Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

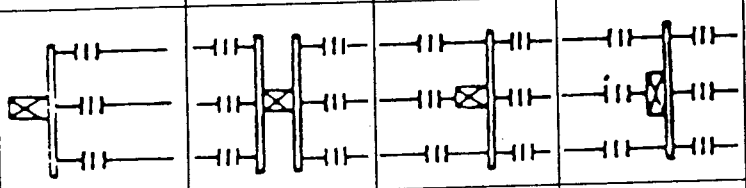
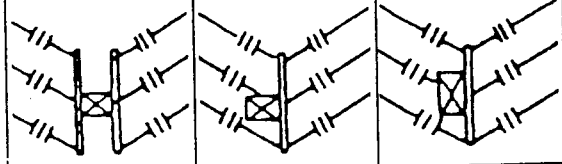
Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BP Électricien, veuillez visiter :
bpelectricien.fr/annales-sujets-et-corriges

ANNEXES

Tableau XXI - Fonction des supports d'une ligne aérienne
(voir aussi tableau VII pour les valeurs assignées à σ_1 et σ_2 suivant les pièces à dimensionner)

Note. — L'orientation des supports ainsi que la forme des traverses figurant dans les pictogrammes sont arbitraires

						Simple fixation (SF)	
Pictogrammes des fonctions	Fonction	Arrêt simple AS	Arrêt double AD	Semi-arrêt (arrêt intermédiaire) SA	Double ancrage DA	Rigide	Suspendue
	Alignement						
	Angle						
Utilisation	Ligne principale HTA	Tête de ligne	— Limite de cantons tous les 2 km (15 à 20 portées) — Inter-rupteurs	— Limite de cantons aux points singuliers (points bas, angle important... etc.)			— Alignements — Angle faible
	Ligne secondaire HTA	Tête de ligne		— Limite de cantons tous les 2 km (12 à 15 portées) — Inter-rupteurs	Points singuliers (points bas, angle important... etc.)	— Alignements — Angle faible	— Alignements — Angle faible
	Lignes BT	Tête de ligne			Autres cas		
	Hypothèses A et B	Arrêt du canton $\sigma = \sigma_1$	— Résultante des efforts $\sigma = \sigma_1$ — Arrêt de chacun des cantons $\sigma = \sigma_1$	— Résultante des efforts $\sigma = \sigma_1$ — Arrêt de chacun des cantons $\sigma = \sigma_2$	Résultante des efforts $\sigma = \sigma_1$	Résultante des efforts $\sigma = \sigma_1$	Résultante des efforts $\sigma = \sigma_1$
	Hypothèses de surcharge verticale (pour les lignes BT on ne tient pas compte de la surcharge dissymétrique)	Arrêt du canton $\sigma = \sigma_2$	— Résultante des efforts en surcharges verticales symétrique $\sigma = \sigma_2$ — Arrêt de chacun des cantons $\sigma = \sigma_2$	Résultante des efforts en surcharges verticales symétrique et dissymétrique $\sigma = \sigma_2$	Résultante des efforts en surcharges verticales symétrique et dissymétrique $\sigma = \sigma_2$	Résultante des efforts en surcharges verticales symétrique et dissymétrique $\sigma = \sigma_2$	Résultante des efforts en surcharges verticales symétrique et dissymétrique $\sigma = \sigma_2$

3.5.2 Dimensionnement des fondations travaillant au renversement

Les règles énoncées ci-dessous sont applicables aux lignes BT et HTA.

3.5.2.1 *Profondeur d'implantation*

Les profondeurs d'implantation des poteaux, les coefficients de stabilité des fondations, leurs conditions de prise en compte suivant la nature et la fonction du support (cf. paragraphe 3.4) sont indiqués au tableau XXIII.
Pour les fondations sollicitées au renversement :

$$k_s = \frac{\text{Moment limite d'endommagement}}{\text{Moment de renversement nominal}} \quad \text{avec}$$

— moment limite d'endommagement = moment provoquant une rotation de la fondation de 1 degré,
— moment de renversement nominal = moment dû à l'application de la force ($F + V$).

