

Méthodologie de calcul pour la mise en oeuvre effective d'un marché de capacités

GDF SUEZ

Branche Energie Europe

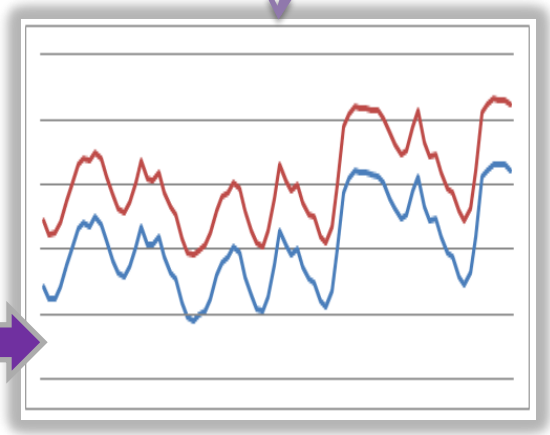
Etudes Economiques

Alain Fuser

Fondamentaux

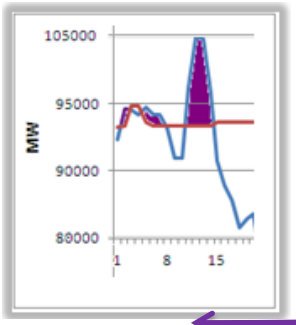
- Pour GDF SUEZ, l'utilisation d'un modèle de **Monte-Carlo** pour la détermination des niveaux de capacités certifiées des actifs de production et des allocations de certificats pour les consommateurs est incontournable. La stochasticité doit inclure l'ensemble des facteurs de risque du système, qui doit être placé initialement à son point d'équilibre.
- Quelque soit le modèle utilisé, il devrait vérifier les critères de base suivant:
  - ✓ **Réplicabilité**: tout « rejeu » d'une évaluation doit conduire au même résultat.
  - ✓ **Risque volume**: à profil d'actif totalement *équivalent(*)* , la contribution d'un actif à la défaillance du système est plus importante pour un actif de plus grande puissance produite/consommée.
- Le principe de Monte Carlo n'empêche en rien de tenter de simplifier la modélisation en usant de paramètres statiques, *pour autant qu*'ils découlent de simulations stochastiques et assurent les 2 critères de base ci-dessus.

Profil rouge plus "risqué" pour le système



(*) pour un actif de production: même processus probabiliste de risque de défaillance (occurrence, durée) et de disponibilité (en niveau de puissance)

(*) pour un consommateur: même « forme » de consommation lors d'événements de perte de charge

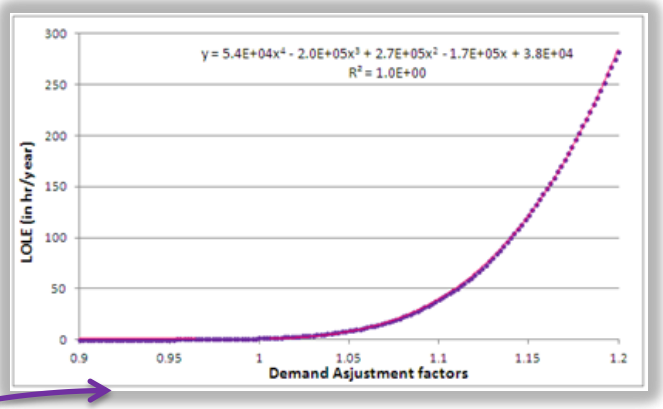


- Lors d'un simulation, pour une heure donnée l'ensemble des capacités physiques & d'effacements sont empilées (le « **stack** ») et comparées à la demande: il y a défaillance que celle-ci n'est pas atteinte par le stack.

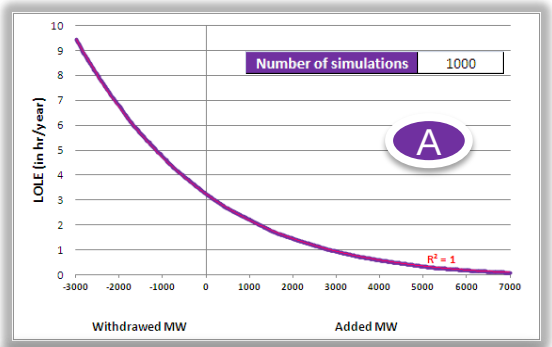
Calage & approximations

(*) LOLE: loss of load expectation (en heures)

