Revue de statistique appliquée

J. Renard

Note sur le calcul de la répartition des puissances souscrites entre tarif d'appoint et tarif de secours

Revue de statistique appliquée, tome 12, n° 4 (1964), p. 97-101
<http://www.numdam.org/item?id=RSA_1964__12_4_97_0>

NOTE SUR LE CALCUL DE LA RÉPARTITION DES PUISSANCES SOUSCRITES ENTRE TARIF D'APPOINT ET TARIF DE SECOURS

J. RENARD

Président de la Commission de Statistique du Centre de l'Industrie du Papier

Dans beaucoup de papeteries ayant une centrale thermique à contre-pression, l'énergie supplémentaire fournie par le secteur est régie par un contrat d'appoint et un contrat de secours (tarif vert d'E.D.F.).

Le contrat d'appoint se caractérise par une prime fixe annuelle au kw souscrit, très élevée, et par un prix du kwh très bas.

Le contrat de secours comporte, au contraire, un prix au kw souscrit, relativement modéré, et un prix au kwh consommé, élevé.

Supposons que la puissance maximum appelée d'une usine soit 14 000 kw, on peut souscrire un contrat d'appoint de 10 000 kw et un contrat de secours de 4 000 kw. Dans ces conditions, le système de comptage est prévu de telle façon que lorsque la puissance appelée dépasse 10 000 kw, un compteur est branché pour enregistrer la consommation des kwh marginaux dépassant les 10 000 kw.

Il faut ajouter également que le tarif vert d'E.D.F. prévoit des tarifications différentes suivant les heures et les saisons. On distingue ainsi les heures de pointe (400 heures dans l'année), les heures pleines d'hiver, les heures pleines d'été, les heures creuses d'hiver et les heures creuses d'été.

La prime fixe annuelle due à la puissance souscrite dans le contrat d'appoint se calcule d'après une formule assez compliquée tenant compte des différentes puissances souscrites dans chacune des périodes de tarification ; les puissances souscrites comportant un coefficient de pondération qui est 1 pour les heures de pointe, 0,4 pour les heures pleines hiver, 0,2 pour les heures pleines été, 0,07 pour les heures creuses hiver.

De plus, des réductions sur le prix à la puissance souscrite sont accordées par tranches au fur et à mesure de l'importance de la puissance.

Il en résulte que le coefficient de pondération réel est égal au coefficient de pondération contractuel, multiplié par la réduction marginale due à la tranche dans laquelle on se trouve.

En raison du prix élevé des heures de pointe, il est rentable de consentir à un arrêt partiel de l'usine sous forme de délestage au moment des heures de pointe, tandis qu'une telle gêne est inadmissible pendant le reste de l'année. La fixation de la puissance souscrite en heures de pointe, appoint et secours, dépend de la contrainte que l'on consent à s'imposer et reste en dehors de cette étude.

En dehors des heures de pointe le montant annuel de l'énergie facturée est égal à :

$$F = Pkp + Sls + ax + by \qquad (1)$$

avec :

F : montant de la facture hors taxes.

P : puissance souscrite contrat d'appoint.

S : puissance souscrite contrat de secours.

k : coefficient de pondération réel

p : prix du kw souscrit en appoint.

l : coefficient de pondération réel

s : prix du kw souscrit contrat de secours.

x : Nb de kwh contrat d'appoint.

y : Nb de kwh contrat de secours.

a : moyenne pondérée du prix du kwh contrat d'appoint.

b : moyenne pondérée du prix du kwh du contrat de secours.

Il existe de plus entre ces grandeurs les relations suivantes :

$P + S$ = cte = puissance max. susceptible d'être appelée par l'usine.

$x + y$ = cte = consommation totale de l'usine.

Pour que F soit minimum, il faut que $dF = 0$.

$dF = kp \,.\, dP + ls \,.\, dS + adx + bdy = 0.$

Mais $dP + dS = 0$
$dx + dy = 0$

$$dF = (kp - ls)\, dP + (a - b)\, dx = 0 \qquad (2)$$

Il reste donc à établir la relation entre P et x.

Nous supposerons que la puissance instantanée W se répartit dans le temps selon une loi statistique que pour l'instant nous ne préciserons pas : soit $\varphi(W)\, dW$ la fréquence élémentaire de cette puissance.