Tableau XXIII - Profondeur d'implantation des fondations de supports aériens de lignes BT et HTA

(H = hauteur totale du support (m))
(F = effort nominal du support (kN))

Support		Coefficient de stabilité de la fondation	
		$K_s = 1,2$	$K_s = 1,75$
Fonction du support		Double ancrage, Simple fixation, et tous cas de ligne BT en général	Semi-arrêt, Arrêt simple, Arrêt double, et cas particuliers (*)
Bois ou assemblages en bois		$\frac{H}{10} + 0,5$ (m)	$\frac{H}{10} + 0,7$ (m)
Béton	$F \leqslant 6,5$ kN		
Métal	$F > 6,5$ kN	$\frac{H}{20} + 1,3$ (m)	$\frac{H}{20} + 1,5$ (m)
(*) Voir *b)* ci-après.			

1. La profondeur d'implantation peut, dans certains cas particuliers (par exemple terrains rocheux, tablier de pont, présence de canalisations souterraines, etc.) être réduite sous réserve de la vérification des facteurs de sécurité de l'ouvrage et, plus particulièrement de l'effort tranchant développé dans le pied des poteaux. Les massifs de fondation peuvent, dans les mêmes cas, être de volume réduit, voire supprimés, sous réserve des mêmes vérifications.
2. On utilise les valeur de $K_s = 1,2$ ou $1,75$ pour les cas suivants :

   a) $K_s = 1,2$

   Tous les supports des lignes BT et les supports de double ancrage et de simple fixation pour les lignes HTA, sauf cas exceptionnels définis ci-dessous.

   b) $K_s = 1,75$

   Pour les croisements au-dessus des autoroutes, voies ferrées, voies rigides pour véhicules guidés, téléphériques et remonte-pentes définis par l'arrêté interministériel en vigueur (*), pour tous les supports de lignes principales et secondaires faisant fonction d'arrêts simples, arrêts doubles, semi(arrêts ou origines de dérivations.

3.5.2.2. *Fondations des poteaux*

— Nature du sol : afin de simplifier l'approche du calcul des fondations des supports, 5 catégories de sols ont été définies et répertoriées dans le tableau XXIV. en fonction des paramètres usuels de la mécanique des sols à l'état limite.

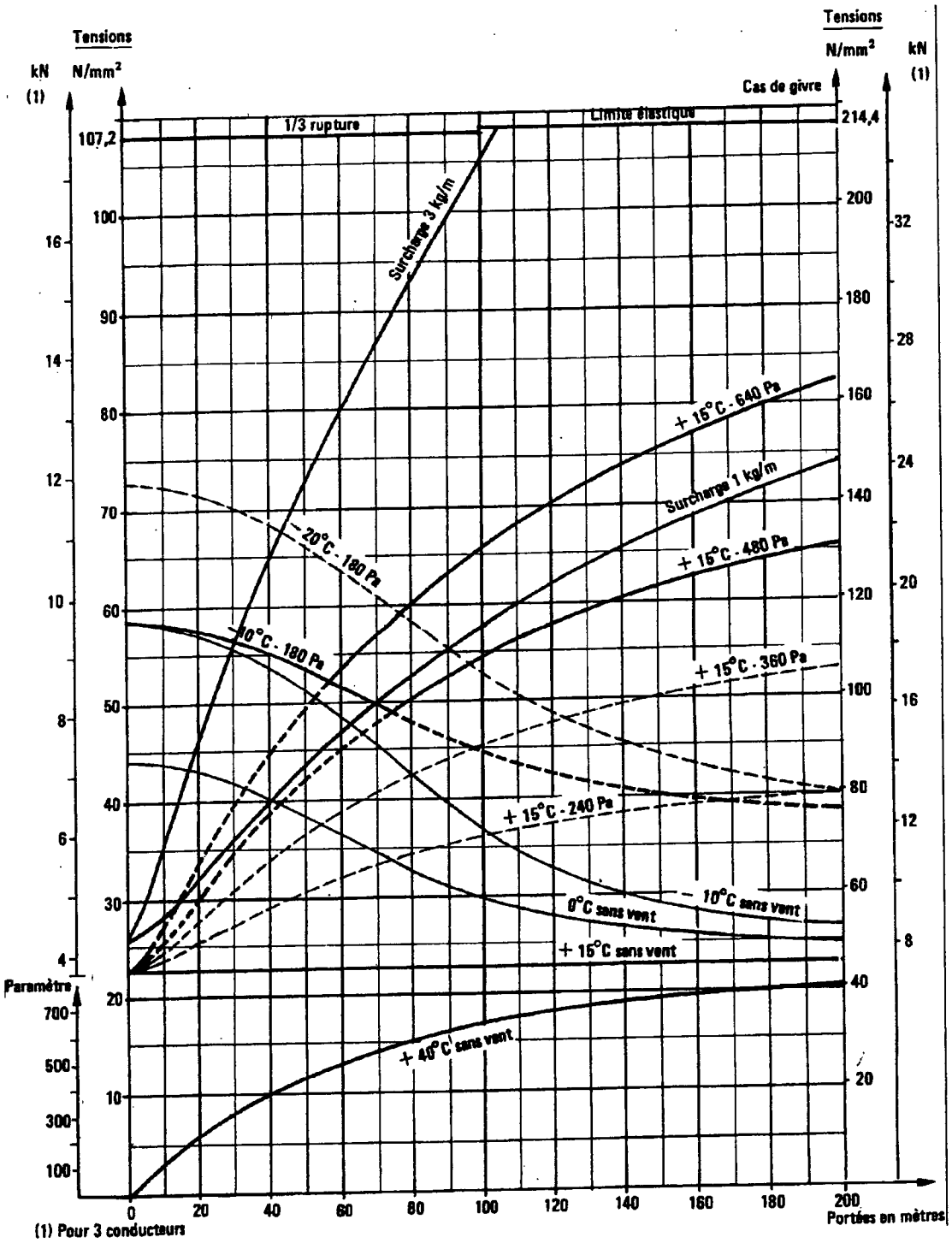
c : cohésion (exprimée en daN/cm^2 = 1 bar),
φ : angle de frottement (exprimé en degrés),
ϱ : masse volumique du sol (exprimée en g/cm^3),

