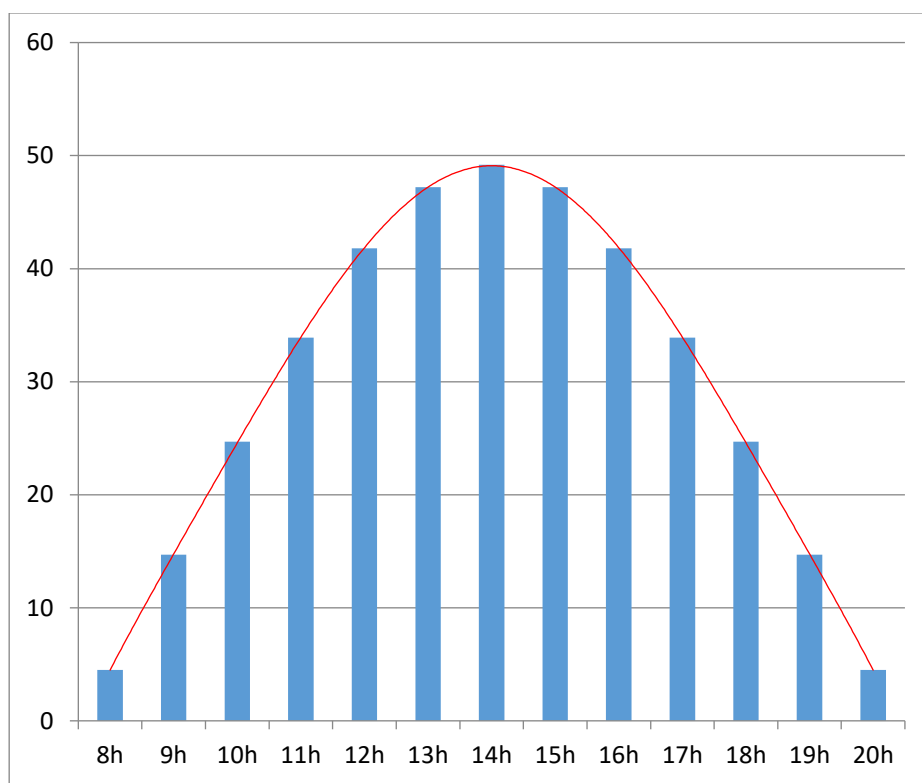


Photovoltaïque et astronomie

Nous allons montrer que la production des centrales photovoltaïques est directement liée aux mouvements de notre planète. Chacun sait que celle-ci tourne sur elle-même selon l'axe Nord-Sud en un temps moyen de 24h et qu'elle est animée d'un mouvement de révolution autour du Soleil d'une durée de 365 jours.

Nous allons tout d'abord considérer l'influence de la rotation de la Terre sur la production photovoltaïque.

La figure 1 montre l'évolution de la hauteur du Soleil correspondant au 6 avril (la date ici est sans importance, n'importe quelle autre aurait pu convenir.) Afin de rendre la lecture plus aisée, l'axe des abscisses est gradué en temps légal. On constate que la hauteur est croissante entre 8h et 14h puis décroissante entre 14h et 20h. L'heure de 14h correspond au midi¹ solaire vrai², c'est à cet instant qu'il atteint sa hauteur maximale pour la journée considérée et il est à mi-parcours entre son Lever et son Coucher.



Variation de la hauteur du Soleil pour la journée de 6 avril à une latitude de 47°N.
La réfraction atmosphérique est négligée ainsi que le diamètre du Soleil.

Fig. 1

Si l'on dispose un panneau photovoltaïque exposé Plein Sud par une journée bien ensoleillée sans nuage, la production électrique aura la même forme que celle de la figure 1 ; croissante entre le Lever et le midi, puis décroissante entre le midi et le Coucher et enfin nulle entre le Coucher et le Lever suivant. C'est ce que montre la figure 2, qui correspond à la production photovoltaïque française les 22,23 et 24 juillet 2019. (source : Eco2-mix).

