

ELECTRICITE DE FRANCE
Direction des Etudes et Recherches
Centre de Recherches et d'Essais de Chatou
Conseil Scientifique et des Applications Spéciales
Division Energie du Vent
6, Quai Watier - CHATOU (S. & O.)

Station d'Etudes de l'Energie du Vent de St. Rémy des Landes (Manche)

Construction et Installation d'un prototype d'aérogénérateur
à hélice éolienne tripale à calage variable de diamètre 35 mètres

M. rché HH.3/E.052 du 25 Avril 1961 passé aux Etablissements NEYRPIC
Avenue de Beauvert à GRENOBLE (Isère)

PROCES VERBAL DE RECEPTION PROVISOIRE

Conformément aux clauses de l'annexe I (Cahier des spécifications et conditions techniques) à la Convention de fabrication, transport, montage à pied d'oeuvre et mise en service industriel d'un aérogénérateur tripale à calage variable de diamètre 35 mètres en date du 25 Avril 1961, et notamment de son article G, la réception provisoire de l'aérogénérateur a été prononcée le 1^{er} décembre 1963, sous réserve de :

- la vérification qu'il ne risque pas d'exister une résonance entre la période propre en flexion du pylône et l'intervalle de passage des pales, pour une vitesse de rotation de l'hélice éolienne emballée à 42 tours/minute ou un peu plus. Le Compte rendu ci joint des essais déjà réalisés en donne la raison,
- la mise au point de l'orienteur et des amortisseurs,
- une définition plus précise de la courbe des puissances fournies pour différentes valeurs de la vitesse du vent,
- la fourniture de documents et plans tels que devis des poids, micro-fiches des plans d'ensemble et plans principaux (ayant subi des modifications lors du montage).

Fait en double exemplaire
à CHATOU, le 11/2/64

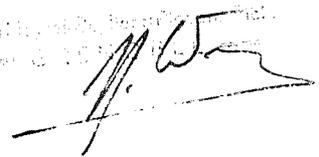
pour ELECTRICITE DE FRANCE

le Chef de Service
Conseiller Scientifique
du Centre de Recherches et d'Essais de Chatou

pour le CONSTRUCTEUR

EU. NEYRPIC

Avisé le 11/2/64



ELECTRICITE DE FRANCE
Direction des Etudes et Recherches
Centre de Recherches et d'Essais de Chatou
Conseil Scientifique et des Applications Spéciales
Division Energie du Vent
6, Quai Watier - CHATOU (Seine et Oise)

Chatou, le

HW.3/1874 - GV/GB

STATION D'ETUDES DE SAINT REMY DES LANDES (Manche)

Aérogénérateur NEYRPIC de diamètre 35 mètres

Essais exécutés en vue de la réception provisoire

I - BUT DES ESSAIS

Les essais faisant l'objet du présent rapport sont conformes dans l'ensemble à ceux spécifiés dans l'Annexe I, Cahier des spécifications et conditions techniques (C.S.C.T.), à la Convention de construction et d'installation d'un prototype d'aérogénérateur.

Toutefois d'un commun accord les deux parties ont renoncé aux "Essais statiques des pales" (prévus au paragraphe G.2, page 7 du C.S.C.T. en raison de leur prix élevé et des difficultés de leur réalisation).

II - HISTORIQUE

Les essais ont été exécutés contradictoirement sur le terrain de la Station d'Etudes de l'Energie du Vent à St. Rémy des Landes (Manche), par du personnel de la Division Energie du Vent et un représentant de Sogreah-Neyrpic.