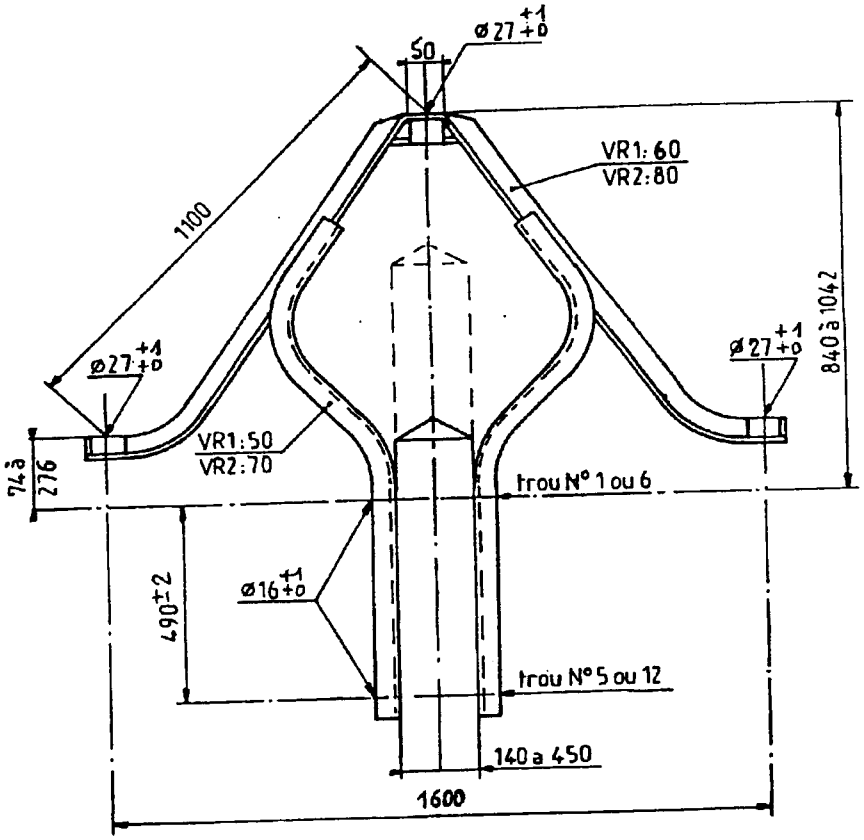
La connaissance de c, φ, ϱ permet le calcul de :
pa : pression admissible sur le sol (exprimée en daN/cm^2),

