

**COMITÉ D'ÉTUDES 22
LIGNES AÉRIENNES**

**DETERMINATION DES CHARGES DE VENT SELON DES METHODOLOGIES
DIVERSES ET SES INFLUENCES AUX PROJETS STRUCTURAUX**

**Aureo Pinheiro Ruffier *
João Ignácio da Silva Filho**

**CEPEL
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica**

Luiz Felipe Estrella Jr.

Fundação Padre Leonel Franca

Érico Fagundes Anicet Lisboa

**Érico Lisboa Pesquisa e
Desenvolvimento**

RESUMÉ

Le but de ce Travail Technique (TT) est comparer les normes techniques IEC 60826 [1] et ASCE 74 [2] quant aux chargements de vent appliqués aux lignes aériennes (LA's).

En outre, ce TT quantifie la variation de poids des pylônes en treillis de LA's lors qu'on ajoute d'autres hypothèses de vent à celles normalement recommandées par les normes. Des hypothèses additionnelles, telles que l'effet de torsion provoqué par mouvement cyclonique du vent ou par l'action pleine de rafales fortes dues aux tempêtes sévères, augmentent de 5% à 10% le poids des pylônes, en dépendant de la valeur du vent de référence utilisée.

MOTS-CLÉS

Lignes aériennes, vitesse du vent, dimensionnement structural, hypothèses de calcul.

1.0 - INTRODUCTION

En ce qui concerne le dimensionnement de pylônes, les efforts provenant de l'action du vent sur les composants de la LA (conducteurs, isolateurs, pylônes, etc) sont calculés en utilisant de facteurs qui tiennent compte de la turbulence du vent et de la réponse dynamique de ses composants. Normalement, ces facteurs sont définis dans les normes techniques et représentent un consensus général de la pratique journalière dans les bureaux d'études d'un pays.

Selon l'IEC 60826, ces facteurs sont définis comme *facteurs combinés* et sont considérés séparément pour chaque composant de la LA. Tous ces facteurs sont rapportés à une vitesse de vent sur une moyenne de 10 minutes.

Dans les mesures de vitesse de vents forts pratiquées en diverses régions du territoire brésilien, on a trouvé de facteurs de rafales avec des valeurs supérieures à

celles indiquées dans la IEC 60826. On entend par facteur de rafale le rapport entre les vitesses de vent mesurées sur une moyenne de 2 à 3 secondes et celle mesurée sur une moyenne de 10 minutes. Comme le facteur de rafale traduit l'intensité de la turbulence du vent, il est contestable l'utilisation des facteurs combinés de vent, tels que ceux présentés par l'IEC 60826, sans une discussion approfondie des différences entre les turbulences des vents qui se produisent au Brésil et ceux qui ont servi de base pour le développement de l'IEC 60826. Ce TT vise à relever cette discussion et aussi de comparer les facteurs combinés de l'IEC 60826 et ceux de l'ASCE 74.

Au Brésil, les vents forts survenus de tempêtes sévères sont pris pour une des causes de chute de pylônes de LA's, ce qui a conduit les ingénieurs à considérer ces effets lors de leur dimensionnement, en ajoutant des nouvelles hypothèses de calcul à celles préconisées par l'IEC 60826.

La prise en compte de tempêtes sévères est même déjà une exigence pour des projets récents de LA's au Brésil. Cette exigence s'applique même au régions du pays où il n'y a pas de précédents de chute de pylônes par l'action du vent.

Puisque ces hypothèses additionnelles dues aux tempêtes sévères peuvent mener à de renforcements structuraux des pylônes, ce qui augmentent son poids en acier, son coût, ce TT fait une évaluation d'augmentation de poids d'un modèle structural soumis à des régimes de vents qui ont lieu au Brésil.