Pour une puissance souscrite P la consommation d'énergie x est égale à la puissance moyenne appelée multipliée par le nombre annuel d'heures de marche T (en dehors des 400 heures de pointe).

$$x = T \frac{\int_0^P W \varphi(W)\, dW}{\int_0^\infty \varphi(W)\, dW}$$

En différentiant :

$$dx = T \frac{P \varphi(P)}{\int_0^\infty \varphi(W)\, dW}\, dP$$

et en portant dans (2) :

$$(kp - ls)\, dP + (a - b)\, T \frac{P\, \varphi(P)}{\int_0^\infty \varphi(W)\, dW}\, dP = 0$$

$$\boxed{P\, \varphi(P) = \frac{1}{T} \frac{kp - ls}{b - a} \int_0^\infty \varphi(W)\, dW} \qquad (3)$$

Application.

Dans une usine, une installation nouvelle de production d'énergie venait d'être mise en service, basée sur le principe de la contrepression, c'est-à-dire de la récupération d'énergie sous forme de sous-produit par détente de la vapeur nécessaire à l'exploitation de l'usine.

Si les statistiques de consommation d'énergie de l'usine étaient bien connues, par contre la puissance produite par la nouvelle installation (environ 45 % des besoins) restait une inconnue.

Le client d'E.D.F. disposait d'une période d'observation d'un mois avant de fixer les puissances qui le liaient pour cinq ans. L'étude du mois de Mars était donc imposée par les faits.

Par ailleurs, en raison du coefficient de pondération, c'est la puissance souscrite en heures pleines d'hiver qu'il faut déterminer avec le maximum de précision, Mars est un mois d'hiver.

Enfin, l'examen des statistiques de consommation a montré que pour cette usine, à feu continu, la consommation d'énergie n'est pas statistiquement différente suivant les heures de la journée.

Pendant le mois, la bande enregistreuse du maxigraphe a été dépouillée. Cet appareil fonctionne avec une durée d'intégration de 10'. Il y a donc 6 pointes par heure, soit environ 3 800 pointes dans le mois.

Pour étudier la distribution de cette population nous avons prélevé des échantillons de la manière suivante :

1er jour les six pointes de 0h à 1h

2ème jour les six pointes de 1h à 2h

3ème jour les six pointes de 2h à 3h

. . . .

24ème jour les six pointes de 23h à 0h.

Après élimination d'une série anormale, il reste 138 mesures ainsi réparties :

	f	f cumulée
6 200 à 6 700 kw	2	2
6 700 à 7 200 kw	4	6
7 200 à 7 700 kw	11	17
7 700 à 8 200 kw	23	40
8 200 à 8 700 kw	26	66
8 700 à 9 200 kw	34	100
9 200 à 9 700 kw	20	120
9 700 à 10 200 kw	8	128
10 200 à 10 700 kw	6	134
10 700 à 11 200 kw	4	138

Le test de la droite de Henry donne le résultat joint.

On voit que la population est gaussienne à l'exception des pointes maxima qui subissent l'influence de facteurs non aléatoires.

Nous admettrons donc la loi de Gauss pour la fonction mais nous arrondirons le résultat trouvé en majoration pour tenir compte de cette distorsion.

Les calculs donnent pour l'ensemble des échantillons une moyenne de :

8 730 kw

et un écart-type de :

925 kw

L'application de la formule (3), compte tenu de :

k = coefficient de pondération réel = 0,4 × 0,84.

p = prix du kw souscrit en appoint = 81,1. Frs

l = coefficient de pondération réel du contrat de secours = 0,8 × 1,2 .

s = prix du kw souscrit du contrat de secours = 12 frs.

a = moyenne pondérée du prix du kwh, contrat d'appoint, heures pleines, heures creuses hiver .... = 0,050 Fr.

b = moyenne pondérée du prix du kwh, contrat de secours, heures pleines, heures creuses hiver ... = 0,0965 Fr.