(*) *Arrêté interministériel en vigueur - Document C 11-001 (voir annexe 7)*

16/25

DESIGNATION		Famille	ASTER	ASTER	ASTER	ASTER	ASTER
		Section nominale (mm^2)	34,4	54,6	75,5	148	228
COMPOSITION	Alliage d'aluminium	Nombre de brins	7	7	19	19	37
		Diamètre (mm)	2,5	3,15	2,25	3,15	2,8
Diamètre extérieur (mm)			7,5	9,45	11,25	15,75	19,6
Résistance linéique à 20° C (Ω/km)			0,958	0,603	0,438	0,224	0,146
Contrainte à la rupture des fils (hbar)		En alliage d'aluminium	32,4				
Charge de rupture (daN)			1105	1755	2430	4765	7340
Tension nominale admissible (hbar)		En régime normal	10,72				
		En cas de givre	21,44				
Masse linéique du câble (kg/m)			0,094	0,149	0,208	0,407	0,627
Poids linéique du câble par unité de section ϖ (daN/mm^2)			0,00268				
Module d'élasticité E (hbar)			6200	6200	6000	6000	5700
Coefficient de dilatation α (^oC)$^{-1}$			0,000023				
$\frac{E\varpi 2}{24}$			0,00186	0,00186	0,00180	0,00180	0,00171
Effort linéique sur chaque câble dû à un vent de : (daN/m)		180 Pa	0,135	0,70	0,203	0,283	0,353
		240 Pa	0,180	0,227	0,270	0,378	0,470
		360 Pa	0,270	0,340	0,405	0,566	0,706
		480 Pa	0,360	0,454	0,540	0,756	0,941
		640 Pa	0,48	0,609	0,72	1,008	1,254
Facteur de surcharge pour un vent de :		180 Pa	1,77	1,53	1,41	1,23	1,15
		240 Pa	2,19	1,85	1,66	1,38	1,26
		360 Pa	3,1	2,53	2,22	1,74	1,52
		480 Pa	4,03	3,26	2,83	2,14	1,83
		640 Pa	5,31	4,26	3,67	2,72	2,27
Facteur de surcharge pour une masse linéique de givre de : (vent 480 Pa sur conducteur nu)		1 kg/m	12,28	8,31	6,38	3,94	3,01
		3 kg/m			15,65	8,58	5,98
		5 kg/m				13,42	9,10
		8 kg/m				20,74	13,84


Tensions
kN (1)
Tensions N/mm²
Cas de givre
Limite élastique
1/3 rupture
107,2
214,4
Surcharge 3 kg/m
Surcharge 1 kg/m
+ 15°C - 640 Pa
+ 15°C - 480 Pa
+ 15°C - 360 Pa
+ 15°C - 240 Pa
-20°C - 180 Pa
-10°C - 180 Pa
0°C sans vent
10°C sans vent
+ 15°C sans vent
+ 40°C sans vent
Paramètre
700
500
300
100
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Portées en mètres
(1) Pour 3 conducteurs



CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES

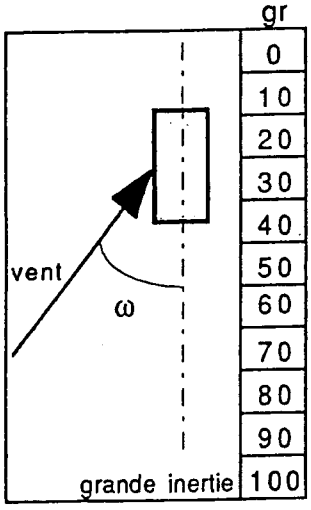
Matière : Acier E24. (NF A 35-501) galvanisé après usinage (UTE C 66-400)
Tolérance : Profil en L conforme à NF A 45-001.
Boulons : Conformes à NF C 66-440.
Marquage : Inscription apparente et indélébile :
- du nom, de la marque ou du sceau du fabricant.
- du mois et de l'année de fabrication
- de la désignation ci-dessous
- du code couleur précisé ci-dessous.

Désignation	Codet	Composition		Utilisation, par phase, dans le sens :						Support minimal associé (kN)
				Vertical Q		Horizontal H		Longitudinal L		
		couleur associée		Hypothèses		Hypothèses		Hypothèses		
		Montant	Traverse	réglem. (kN)	complém. (kN)	réglem. (kN)	complém. (kN)	réglem. (kN)	complém. (kN)	
VR 1	68.53.335	50 vert	60 rouge	1,6	2,5	1,6	2,5	0,4	0,6	2
VR 2	68.53.337	70 noir	80 jaune	4,4	7	3,8	6	1	1,6	5

VALEUR DU CŒFFICIENT G
SUPPORT BETON CLASSE "D"