2.0 - ANALYSE DE NORMES TECHNIQUES

Dans ce paragraphe, on fait une comparaison entre les charges de vent calculées selon les normes IEC 60826 et ASCE 74. Toutes les unités utilisées ici sont rapportées au système international. Les valeurs des coefficients de chaque formulation sont trouvées dans ces respectives références bibliographiques. Cette

comparaison doit être faite soigneusement car leurs approches sont différentes. Tout d'abord, on établit une formule générale que l'on applique aux deux normes et, ensuite, son coefficient ϕ est décrit pour chaque norme. Donc, la formule générale s'écrit:

$$p_{vt} = \frac{1}{2} \rho v_{10\min}^2 \phi_t C_{xt} \quad (1)$$

$$p_{vc} = \frac{1}{2} \rho v_{10\min}^2 \phi_c C_{xc} \quad (2)$$

pour les actions unitaires du vent sur le pylône et sur le câble, respectivement, où:

- ρ - masse volumique de l'air (1,225 kg/m³);
- $v_{10\min}$ - vitesse du vent sur une moyenne de 10 minutes, terrain de catégorie B et 10 m au-dessus du sol;
- C_{xc} - coefficient de traînée du câble;
- C_{xt} - coefficient de traînée du pylône.

Il convient noter que les coefficients de traînée n'ont pas été considérés dans cette comparaison.

Pour le cas de l'IEC 60826, les coefficients ϕ pour le vent sur le pylône et sur le câble sont données, respectivement, par:

$$\phi_t^{IEC} = k_r^2 G_t^{IEC} \quad (3)$$

$$\phi_c^{IEC} = k_r^2 G_c^{IEC} G_L^{IEC} \quad (4)$$

- où,
- k_r - coefficient de rugosité du terrain;
 - G_c^{IEC} - facteur combiné du vent pour le câble;
 - G_t^{IEC} - facteur combiné du vent pour le pylône;
 - G_L^{IEC} - coefficient d'effectivité de la portée vent.

Les valeurs des facteurs combinés G_t e G_c sont données au moyen de courbes, en fonction de la hauteur au-dessus du sol h et de la rugosité du terrain. On a ajusté une interpolation pour ces courbes, qui s'exprime par l'équation suivante:

$$G^{IEC} = c_1 h + c_2 \ln(h) + c_3 \quad (5)$$

Les valeurs de ses coefficients se trouvent au tableau 1.

Tableau 1 – Coefficients pour obtenir G_t^{IEC} e G_c^{IEC} .

terrain	G_t^{IEC}			G_c^{IEC}		
	c_1	c_2	c_3	c_1	c_2	c_3
A	3,44e-03	0,213	1,178	1,18e-03	0,249	1,146
B	1,61e-03	0,316	1,187	2,44e-03	0,305	1,122
C	5,54e-03	0,294	1,817	2,06e-03	0,442	1,018
D	1,59e-02	0,236	2,587	-1,55e-03	0,643	7,741

Le facteur d'effectivité G_L^{IEC} , qui varie selon la longueur de la portée vent (L), est, lui aussi, exprimé au moyen d'une courbe, à laquelle on a ajusté l'équation suivante:

$$G_L^{IEC} = 1,067 - 3,57 \cdot 10^{-4} L + 1,19 \cdot 10^{-7} L^2 \quad (6)$$

L'ASCE 74 définit le coefficient ϕ pour l'action unitaire du vent sur le pylône et sur le câble, respectivement, par les formules suivantes:

$$\phi_t^{ASCE} = z_v^2 G_t^{Dave} \quad (7)$$

$$\phi_c^{ASCE} = z_v^2 G_c^{Dave} \quad (8)$$

avec:

$$z_v = 1,61 \left(\frac{h}{z_g} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (9)$$

$$G_t^{Dave} = 1 + 2,7E\sqrt{B_t} \quad G_c^{Dave} = 1 + 2,7E\sqrt{B_c} \quad (10)$$

$$E = 4,9\sqrt{k} \left(\frac{10}{h} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (11)$$

$$B_t = \frac{1}{1 + 0,375 H/L_S} \quad B_c = \frac{1}{1 + 0,8 L/L_S} \quad (12)$$

- où,
- h - hauteur au-dessus du sol;
 - α - coefficient pour la correction de la vitesse du vent avec la hauteur au-dessus du sol;
 - z_g - hauteur gradient, à partir de laquelle la vitesse du vent est considérée constante;
 - G_c^{Dave} - équation de Davenport qui considère la réponse dynamique du câble;
 - G_t^{Dave} - idem pour le pylône;
 - κ - coefficient de traînée de surface;
 - L_S - échelle de turbulence;
 - H - hauteur du pylône;
 - L - portée vent.