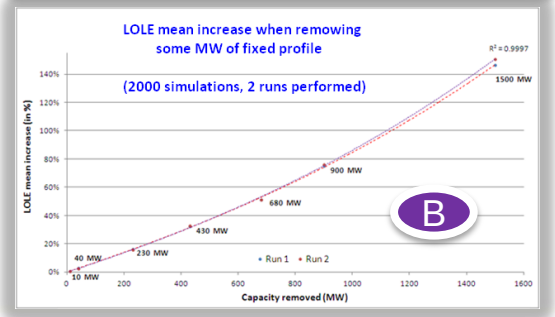
- Considérons un modèle stochastique du système, conduisant à une certaine LOLE(*). On a donc un ensemble de processus probabilistes qui permettent de générer des scénarii horaires annuels de facteurs de risque (demande, vent, hydro, disponibilité par actif,…). On note par exemple **D(y,h)** la demande à l'heure h pour le scénario annuel y.
- On peut *abstraitement* amener le système à son état d'équilibre en usant d'un paramètre homothétique sur la demande: il existe Γ tel que en remplaçant D(y,h) par D(y,h)* Γ dans la simulation, on obtient LOLE=3. On appelle Γ le facteur d'ajustement de la demande **(FAD)**.



- Pour un modèle donné, la relation reliant FAD et LOLE est **polynomiale** (*exemples sur un parc fictif servant pour illustration*).



- Ajoutons ou soustrayons maintenant une quantité constante de MW au stack pour chaque heure de chaque année de la simulation: on constate dans tous les cas que la variation de la LOLE est aussi **polynomiale** (cf. A).
- Ce polynôme A permet d'évaluer la variation de la LOLE lorsqu'on ajoute ou retire un actif de production *totalement flexible et disponible*.



- Choisissons une certaine classe d'actifs de *même profil*, et ôtons un actif « abstrait » de cette classe de capacité fixée X. Alors l'augmentation de la LOLE en fonction de X est encore **polynomiale** (cf. B).
- NB: dans ce cas, l'actif n'est pas totalement flexible et disponible, son niveau de disponibilité suit un processus probabiliste.

Mesures et vecteurs probabilistes, d@r

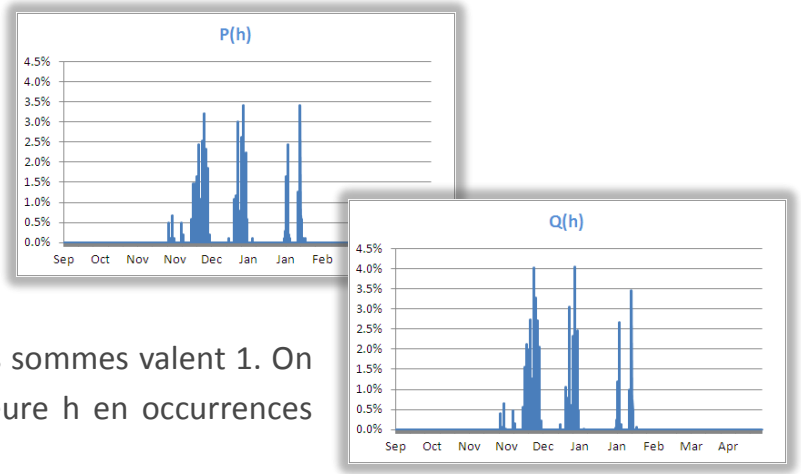
- Quelques notations simplifiées :

C(y,h) = ∑ P(y,h) est le stack,

r(y,h) = D(y,h) – C(y,h),

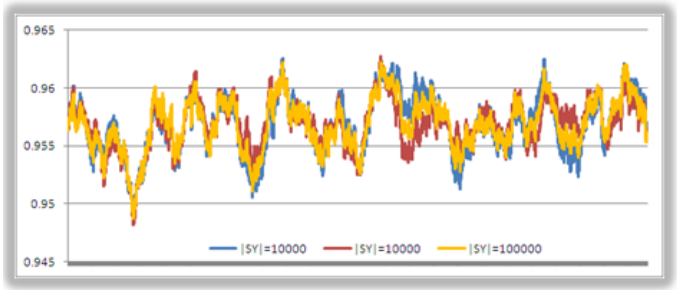
f(y,h) = 1 iff R(y,h)>0 and 0 if not,

$$n(h) = \sum_s f(s,h),$$
$$v(h) = \sum_s f(s,h) * r(s,h),$$
$$N = \sum_h n(h)\ ,\ V = \sum_h v(h),$$
$$P(h) = \frac{n(h)}{N},\ Q(h) = \frac{v(h)}{V}.$$



- Alors P et Q sont **des mesures de probabilité** sur [1, 8760], i.e. leurs sommes valent 1. On peut les résumer comme les mesures du risque de défaillance à l'heure h en occurrences (pour P) et en volume (pour Q).