Cas du semi-arrêt avec a1 ou a2 à terre

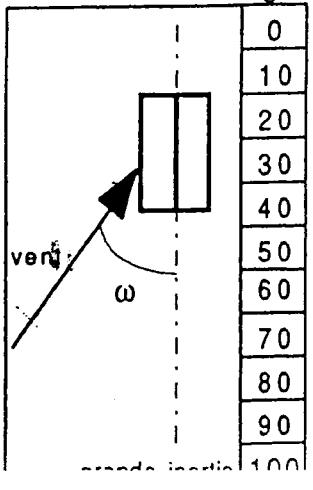
SUPPORT SIMPLE



vent ------> r

gr	ω	λ = 1 ETE V.N	λ = 1 ETE V.F	λ = 1 HIVER	λ = 1,6 GIVRE 1Kg	λ = 1,6 GIVRE 3-12Kg	λ = 1,6 GIVRE Dis	λ = 1,6 ETE V.N	λ = 1,6 ETE V.F	λ = 1,6 HIVER
		1,00	1,33	0,30	0,30	0,15	0,00	1,00	1,33	0,30
0		1,00	0,96	1,09	1,77	1,79	1,81	1,68	1,64	1,77
10		1,00	0,95	1,09	1,77	1,79	1,81	1,67	1,63	1,77
20		0,98	0,93	1,09	1,76	1,79	1,81	1,66	1,61	1,76
30		0,96	0,91	1,08	1,76	1,78	1,81	1,64	1,58	1,76
40		0,93	0,87	1,07	1,75	1,78	1,81	1,61	1,55	1,75
50		0,91	0,83	1,06	1,74	1,77	1,81	1,58	1,51	1,74
60		0,88	0,79	1,05	1,73	1,77	1,81	1,55	1,47	1,73
70		0,85	0,76	1,05	1,72	1,77	1,81	1,53	1,43	1,72
80		0,83	0,73	1,04	1,72	1,76	1,81	1,51	1,41	1,72
90		0,81	0,71	1,04	1,71	1,76	1,81	1,49	1,39	1,71
100		0,81	0,70	1,03	1,71	1,76	1,81	1,49	1,38	1,71

SUPPORT JUMELE



vent ------> r

gr	ω	λ = 1 ETE V.N	λ = 1 ETE V.F	λ = 1 HIVER	λ = 1,6 GIVRE 1Kg	λ = 1,6 GIVRE 3-12Kg	λ = 1,6 GIVRE Dis	λ = 1,6 ETE V.N	λ = 1,6 ETE V.F	λ = 1,6 HIVER
		1,00	1,33	0,30	0,30	0,15	0,00	1,00	1,33	0,30
0		1,00	0,96	1,09	1,77	1,79	1,81	1,68	1,64	1,77
10		1,00	0,96	1,09	1,77	1,79	1,81	1,68	1,63	1,77
20		1,00	0,95	1,09	1,77	1,79	1,81	1,68	1,63	1,77
30		0,99	0,95	1,09	1,77	1,79	1,81	1,67	1,63	1,77
40		0,99	0,94	1,09	1,77	1,79	1,81	1,67	1,62	1,77
50		0,99	0,94	1,09	1,76	1,79	1,81	1,66	1,62	1,76
60		0,98	0,93	1,09	1,76	1,79	1,81	1,66	1,61	1,76
70		0,98	0,93	1,08	1,76	1,78	1,81	1,65	1,60	1,76
80		0,97	0,92	1,08	1,76	1,78	1,81	1,65	1,60	1,76
90		0,97	0,92	1,08	1,76	1,78	1,81	1,65	1,60	1,76
100		0,97	0,92	1,08	1,76	1,78	1,81	1,65	1,60	1,76

— l'armement est du type nappe-voûte à condition que l'angle soit inférieur ou égal à 10 gr;
— à titre exceptionnel, si le support est armé en drapeau et se trouve à l'extérieur de l'angle formé par les conducteurs, aucune limitation de l'angle d'inclinaison des chaînes n'est imposée pour les conducteurs; en vue de respecter les distances à la masse, il pourra être fait usage d'étriers longs pourvus d'un arrêtoir empêchant la remontée de la chaîne.

Il est interdit dans tous les cas, d'employer des isolateurs rigides du type à attaches pour le maintien ou le renvoi des conducteurs.

3.6.2.3 *Lignes utilisant des conducteurs isolés*

La définition donnée conventionnellement à 40° sans vent est indiquée dans le tableau XXIX.