Les coefficients des équations de l'ASCE 74 dépendent de la rugosité du terrain.

Il y a certaines différences entre l'ASCE 74 et l'IEC 60826 qui méritent les commentaires qui suivent:

- Le classement du type de terrain de l'ASCE 74 est différent de celui de l'IEC 60826. A première vue, le classement de terrains en D, C et B par l'ASCE 74 équivaut au classement A, B et C de l'IEC 60826. Dans ce TT, le classement de la rugosité suit la nomenclature de l'IEC 60828.
- L'ASCE 74 considère un seul panneau de vent le long de la hauteur du pylône pour le calcul de la charge de vent agissant sur le pylône. La hauteur h , du point d'application de la résultante sur ce seul panneau, est deux-tiers de la hauteur totale H . Dans le but de comparer les normes, on a considéré que H , la hauteur du pylône dans l'équation (12), est $1,5h$.
- Selon l'ASCE 74, le facteur d'effectivité du câble est considéré implicitement dans l'équation de B_c , qui dépend de la portée vent, L .

La comparaison de l'action unitaire du vent sur le câble entre les deux normes ne peut être faite que pour une valeur de portée vent connue à cause de la considération de l'effectivité du front de vent sur la portée. On a donc choisi une valeur de portée vent égale à 400 m.

La Figure 1 présente la variation du coefficient ϕ_t pour l'action unitaire du vent sur le pylône avec la hauteur h , pour toutes les rugosités de terrain et pour les deux normes en question. De même, la Figure 2 montre la variation du coefficient ϕ_c pour l'action unitaire du vent

sur le câble avec la hauteur h et pour une portée vent égale à 400 m. On remarque à nouveau que les coefficients de traînée sont exclus de cette comparaison.

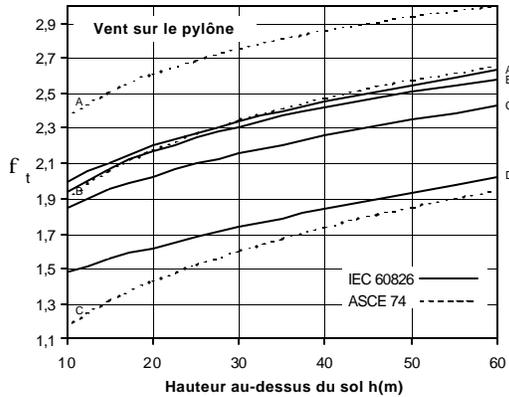


FIGURE 1 – Comparaison des coefficients ϕ_t pour le vent agissant sur le pylône.

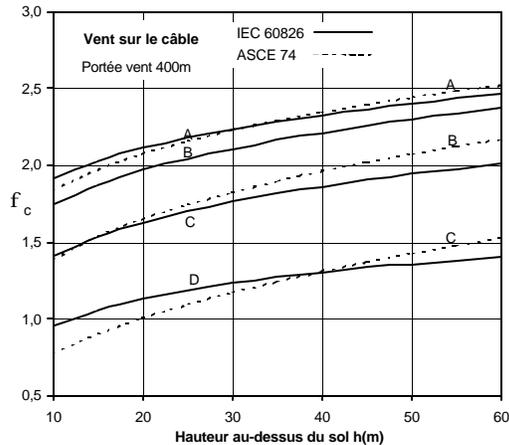


FIGURE 2 – Comparaison des coefficients ϕ_c pour le vent agissant sur le câble avec une portée vent égale à 400 m.