T = nombre d'heures de marche annuelles, en dehors des 400 heures de pointe .... 6 320 heures.

donne alors :

$$P \frac{1}{925\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{P-8730}{925}\right)^2} = \frac{0,4 \times 0,84 \times 81,1 - 0,8 \times 1,2 \times 12}{(0,0965 - 0,05) \times 6\,320}$$

en tenant compte de $\int_0^\infty \varphi(W)\, dW = 1$.

$$\frac{P}{925} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{P-8730}{925}\right)^2} = 0,075\sqrt{2\pi} = 0,188$$

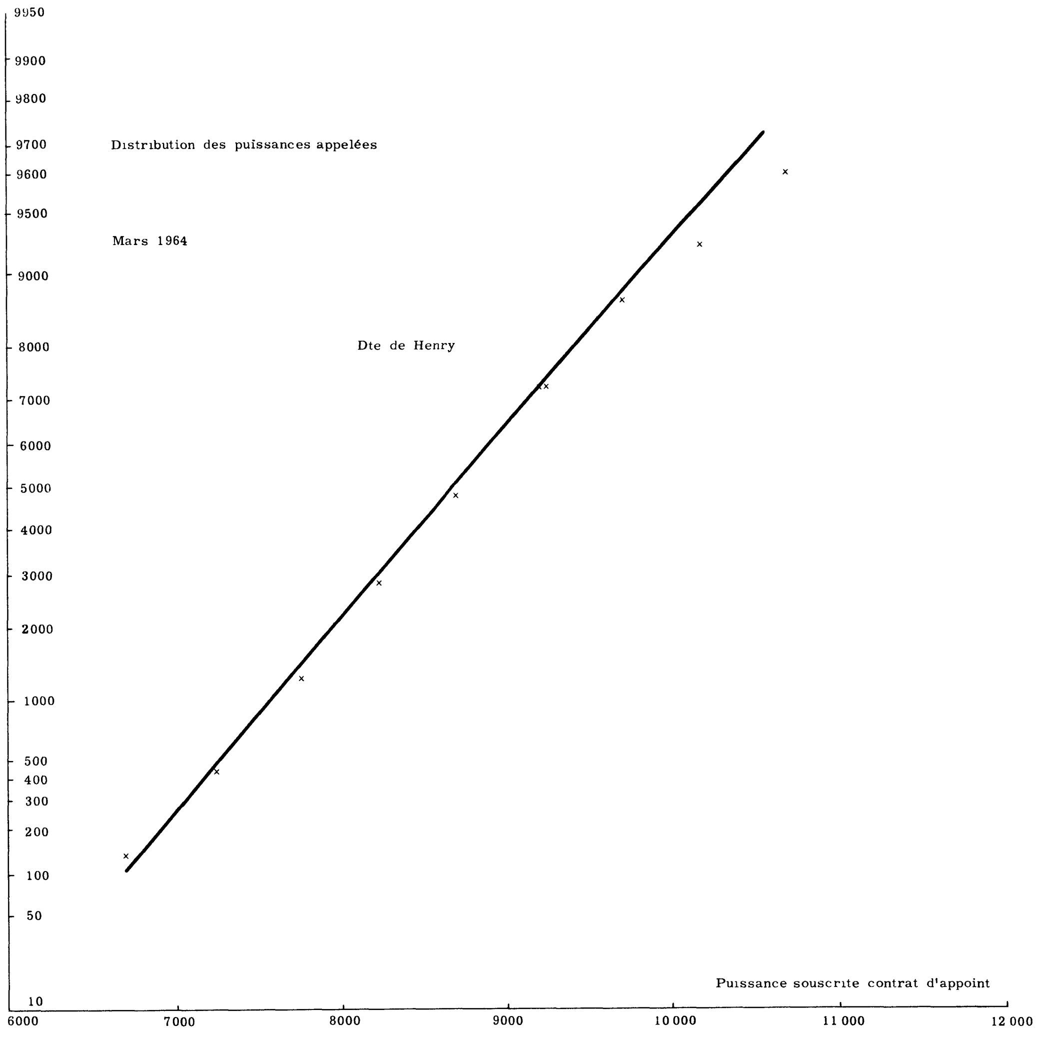
La résolution de cette équation par approximations successives donne :

P = 11 425 kw

arrondi à 11 500 kw

Cette note un peu simplifiée doit être en toute rigueur corrigée, pour tenir compte du fait que la répartition statistique de la puissance appelée est tirée d'une population de puissance moyenne sur un intervalle de temps de 10 minutes. Il y a lieu également de tenir compte avec plus de précision des heures d'été et des heures creuses.

Cependant, la précision obtenue en se limitant au calcul tel qu'il est fait dans l'exemple d'application, est suffisante pour la pratique industrielle.


9950
9900
9800
9700
9600
9500
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
500
400
300
200
100
50
10
Distribution des puissances appelées
Mars 1964
Dte de Henry
Puissance souscrite contrat d'appoint
6000
7000
8000
9000
10 000
11 000
12 000