37	28	400	110	512503
40	32	370	120	512502
50	26	550	150	512721
120	37	1100	350	512951