La Figure 1 montre que l'action unitaire du vent par l'IEC 60826, selon les rugosités A et B sont très proches, avec peu de différence entre elles. En ce qui concerne l'ASCE 74, sa courbe B est proche de la courbe respective de l'IEC 60826, tandis que ses courbes A et C sont fort écartées des courbes respectives de l'IEC 60826. La courbe A de l'ASCE 74 fournit de valeurs de l'action unitaire du vent sur le pylône de l'ordre de 17% plus élevées que celle de l'IEC 60826, alors que la courbe C fournit des valeurs nettement inférieures, d'environ 40%, à celles de la courbe C de l'IEC 60826.

De la même façon, la Figure 2 montre une comparaison entre les normes pour l'action unitaire du vent agissant sur le câble. À nouveau, on remarque une bonne proximité entre les courbes A et B de l'IEC 60826. Lors que l'on compare les courbes de l'IEC 60826 et de l'ASCE 74, on note qu'elles sont très

proches pour la courbe A, alors que les courbes B et C de l'ASCE 74 fournissent des valeurs assez inférieures aux respectives courbes de l'IEC 60826.

Maintenant, la discussion revient aux facteurs de rafales. Dans le cas où l'ingénieur possède la vitesse du vent rapportée à une autre base de temps que les 10 minutes, l'IEC 60826 fournit un abaque pour le changement de la base de temps à laquelle on veut référencier.

Étant donné que l'action du vent est un chargement dynamique sur la LA, la réponse des divers composants est sensible au temps de la moyenne de la vitesse du vent. Comme les divers composants d'une LA possède des caractéristiques dynamiques distinctes dues aux différences d'inertie et raideur qui présentent, il s'avère nécessaire de connaître les vitesses du vent rapportées à des différents temps de la moyenne qui soient compatibles avec le temps de réponse dynamique de chaque composant.

Les facteurs combinés pour le calcul de la charge de vent sur le pylône et sur le câble préconisés par l'IEC 60826 considère déjà implicitement ce changement de base de temps, correspondant à chaque composant. L'abaque fourni par l'IEC 60826 pour cette conversion de base de temps a eu son développement basé sur des mesures de vitesses de vents au hémisphère nord. Une comparaison des valeurs fournies par cet abaque avec celles obtenues à partir de mesures de vent relevées au Brésil présente des écarts importants [3]. Cet abaque fournit un facteur égal à 1,4 pour changer d'une base de temps de 10 minutes pour 3 secondes, sur un terrain de rugosité B, tandis que le traitement statistique de vents forts mesurés au Brésil donne des valeurs allant de 1,8 à 2,1 aux latitudes inférieures à 16°, et allant de 1,5 à 1,9 pour les autres [3]. Par voie de conséquence, on doit utiliser l'IEC 60826 avec soin, comme montré dans ce qui suit.

A titre d'exemple, on prend un site dont la rugosité du terrain est B, où les vitesses du vent ont été mesurées sur les moyennes de 3 secondes et 10 minutes, et que le rapport entre elles, le facteur de rafale, soit égal à $k_{Br}^{3s} = 1,9$.

Pour une période de retour fixé, il est fort probable que la vitesse mesurée sur une moyenne de 10 minutes est plus petite que celle calculée à partir de la vitesse mesurée sur une moyenne de 3 secondes, corrigée pour 10 minutes en se servant de l'IEC 60826. La vitesse sur 10 minutes adoptée par l'ingénieur, selon l'IEC 60826, serait égale à:

$$v_{10min}^{IEC} = \frac{v_{3s}}{1,4} = \frac{1,9 v_{10min}^{réelle}}{1,4} \quad (13)$$

où $v_{10min}^{réelle}$ est la vitesse sur 10 minutes réelle du site en question. L'action unitaire du vent, selon l'IEC 60826, est donc donnée par:

$$p_v = \frac{1}{2} \rho \left(v_{10min}^{IEC} \right)^2 G^{IEC} C_x \quad (14)$$

En jetant l'équation (13) dans l'équation (14), on obtient:

$$p_v = \frac{1}{2} \rho (v_{10 \text{ min}}^{\text{réelle}})^2 \left(\frac{1,9}{1,4} \right)^2 G^{\text{EC}} C_x \quad (15)$$

ce qui suggère une valeur de facteur combiné adaptée pour les conditions brésiliennes, donnée par:

$$G^{\text{Br}} = \left(\frac{k_{\text{Br}}^{\text{3S}}}{k_{\text{IEC}}^{\text{3S}}} \right)^2 G^{\text{IEC}} \quad (16)$$

Finalement, l'équation suivante fournit l'action unitaire du vent:

$$p_v = \frac{1}{2} \rho (v_{10 \text{ min}}^{\text{réelle}})^2 G^{\text{Br}} C_x \quad (17)$$

Selon les valeurs du facteur de rafale, les valeurs de G^{Br} peuvent devenir considérablement supérieures aux valeurs de G^{IEC} .