Le calendrier des opérations peut être résumé comme suit :

- du 23 Mai 1962 au 27 Juillet 1962 : montage et érection du pylône support de l'aérogénérateur,
- du 18 Février 1963 au 20 Mars 1963 : période préparatoire au montage de l'aérogénérateur, mise en place du matériel de levage, arrêt du chantier pour causes d'intempéries, des "barrières de dégel" ne permettant pas l'acheminement du matériel,
- du 3 Avril 1963 au 12 Juin 1963 : montage, levage, mise au point mécanique de l'aérogénérateur,
- le 13 Juin 1963 : premier couplage de l'aérogénérateur sur le réseau,
- du 13 Juin 1963 au 29 Juin 1963 : mise au point des circuits électriques et des circuits d'automatisme,
- du 30 Juin 1963 au 18 Juillet 1963 : marche industrielle de l'aérogénérateur mesure de la fréquence des pales; réglage des circuits hydrauliques graissage; instruction du personnel de conduite (E.D.F.),
- le 18 Juillet 1963 : incident électrique, interruption de la marche industrielle,
- du 18 Juillet 1963 au 20 Août 1963 : arrêt, réparation et temps d'approvisionnement de nouveaux relais,
- 21 Août 1963 au 25 Octobre 1963 : quelques fonctionnements sous surveillance
- 25 Octobre 1963 : remplacement des relais, changement du filtre à huile et remise de l'aérogénérateur en ordre de marche,
- 6 Novembre 1963 : mise en place d'un réchauffeur d'huile et enclenchement temporisé de l'ordre de mise face au vent,
- du 25 Octobre 1963 au 31 Décembre 1963 : aérogénérateur en fonctionnement automatique; quelques interventions manuelles sur l'orientation, la mise au point et le réglage des dash-pots amortisseurs des orientations. Durant cette période l'aérogénérateur s'est couplé 216 fois sur le réseau, a débité pendant 593 heures et a fourni 236.700 kWh.

.../...

III - ESSAIS

1) Essais concernant les pales

a) Essais statiques

Ainsi qu'il a été indiqué précédemment, ces essais n'ont pas été exécutés, car les dépenses (réalisation d'un massif capable d'un moment de renversement de 54.000 mKg et d'un bâti support de pied de pale, manutention des pales et du sable, importance des heures de monteuses et d'expérimentateurs) et l'immobilisation de la machine (8 jours au minimum) qu'ils auraient entraînés, n'ont pas paru justifier les renseignements à en tirer.

b) Essais de fréquence propre des pales en flexion

Nous avons étudié le régime pseudo-périodique amorti de la réponse sous un choc appliqué aux extrémités de chacune des pales, dans les positions "face au vent" et "en drapeau". Lors des essais, la pale montée sur le moyeu était dirigée vers le bas, donc influencée par son propre poids.

Les résultats furent les suivants :

	position en drapeau	position face au vent
pale 1	1,97 Hz	1,97 Hz
pale 2	1,96 Hz	1,96 Hz
pale 3	1,84 et 1,80 Hz	1,92 Hz

Ces valeurs effectivement mesurées (erreur $\pm 1\%$) varient avec la qualité de l'encastrement de chacune, mais ne tiennent pas compte de l'effort centrifuge; elles s'insèrent dans la plage des valeurs calculées

$$1,84 \text{ Hz} < F < 2,12 \text{ Hz}$$

Le décrément logarithmique caractérisant l'amortissement du phénomène périodique vibratoire est voisin de 0,8.

2) Essais sur le pylône

Les essais exécutés sur le pylône supportant l'aérogénérateur ont permis d'observer les fréquences propres en flexion. Celles en torsion étant donné les moyens dont on disposait, n'ont pu être mesurées.

Pour la flexion, les valeurs suivantes ont été trouvées

flexion parallèle	: 2,11 Hz
flexion perpendiculaire	: 2,31 Hz

D'après les calculs faits au moment de l'établissement du projet de pylône, la valeur de ces fréquences devait être voisine de 2,01 Hz (Etude Générale Sogreah, année 1960, Plan 521.017 A

.../...

Par contre le C.S.C.T. précise (paragraphe G.4, page 8) que les fréquences obtenues devront être plus élevées d'au moins 30 % que le triple de la fréquence de rotation de l'hélice éolienne.

