

Roger Cadiergues

MémoCad nB33.a

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

SOMMAIRE

nB33.1. La structure du vent

nB33.2. Les éoliennes de parc

nB33.3. Les éoliennes locales



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

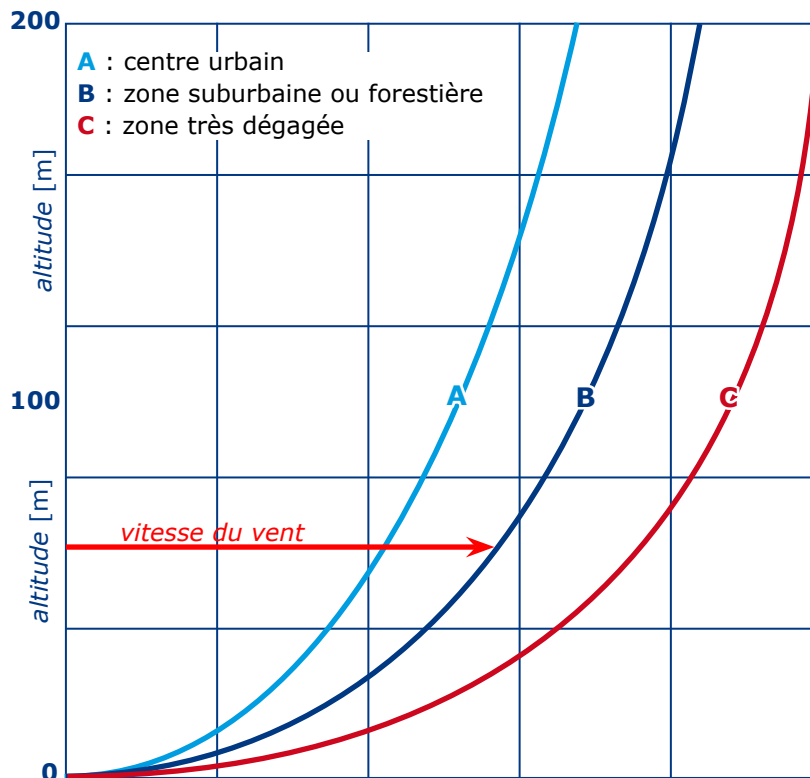
nB33.1. LA STRUCTURE DU VENT

LA RÉFÉRENCE MÉTÉOROLOGIQUE

La vitesse du vent, exprimée en mètre par seconde [m/s], est mesurée traditionnellement dans les observatoires météorologiques, en espace dégagé, à 10 [m] au-dessus du sol. C'est la valeur prise souvent comme référence, qu'il s'agisse de valeur climatique moyenne (mensuelle, annuelle) ou de valeur météorologique à un heure donnée de chaque jour.

LE GRADIENT VERTICAL DE VITESSE DU VENT

D'une manière générale la vitesse du vent croît au fur et à mesure qu'on s'éloigne du sol, mais le profil des vitesses en résultant dépend du relief et de la structure des obstacles et constructions au sol. Et ce non seulement dans la zone construite elle-même, mais même assez loin au voisinage. La figure ci-dessous illustre les principes de ces phénomènes, les profils indiqués étant surtout des exemples.



LE RÔLE DE LA VITESSE DU VENT

L'importance cruciale de la vitesse du vent apparaît dès qu'on formule la puissance maximale que peut fournir un éolienne, cette puissance maximale P [W] étant fournie par la formule suivante :

$$P = (\rho/2) A w^3$$

- . ρ [kg/m³] étant la masse volumique de l'air,
- . A [m²] la surface du rotor face au vent,
- . w [m/s] la vitesse du vent,

l'intervention de la puissance 3 avec la vitesse traduisant bien l'importance de ce paramètre, cependant que la présence de la surface A du rotor souligne l'importance de la taille de l'éolienne.

N.B. Bien entendu il ne s'agit que de la puissance maximale que peut fournir une éolienne, des paramètres structuraux faisant intervenir un rendement dans la puissance réelle, ce qui souligne l'importance de la qualité de conception de l'éolienne, et en particulier de son rotor. De plus la surface A est la surface face au vent, d'où l'intérêt d'un rotor qui s'oriente automatiquement avec la direction du vent.

Tous ces éléments font que les éoliennes performantes sont celles présentées page suivante (nB33.2).

nB33.2. LES ÉOLIENNES DE PARCS

LES DIFFÉRENTS TYPES D'ÉOLIENNES

Le succès psychologique des éoliennes a favorisé le développement de nombreux produits. En fait, ce sont les éoliennes que nous dirons ici «de parcs» qui constituent l'essentiel, les autres types d'éoliennes étant examinés à la page suivante (page **nB33.3**). y compris celles qui sont intégrées au bâti et qui - de ce fait - séduisent certains réalisateurs malgré leur rendement médiocre.