Comme ce sujet se trouve sous discussion, l'utilisation des équations (16) et (17) ou des valeurs mesurées sur 3 secondes doit être judicieuse lors qu'on adopte l'IEC 60826.

3.0 - QUANTIFICATION DU VENT

A fin d'évaluer le changement de poids du pylône, lors qu'on considère les deux hypothèses additionnelles pour les chargements de vent dus aux tempêtes sévères, on a défini des valeurs de vitesses maximales compatible avec des valeurs mesurées au Brésil.

Les valeurs de vitesses de référence sur une moyenne de 10 minutes adoptées dans ce TT sont 80 km/h, 110 km/h et 130 km/h, qui sont en rapport avec des régions du Brésil dont la période de retour varie de 100 à 500 ans. A titre d'exemple, la vitesse de 80 km/h est en rapport avec une période de retour égale à 100 ans pour quelques emplacements de la région sud-est et 500 ans pour la région nord-est du pays.

Ayant pour base les facteurs de rafales mesurés pendant les tempêtes locales, les vitesses de rafale pendant les tempêtes sévères varient de 160 km/h à 230 km/h, en dépendant de la région du pays. Puisque le but de ce TT est l'étude de la variation du poids des pylônes avec ces vitesses, on les a poussé jusqu'à 260 km/h.

4.0 - EVALUATION STRUCTURALE

4.1 Structure analysée

La Figure 3 montre le schéma du pylône analysé dans ce TT, avec les caractéristiques suivantes: tension de 500 kV CA, ligne simple, 4 conducteurs Grosbeak et câbles de garde 3/8 EHS

Les portées poids, vent et basique considérées dans le dimensionnement structural sont égales à 400 m, 500 m et 450 m, respectivement.

4.2 Hypothèses de chargement

Les chargements appliqués au pylône peuvent être groupés en 3 catégories: vent, rupture de câbles et, construction et entretien [4].

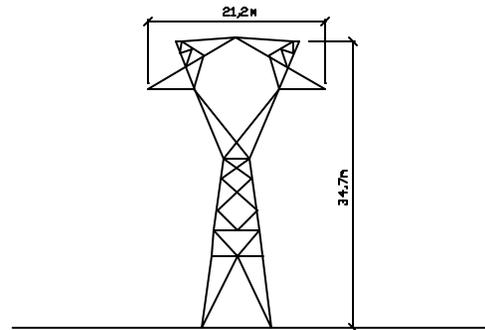


FIGURE 3 – Schéma du pylône analysé.

4.2.1 Chargements de vent

Trois cas de chargements ont été considérés et ils sont nommés vent de référence, vent torsionnel et vent de rafale pleine.

Les vitesses de vent sont rapportées à 10 m au-dessus du sol et rugosité de terrain classe B de l'IEC 60826. Le vent de référence est basé sur une moyenne de 10 minutes et les deux autres sont associés aux rafales de tempêtes sévères.

Le chargement de vent a d'angles d'attaque égaux à 0°, 45° et 90°, agissant sur les câbles et sur le pylône, calculés selon l'IEC 60826.

L'effet du vent torsionnel est modelé par un couple de forces parallèles à l'axe longitudinal de la LA, agissant sur les panneaux de vent du pylône ce qui en résulte une torsion appliquée au pylône, sans aucune considération de charge horizontale sur les câbles.

Les rafales pleines sont provoquées par des rafales localisées, ayant un front de vent étroit. Pour ce type de vent, on a adopté les critères décrits en [5], où le front de vent agit sur le pylône et sur 90 m des câbles, avec des angles d'attaque égaux à 0°, 45° et 90°.