Tableau XXIX - Condition d'établissement des lignes HTA en conducteurs isolés

Types et faisceaux	Paramètres à + 40 °C sans vent						
	Zone à vent normal				Zone à vent fort et givre		
3 × 50 mm² Al + 1 × 50 mm² Ac	300	350	400		300	350	
3 × 95 mm² Al + 1 × 50 mm² Ac	200	250	300		200	250	
3 × 150 mm² Al + 1 × 50 mm² Ac	150	200	250		150	200	

La longueur de chacune des portées d'un canton devra être inférieure à 80 m.

Lorsque le relief impose des portées plus importantes, elles seront traitées comme des cantons à portée unique c'est-à-dire comporter un arrêt à chaque extrémité.

— les contraintes dans les conducteurs ne doivent pas dépasser les 3/4 de celles retenues habituellement.

3.7 Distances entre phases pour les lignes HTA

L'armement d'un support fixe la disposition des conducteurs en tête de celui-ci et la distance géométrique entre les conducteurs. Les prescriptions suivantes s'appliquent à tous les types de supports.

Pour les lignes sur isolateurs rigides et suspendus et pour tous les critères de réglage, l'écartement minimal à respecter entre les conducteurs en milieu de portée est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$e = K_c \left(\frac{U}{150} + K_z \sqrt{f + L} \right)$$

e = écartement minimal entre conducteurs en milieu de portée en mètres;
f = flèche à 40 °C sans vent en mètres;
L = longueur libre de la chaîne, en mètres; $L = 0$ pour les armements rigides;
U = tension de service de l'ouvrage, en kilovolts avec $\frac{U}{150} \geqslant 0,13$;

K_c = coefficient prenant en compte la disposition des conducteurs.

en rigide

$k_c = 0,8$ pour les armements alternés ou en drapeau,
$k_c = 0,7$ pour les armements en nappe horizontale ou en triangle.

en suspendu

$k_c = 1$ pour les armements alternés ou en drapeau,
$k_c = 0,8$ pour les armements en nappe horizontale, en nappe-voûte ou en triangle.
K_z = coefficient prenant en compte de la zone (vent normal ou fort, givre),
$k_z = 0,9$ dans les zones à vent normal,
$k_z = 1$ dans les zones à vent fort et dans les zones givrées.

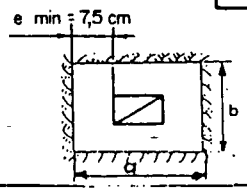
Le choix du coefficient K_c pour une configuration de portée encadrée par deux armements de géométrie différente, se fait en considérant la moyenne des deux coefficients K_c affectés aux deux armements.

Au niveau des supports, on vérifie en outre que l'écartement entre conducteurs procuré par l'armement est supérieur à 0,75 e et de toute façon jamais inférieur à 1 mètre.