¹ Du latin medius : au milieu

² En règle générale, il faut tenir compte de la longitude du lieu et de l'équation du temps pour obtenir l'heure légale exacte du passage du Soleil au méridien

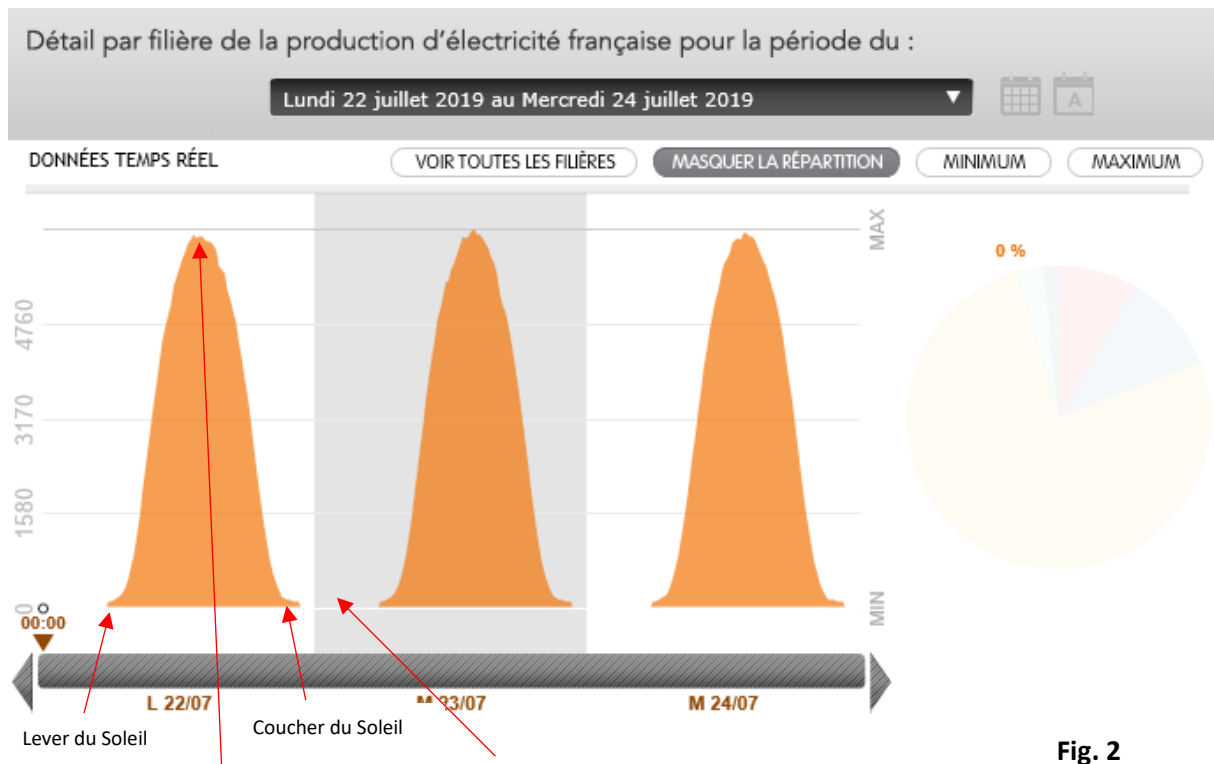


Fig. 2

La production photovoltaïque est continûment variable entre le Lever et le Coucher et nulle entre le Coucher et le Lever. Elle ne présente aucune discontinuité. Parler d'énergie intermittente est donc un abus de langage.

En observant la figure 2 on discerne cependant les difficultés potentielles du gestionnaire du réseau électrique (RTE en France). Il n'existe pas en effet de "zone de stockage" entre une centrale électrique et le lieu de consommation. Le stockage, dans le cas d'une centrale pilotable, ne peut se faire qu'en amont de celle-ci sous forme d'énergie primaire (fioul, gaz, charbon, matière fissile, barrage hydraulique). Les lois de l'électrocinétique imposent la relation fondamentale suivante :

$$1 \text{ joule consommé à l'instant } t = 1 \text{ joule produit au même instant} \quad (4)$$

On prend alors conscience de la difficile mission du gestionnaire de réseau qui doit en permanence faire face à la variabilité naturelle de la production photovoltaïque et la compenser instantanément. Exercice périlleux et non sans danger pour le réseau électrique quand on pense au caractère chaotique des phénomènes météorologiques.