Pour les deux dernières hypothèses, on a considéré que la vitesse du vent ne varie pas avec la hauteur au-dessus du sol. Dans le cas du chargement de rafale pleine le facteur d'effectivité du câble est pris égal à 1,0.

4.2.2 Chargements de rupture de câbles

Le but de ce chargement est celui de prévenir la chute en cascade d'une LA, en considérant alternativement la rupture des câbles de garde et des faisceaux de câbles conducteurs pour chaque phase. La charge longitudinale transmise par chaque câble rompu est égale à 70% de sa tension EDS, qui est égale à 18% de la tension de rupture du câble dans ce TT.

4.2.3 Chargements de construction et entretien

Ces chargements regroupent les hypothèses de construction et d'entretien normalement adoptées dans la pratique courante de projet de LA's.

4.3 Résultats du dimensionnement structural

Afin d'atteindre les objectifs de ce TT, l'évaluation de l'accroissement de poids du pylône due aux

hypothèses additionnelles de chargement de vent a suivi la démarche décrite ci-dessous :

- Initialement, le pylône est dimensionné en considérant les chargements de vent de référence et les autres chargements indépendants du vent. Le chargement de vent est calculé selon l'IEC 60826, pour les vitesses de 80, 110 e 130 km/h.
- Ce pylône est donc redimensionné pour tenir compte des autres deux hypothèses de chargements de vents dus aux tempêtes sévères, avec leurs vitesses allant de 160 à 230 km/h.

Les poids structuraux obtenus sont présentés dans la Figure 4. Cette figure contient les notations suivantes, où xxx est la vitesse du vent sur 10 minutes:

- CMxxx - poids des éléments dimensionnés par les hypothèses de construction et d'entretien (kgf);
- Vxxx - poids des éléments dimensionnés par les hypothèses de vent (kgf);
- Rxxx - poids des éléments dimensionnés par les hypothèses de rupture de câbles(kgf);
- Txxx - poids total du pylône (kgf).

Sur l'axe des abscisses, on trouve les vitesses de vents dues aux tempêtes sévères. La valeur 0 km/h correspond au projet du pylône selon le vent de référence (10 minutes) seul.

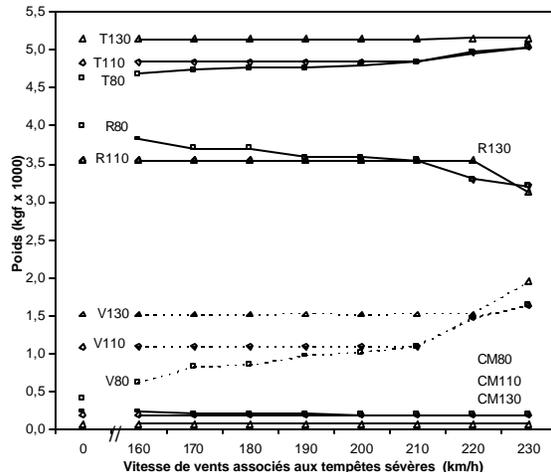


FIGURE 4 – Variation des poids structuraux en fonction des vents dus aux tempêtes sévères.

Les résultats de la Figure 4 permettent de conclure quant aux poids des éléments structuraux lors que les hypothèses additionnelles de chargement sont introduites, toujours en fonction de la variation des vitesses de vents dus aux tempêtes sévères:

- Les poids des éléments dimensionnés par les chargements de construction et d'entretien restent pratiquement inaltérés.
- Les poids des éléments dimensionnés par les hypothèses de rupture diminuent avec l'accroissement des vitesses de tempêtes.
- L'effet contraire est noté pour les hypothèses de vents dus aux tempêtes.

Des analyses semblables ont été faites pour d'autres modèles structuraux de pylônes, comme montré en [6].

On a vérifié que, en dépendant du type de structure, cet effet d'échange de poids entre les éléments dimensionnés par la rupture et ceux dimensionnés par le vent de tempête, résulte en variations modestes sur le poids total de la structure, où les accroissements plus importants sont rapportés aux vitesses de références plus basses.