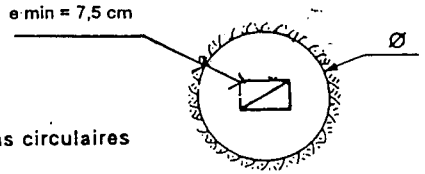
POTEAUX EN BETON OU METALLIQUES

DIMENSIONS DES FONDATIONS

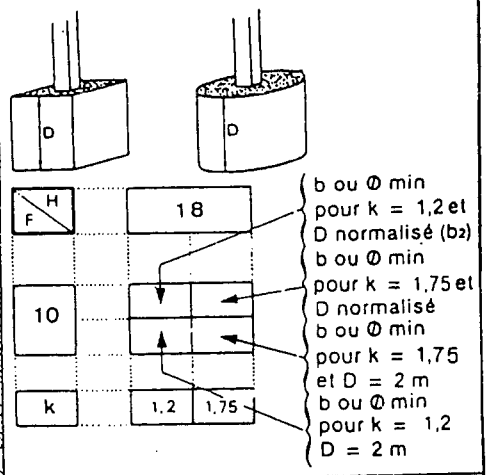
Fondations rectangulaires



Fondations circulaires



	H(m)	b (cm) minimum																						Ø cm minimum													
	F(kN)	9		10		11		12		13		14		16		18		20		22				9		10		11		12		13		14		16	
k = 1,2 → D = H/10 + 0,50 m k = 1,75 → D = H/10 + 0,70 m	1,25-1,6	40		40																				55		55											
	2	40		40		40																		55		60		60									
	2,5	40		40		40		40																55		60		60		65							
	3,2	40		40		40		40		50														60		65		65		70		70					
	4	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50									60	60	65	65	65	65	70	70	70	70	70	70	80	85
													55	55	55																			70	85	90	
	5	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	60	70	70	70	70	70			65	65	70	70	70	70	70	70	75	75	75	75	80	80
													60	60	70	65	85	65	105	80	120													80			
	6,5	55	55	55	55	55	55	50	50	50	50	50	50	50	50	65	70	70	70	70	70			70	70	75	80	70	75	70	75	75	75	75	80	80	80
													70	60	90	65	105	80	125	95	140													90			
k = 1,2 → D = H/20 + 1,30 m k = 1,75 → D = H/20 + 1,50 m	8	60	60	60	60	65	65	70	70	70	70	75	75	80	80	80	85	80	85	80	90			75	75	80	80	80	80	85	85	90	90				
							65		75		75		85	85	110	85	120	95	140	110	160																
	10	60	60	65	65	65	65	70	70	70	70	75	75	80	80	85	100	85	105	90	110			80	80	80	80										
							65		80		90		100	90	130	95	140	115	160	130	180																
	12,5	60	60	70	70	70	80	70	90	80	90	80	100	85	105	100	120	105	125	105	130			80	80	85	90										
							90		100		110		125	105	150	120	165	135	185	155	205																
	16	75	90	85	100	90	100	95	110	100	120	105	120	110	130	120	145	125	150	125	155																
							110		125		140		150	120	170	140	190	150	205	170	225																
	20	110	120	110	130	120	135	130	150	130	150	140	160	150	170	160	180	165	185	170	195																
							140		160		175		190	180	215	180	230	200	250	215	270																
	25	120	140	130	150	140	160	150	170	150	180	160	185	180	190	180	200	180	210	185	220																
							170		185		200		210	190	240	200	255	220	280	240	300																
	32	150	170	160	185	170	190	175	200	180	205	190	220	195	225	200	235	210	245	220	255																
							200		210		230		240	215	270	230	290	250	310	270	330																
	40	165	190	180	205	190	215	195	220	200	230	205	235	220	255	230	265	240	275	245	280																
							220		235		250		260	235	290	250	310	270	330	290	350																
k		1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175			1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175	1,2	175



DETERMINATION DE LA HAUTEUR D'UN SUPPORT LIGNE HTA RIGIDE

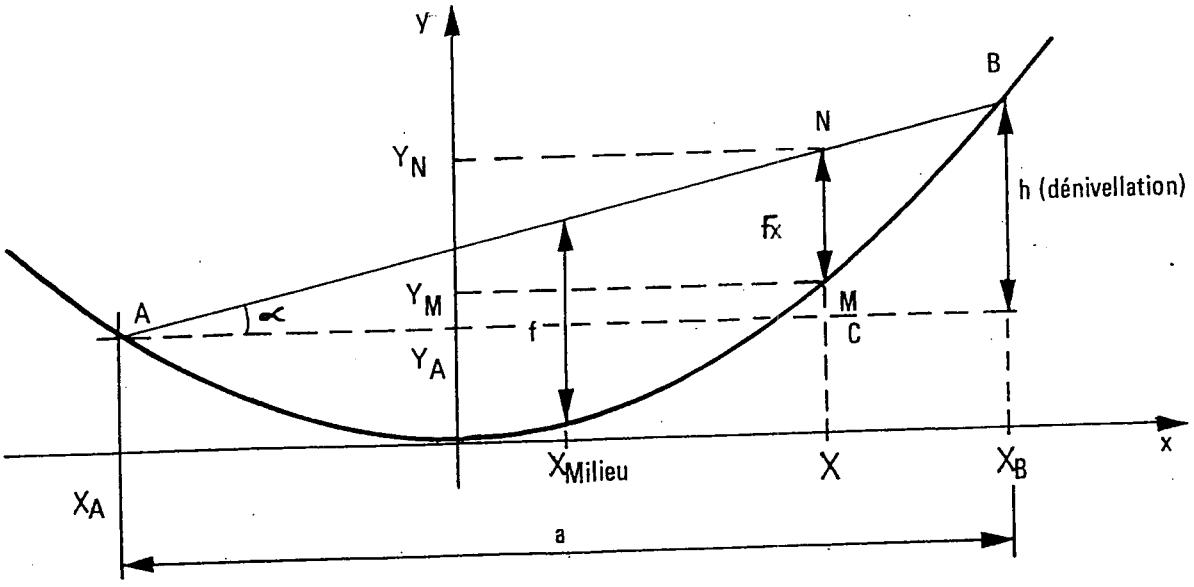
3 - FLECHE

La flèche est fonction :

- De la portée réelle.
- Du paramètre à 40° C sans vent.