Considérons maintenant l'effet de mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil. La figure 3 montre la production photovoltaïque³ du territoire métropolitain pour quatre dates remarquables de l'année 2018 : les équinoxes de printemps et d'automne ainsi que les solstices d'été et d'hiver. On y distingue l'influence du mouvement diurne que nous venons d'étudier : croissance de la puissance fournie entre le Lever et le méridien moyen, puis décroissance de la puissance jusqu'au Coucher. On remarquera que ces évolutions ne sont pas monotones : elles sont entachées du bruit dû aux aléas météorologiques. Les surfaces colorées représentent la quantité d'énergie produite. Elles mettent en évidence l'influence du mouvement de translation de la Terre autour de

³ Source : site Eco2mix

notre étoile, cette influence est clairement mise en évidence à la figure 4 où les courbes des solstices d'été (en rouge) et d'hiver (en vert) sont à la même échelle.

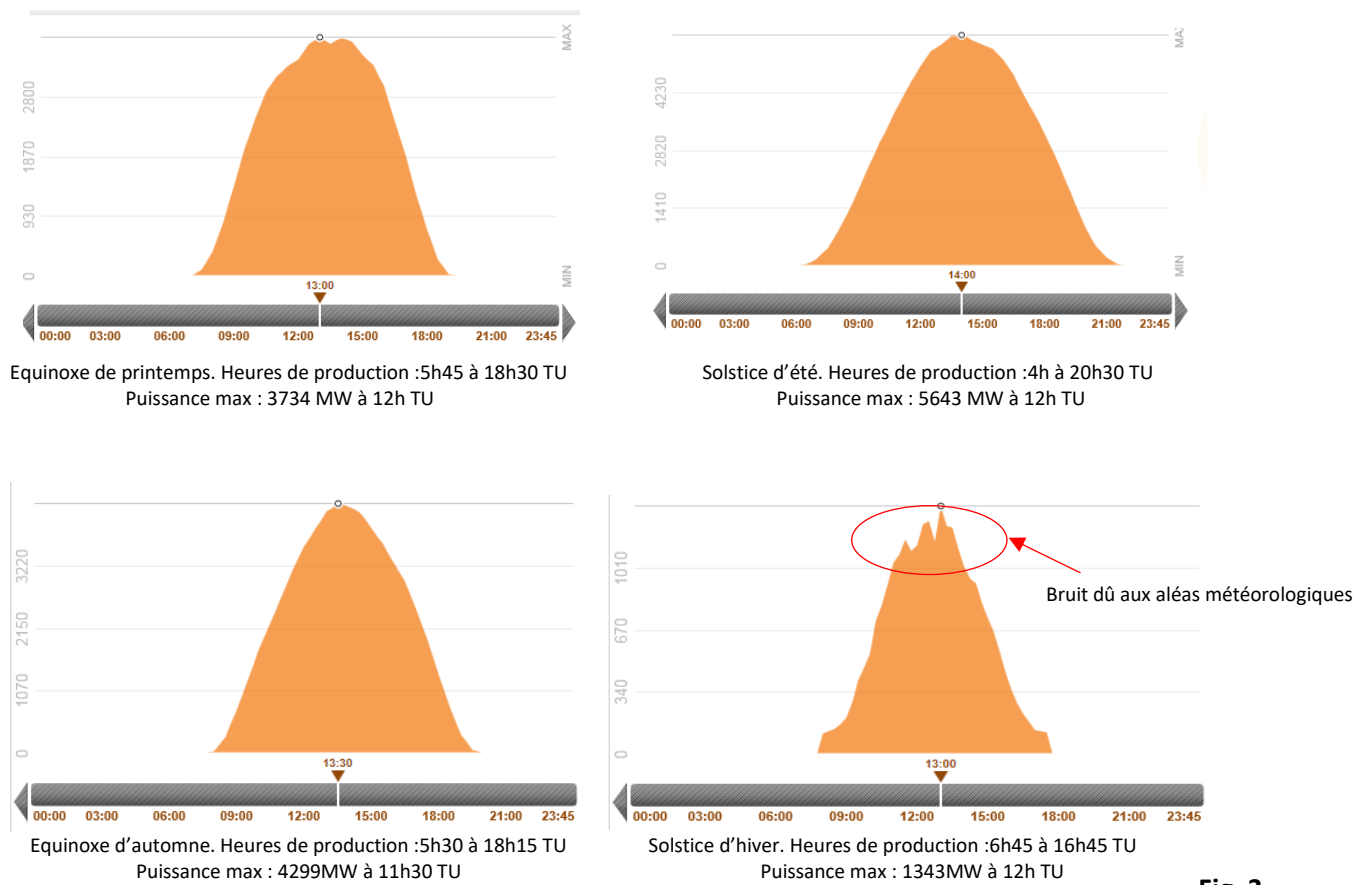
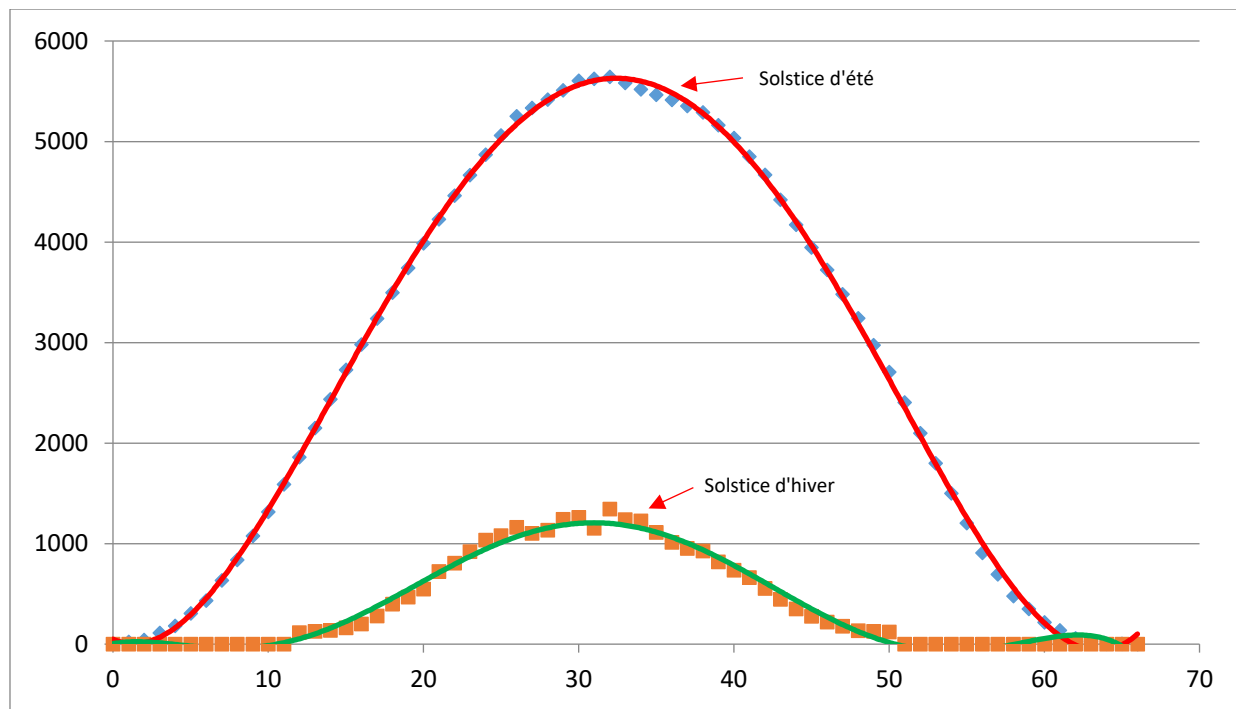


Fig. 3



L'énergie produite correspond à la surface comprise entre la courbe considérée et l'axe des abscisses. L'écart est de 15 mn entre deux échantillons. Les courbes d'approximation polynomiales sont du 6^{ème} ordre. Source des données : Eco2mix, année 2018

Fig.4

Alors qu'en été le facteur de charge du photovoltaïque peut dépasser 20% sous nos latitudes, il est inférieur à 5% au cœur de l'hiver.

Nous avons mis en évidence le rôle fondamental des paramètres astronomiques sur la production photovoltaïque, si les saisons sont peu marquées aux faibles latitudes, le mouvement diurne manifeste son influence partout sur la planète. Les centrales photovoltaïques ne peuvent en aucun cas se substituer aux centrales pilotables même aux basses latitudes.

Notons enfin que les phénomènes météorologiques n'ont qu'une faible influence sur la quantité d'électricité produite, ils sont cependant source de stress pour le réseau de distribution.

Thierry Piou.

Sociétaire de club d'astronomie Pêcheurs d'étoiles, La Baule.