Dans le but de mieux connaître les effets des chargements additionnels, on a effectuée une autre analyse où, pour chaque vent de référence, on a développé des dimensionnements pour trois hypothèses du chargement de vent à savoir:

- Vent de référence plus vent torsionnel.
- Vent de référence plus vent de rafale pleine.
- Vent de référence plus les deux vents de tempêtes sévères.

Maintenant, on a poussé cette analyse pour la vitesse des vents de tempêtes sévères allant jusqu'à 260 km/h.

La Figure 5 montre la variation du poids total du pylône avec les vitesses de vents de tempêtes sévères, d'où on voit que :

- L'hypothèse associée au vent torsionnel n'a aucun effet sur le dimensionnement de ce modèle structural. Par voie de conséquence, l'hypothèse de vent de rafale pleine aboutit au même résultat si on considère les deux hypothèses additionnelles de vent.
- On note clairement une vitesse limite pour le vent de tempêtes sévères au-delà de laquelle elle devient prépondérante pour le dimensionnement structural. Cette limite est d'autant plus élevée que la vitesse du vent de référence soit plus grande.

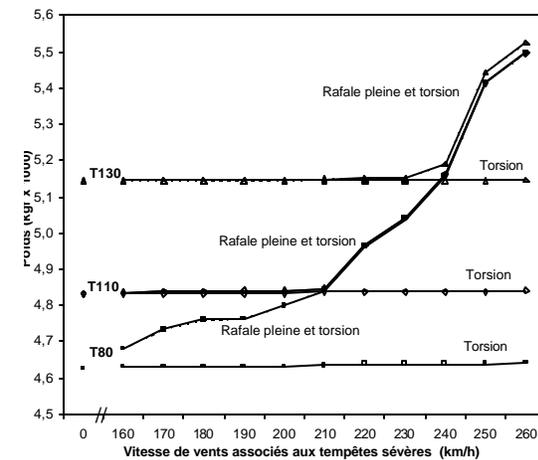


FIGURE 5 – Variation des poids structuraux totaux de chaque hypothèse de charge de vent avec la vitesse des vents torsionnels et de rafale pleine pour le pylône.

De la même façon, on a effectué encore une autre analyse, tout en faisant varier la largeur du front de vent de rafale pleine, de 90 m jusqu'à 210 m de câble.

La Figure 6 montre les résultats pour une vitesse de référence égale à 80 km/h, avec des fronts de vent égaux à 90 m, 120 m, 150 m, 180 m et 210 m. L'accroissement non monotone des courbes sur cette figure est dû à l'utilisation de profils métalliques

standards pour les éléments structuraux, qui soit présentent une réserve de résistance, soit se trouvent dans leur limite de résistance.

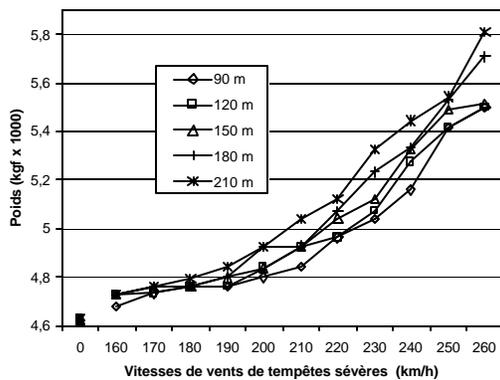


FIGURE 6 – Variation du poids du pylône avec la vitesse des vents torsionnel et de rafale pleine, et la largeur du front du vent de rafale pleine pour une vitesse de vent de référence égale à 80 km/h.

La Figure 7 montre les courbes référées à des fronts de vent égaux à 90 m et 210 m pour les vents de référence égaux à 80 km/h, 110 km/h e 130 km/h. De nouveau, on vérifie l'existence d'une vitesse limite pour les tempêtes sévères, au delà de laquelle elle devient prépondérante pour le dimensionnement. En plus, comme attendu, cette limite est d'autant plus petite que la largeur du front soit plus grande.