$f = \frac{a^2}{8\,P}$ en milieu de portée

$f = \frac{(\text{distance X X a}) \times (\text{distance X X B})}{2\,P}$ = flèche en un point quelconque de la portée.



4 - DISTANCE D'ACCROCHAGE

C'est la distance d'accrochage du conducteur par rapport à la tête du support. Cette distance est fonction du type d'armement utilisé et de la façon dont est utilisé cet armement.

Exemples :

- Distance = 0,15 m pour VR en position non avifaune.
- Distance = 0,15 m pour VR en position avifaune.
- Distance = 0, 25 m pour poutre d'ancrage sur support d'arrêt.
- Distance = 1, 05 m pour poutre d'ancrage de dérivation ou poutre interrupteur.

CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT

- ϖ = poids linéique de câble par unité de section kN/(m. mm^2) pour le câble Aster, $\varpi = 268 \times 10^{-7}$ kN/(m. mm^2)

- **S** = section nominale du câble en mm^2

- a_1 = portée en mètres

- a_2 = portée en mètres

- **forfait iso.** = forfait isolateur (poids) = 0,05 kN pour VHT 20 T ou 22 T

- ϕc = diamètre extérieur du câble en mètres

- **Pvc** = pression du vent sur le conducteur en Pascals .
  (Elle est fonction de l'hypothèse climatique et de la zone de vent).

- $\frac{T1}{3}$ = tension sur un conducteur pour la portée a_1 (kN) aux différentes hypothèses climatiques

- $\frac{T2}{3}$ = tension sur un conducteur pour la portée a_2 (kN) aux différentes hypothèses climatiques

- **m** = effort de surcharge de givre (en kN).

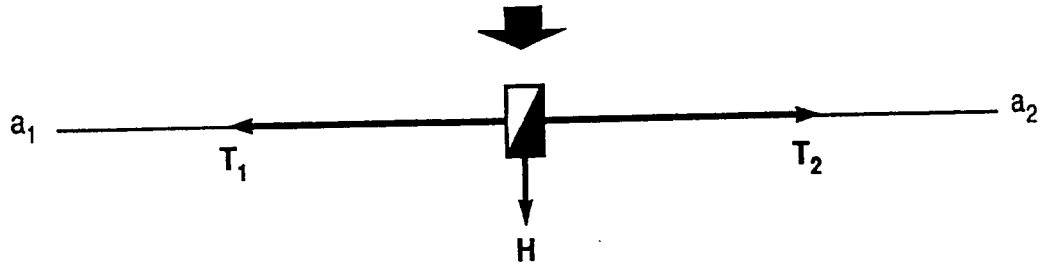
Exemple :
Si une surcharge est de 1 kg/m, on sait qu'une force = masse x g (cœfficient d'apesanteur de 9,81 sur terre). Pour les besoins de notre calcul, on prendra g = 10.

Donc m = 1 x 10 = 10 N

On veut m en kN ==> m = 0,01 kN / mètre pour une surcharge de 1 kg/m.

CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT

Direction du vent sur le support et les conducteurs



T1 et **T2** = efforts dûs aux conducteurs dans le sens longitudinal
H = effort transversal dû au vent sur les conducteurs
L = résultante des efforts longitudinaux sur un alignement
(L = 0 avec givre symétrique)

Fonction du support : SF (simple fonction)

1 - CALCUL DE L'ARMEMENT VR

a) Il faut vérifier l'écartement des conducteurs
(voir détail au chapitre "écartement des conducteurs" page 1. 150/60).

b) Il faut déterminer les composantes **q**, **h**, l aux trois hypothèses climatiques :

- **q** = effort vertical sur une phase (kN)
- **h** = effort transversal sur une phase (kN)
- l = effort longitudinal sur une phase (kN)

	ETE	HIVER	GIVRE
q	$\varpi \times S \times \frac{a_1 + a_2}{2}$ + forfait iso		$(\varpi \times S + m) \frac{a_1 + a_2}{2}$ + forfait iso
h	$\frac{\Phi c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times Pvc\ (été)}{10^3}$	$\frac{\Phi c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times Pvc\ (hiver)}{10^3}$	$\frac{\Phi c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times Pvc\ (givre)}{10^3}$
l	$\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3} = 0$	$\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3} = 0$	$\frac{T_1}{3} - \frac{T_2'}{3} = 0$

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.