Avec la vitesse de rotation 32,7 tr/mn, ceci est à peu près réalisé puisque :

$$2,11 \approx 1,29 \times 3 \times \frac{32,7}{60}$$

Mais avec la vitesse de rotation de 36,4 tours/minute, actuellement adoptée et pour laquelle doivent être calculées les primes ou pénalités, la fréquence du pylône en flexion n'est plus élevée que de 16 % par rapport au triple de la fréquence de rotation puisque

$$2,11 \approx 1,16 \times 3 \times \frac{36,4}{60}$$

3) Marche semi industrielle de l'aérogénérateur

a) Essais de survitesse

Des essais de survitesse de 40 %, d'une durée supérieure à la minute, ont été effectués vers le 4 Juillet 1963; aucune anomalie de fonctionnement ou vibration n'a été constatée.

Pour tenir compte de ce qui a été dit précédemment, il y aura lieu avant réception définitive de provoquer quelques emballéments et confirmer qu'aucune résonance inquiétante n'apparaît si la survitesse reste égale ou légèrement supérieure à 16 % environ.

b) Essais de fonctionnement des dispositifs de sécurité

Dans la période s'étendant du 7.11.1963 au 23.11.1963, des vents atteignant 25 m/s ont soufflé, l'aérogénérateur étant en fonctionnement automatique. Ainsi le 7 Novembre 1963 des essais de déclenchement ont eu lieu avec des vents dont les vitesses moyennes horaires atteignaient 17 à 18 m/s. Les 17-18 Novembre 1963, la machine par vent de 22 m/s, avec rafales à 25 m/s, a déclenché plusieurs fois par "manque de tension réseau", ceci étant dû à des incidents extérieurs à la Station d'Etudes; elle s'est comportée normalement, les sécurités et les cycles de réenclenchement ont parfaitement fonctionné.

c) Essais de puissance

Les essais devant servir à la détermination de la courbe de la puissance fournie par l'aérogénérateur aux bornes moyenne tension du transformateur, en fonction de différentes vitesses de vent n'ont jusqu'à présent pas été exécutés avec suffisamment de précision pour qu'il puisse en être fait état. Mais des puissances dépassant la puissance de 1000 kW ont été atteintes à plusieurs reprises. Le maximum électrique instantané a été de 1200 kW, atteint une première fois le 14 Juillet et d'autres en Novembre 1963.

.../...

d) Essais de marche normale ou "d'endurance"

Nous avons vérifié la possibilité de fonctionnement industriel de l'aérogénérateur (sans aucune intervention manuelle et sans défaillance tant mécanique ou hydraulique qu'électrique) du 15.11.1963 au 23.11.1963.

Durant cette période où nous avons observé des vitesses de vent avec rafales à 25 m/s, le comportement de l'aérogénérateur a été satisfaisant. L'appareil a fonctionné 160 h 7/10 sur 193 heures soit 83 % du temps, a produit 93.720 kWh, soit une puissance moyenne horaire de 486 kW pour des vitesses de vent allant de 0 à 25 m/s (vitesse moyenne cubique environ 12,9 m/s) avec un coefficient moyen de puissance (rendement global par rapport à Beta) égal à 63 % environ, sous réserve de l'exactitude de l'anémomètre Ailleret-C.d.C. utilisé pour les mesures.

Les relevés journaliers permettent d'établir le tableau ci-joint.

IV - OBSERVATIONS

Dans l'ensemble les résultats obtenus confirment les hypothèses de calcul pour le pylône et les pales. En ce qui concerne les résultats énergétiques nous manquons actuellement de résultats suffisamment représentatifs (vents stables en palier, en direction, et surtout des moyens de mesure, anémométrie et mesure de puissance), cependant les quelques points moyens obtenus lors des essais de mise en service industriel laissent espérer que les résultats seront au moins aussi satisfaisants que les spécifications du marché du 21 Avril 1961.

Nous pensons pouvoir préciser dans le courant du premier semestre 1964, les points de la courbe de la puissance débitée par l'aérogénérateur en fonction de différentes vitesses de vent.

Etaient présents :

pour ELECTRICITE DE FRANCE

M. VALLEE, Ingénieur



pour le Constructeur

M. BAFERT, Ingénieur