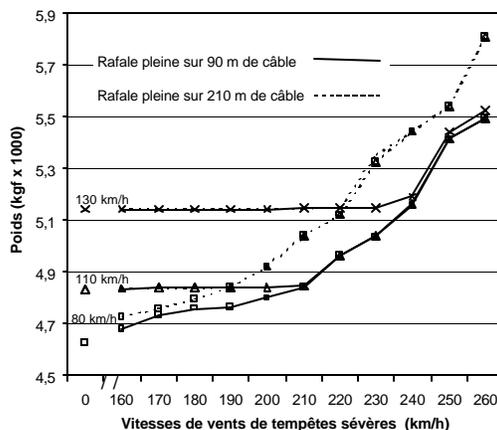


FIGURE 7 – Variation du poids du pylône avec la vitesse des vents torsionnel et de rafale pleine, des valeurs extrêmes de la largeur du front de vent de rafale pleine et de 3 vitesses de vent de référence égales à 80 km/h, 110 km/h et 130 km/h.

5.0 - CONCLUSIONS

Les chargements de vent agissant directement sur la structure calculés selon les normes IEC 60826 et ASCE 74, pour des terrains avec une rugosité équivalente à des emplacements dégagés avec peu d'obstacles, sont très proches. Pour les autres classes de rugosité il y a des écarts importants entre les normes.

Pour les chargements sur les câbles, la proximité entre les normes IEC 60826 et ASCE 74 ne se produit que pour des terrains plats sans obstacles. Pour des terrains usuels le long de la LA, dégagés avec peu d'obstacles, l'IEC 60826 conduit à un chargement plus élevé que celui de l'ASCE 74. Cette différence varie de l'ordre de 10% à 30% selon la hauteur des conducteurs au-dessus du sol.

Pour le modèle structural et les hypothèses de chargements considérées dans ce TT, le poids des éléments dimensionnés par l'hypothèse de rupture décroît avec l'accroissement des vitesses de vent dues aux tempêtes, alors que le contraire se produit pour les chargements de vent dus aux tempêtes. En général, selon le type de structure, cet échange de poids entre les éléments dimensionnés par la rupture et les chargements de vents de tempêtes résulte dans des variations légères sur le poids total de la structure, de tel façon que les accroissements plus grands sont rapportés aux vitesses de vent de références plus basses. L'effet de tempêtes sévères n'est important pour l'accroissement de poids de la structure à moins que sa vitesse soit au moins deux fois plus grande que la vitesse du vent de référence.

L'hypothèse associée au vent torsionnel n'a aucun effet sur le dimensionnement du modèle structural analysé dans ce TT. Conséquemment, l'hypothèse de vent de rafale pleine mène au même résultat si on considère les deux hypothèses additionnelles de vent ensemble.

6.0 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] IEC – International Electro Technical Commission, "IEC 60826 - Design Criteria of Overhead Transmission Lines", Technical Committee n° 11, Secretariats 27 & 28, Recommendations for Overhead Lines, Ed. 3, 2000.
- [2] ASCE – American Society of Civil Engineers, "ASCE 74 Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading", ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, 1991.
- [3] Silva Filho, J.I. et al., "Considérations sur le Vent dans le Projet et Renforcement de Capacité de Lignes Aériennes", Grupo III, GLT, XVI SNTPEE, Campinas, Brasil, 2001, (en portugais).
- [4] Ruffier, A.P. e Lisboa, E.F.A., "Critères de Calcul de Chargements pour des Pylônes de Lignes Aériennes", Relatório Técnico CEPTEL, Rio de Janeiro, Brasil, 2002, (en portugais).
- [5] Silva, A.O. et al., "Renforcement des Pylônes du Système de Transport en 765kV de Itaipu", International Seminar on Transmission Line Innovations, Rio de Janeiro, Brasil, 1999, (en portugais).
- [6] Ruffier, A.P. et al., "Une Evaluation de L'influence de la Méthode de Calcul de la Charge de Vent pour le Dimensionnement de Structures de Lignes Aériennes", travail proposé au XVII SNTPEE, Uberlândia, Brasil, 2003, (en portugais).