LES ÉOLIENNES DE PARCS

Les parcs éoliens utilisent essentiellement (dans notre pays) des unités possédant les caractéristiques types suivantes (illustration ci-contre) :

- une capacité unitaire de 2 MW (*puissance nominale*),
- avec une nacelle, placée entre 90 et 105 mètres de hauteur, qui contient les pièces essentielles,
 - . des pales de 45 mètres de long,
 - . le tout aboutissant à un encombrement horizontal de 90 mètres (souvent plus de 150 m de haut).

Chaque unité pèse 250 tonnes, dont 72 tonnes pour la nacelle placée entre 90 et 105 mètres de hauteur au bout du mât.

D'autres éoliennes peuvent avoir des caractéristiques plus lourdes, mais sont encore rares : la plus grosse éolienne (allemande, de 6 MW), possède un rotor de 126 m de diamètre, fixé à 131 m de hauteur.



LES DOMAINES DE FONCTIONNEMENT

Les éoliennes types de ces parcs éoliens reposent sur l'utilisation de pales automatiquement orientables, fonctionnant aux vitesses de vent suivantes :

- . *vitesse de vent minimale*, à partir de laquelle l'éolienne se met en route : de l'ordre de 3 [m/s] (notations «françaises» : 10 à 15 km/h),
- . *vitesse de vent optimale* (de référence) : de l'ordre de 12 [m/s] (notations françaises : 40 à 50 km/h),
- . *vitesse de vent maximale*, à partir de laquelle l'éolienne s'arrête grâce à des freins mécaniques ou aérodynamiques : 25 [m/s] (90 km/h).

Par grand vent (> 90 km/h) le système de sécurité modifie l'inclinaison des pales et actionne un frein sur le rotor pour stopper le fonctionnement de l'ensemble.

LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES COURANTES

Les éoliennes types des parcs éoliens reposent sur l'adoption de pales automatiquement orientables. En haut du mât est fixée une nacelle qui transmet, grâce à un rotor, le mouvement des pales vers un générateur électrique. Les pales, grâce à l'automatisme de leur orientation, permettent l'adaptation à la vitesse du vent, ce qui stabilise la vitesse de rotation du rotor et améliore le rendement du générateur électrique.

Étant dans certains pays (Danemark, Allemagne) en développement depuis plusieurs décennies, les éoliennes actuelles ont déjà bénéficié d'une assez grande expérience, les conventions d'installation fixant d'ailleurs une durée de vie d'au moins 20 ans. Ceci dit, l'application de ces techniques aux installations locales reste un sujet d'incertitude, comme vous pourrez le voir à la page suivante.

nB33.3. LES ÉOLIENNES LOCALES

L'IMPORTANCE DE LA TAILLE

Une **éolienne de parc** type possède les caractéristiques suivantes :

- . un rotor de 70 [m] de diamètre sur un mat de 80 [m],
- . une puissance crête de l'ordre de 2 [MW],

alors qu'une **éolienne locale** possède par exemple les caractéristiques suivantes :

- . un rotor de 10 [m] de diamètre sur un mat de 15 [m],
- . pour une puissance de crête de 15 [kW],

et alors qu'une **mini-éolienne** (plus ou moins intégrée à un bâtiment) possède les caractéristiques suivantes :

- . un rotor de 1,75 [m],
- . pour une puissance de crête de moins de 70 [W].

C'est dire le faible intérêt des éoliennes qui se veulent intégrées au bâti. D'autant que nous avons raisonné en parc identique, c'est à dire sans faire intervenir le site. Si nous faisons intervenir ce paramètre la puissance de crête de la mini-éolienne ne dépassera pas 30 à 70 [W].

LES PRODUCTIONS

Les indications précédentes concernent les puissances de crête. En fait ce qui compte c'est la production annuelle qui - elle - dépend du site. Très schématiquement, et à titre d'illustration, pour une zone suffisamment ventée et pour les éoliennes décrites ci-dessus, on peut s'attendre aux productions annuelles :

- . plus de 5 000 000 [kWh/an] pour l'éolienne de parc,
- . de l'ordre de 40 000 [kWh/an] pour l'éolienne locale (15 m de hauteur maximum),
- . et de l'ordre de 100 [kWh/an] pour la mini-éolienne.

Bien qu'il ne s'agisse que d'exemples, ceux-ci indiquent très nettement :

- . qu'il y a des très grandes différences entre les divers systèmes éoliens,
- . que les mini-éoliennes ont de faibles productions (ce qui est confirmé par l'expérience sur le terrain),
- . et que la solution des parcs avec des hauteurs de mats de 80 à 100 [m] au moins, est celle qui se justifie sur le plan des rendements.