- **Vecteur probabiliste de disponibilité** (**VPD**): pour chaque élément c du système de capacité C générons un grand nombre s de simulations annuelles horaires de taux de disponibilité, obtenant ainsi une collection de valeurs c(y,h). Le VPD est alors le vecteur [c]=[c(1),…,c(8760] où $c(h) = \frac{\sum_{SY} c(y,h)}{s * C}$. Ce vecteur peut être calculé rapidement pour un s très grand (>10^6).



← *(exemple de vecteurs [c] pour un nombre de simulations noté |SY| égal à 10 000 (effectuée 2 fois), et 100 000)*

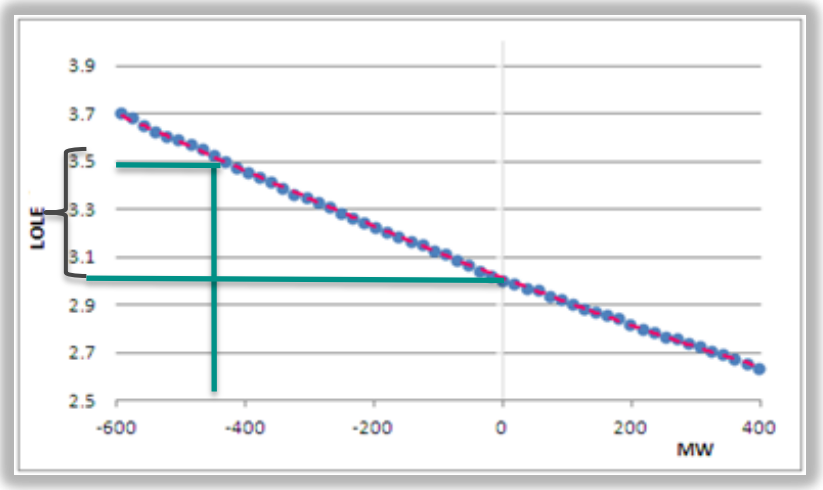
- **Disponibilité à la rareté** (**d@r**): en se fixant la mesure, par exemple Q, pour chaque élément c du système on défini la d@r comme le somme des produits terme à terme de Q et du VPD de c: **d@r=Q⊗VPD**.

Exemple fictif d'élasticité de la d@r donné dans ce tableau :

|SY|=500	|SY|=1000	|SY|=2000	|SY|=10000	|SY|=10000	|SY|=100000
95.57%	95.64%	95.46%	95.76%	95.73%	95.74%

Principe de certification (cas d'un actif de production)

- Pour une configuration FR donnée, utiliser le FAD pour caler le système à LOLE=3.
- Déterminer les polynômes approximant A et B.
- Pour tout actif de production c,
  - Calculer son VPD et sa d@r
  - trouver C'>0 tel que **A(-C')/3 =1+B(C)**



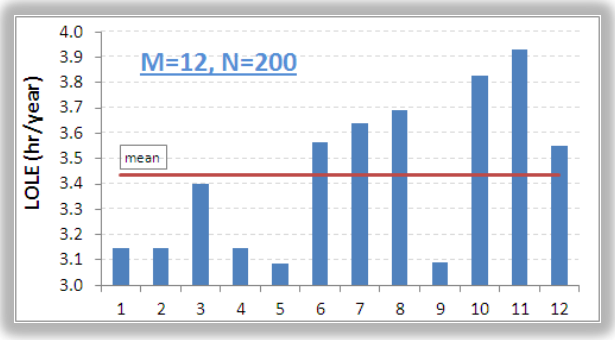
- Alors, la capacité certifée de c est donnée par **[d@r * C']**

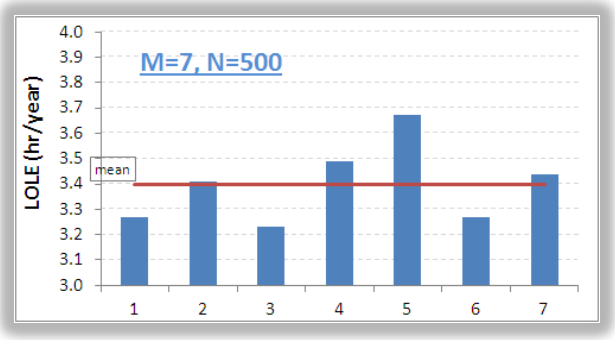
- **Exemple** (graphe ci-dessus): certification d'une CCGT 465 MW dans une configuration initiale où LOLE=9,5 heures:
  - 2000 simulations permettent d'obtenir FAD=0.963, et donc LOLE=3 hr/an
  - les polynômes A et B sont alors calculés
  - le retrait de la CCGT entraine une augmentation de la LOLE de **+16.4%** (où 0,49 hr/an)
  - la mesure de probabilité Q est calculée
  - 100 000 scénarii de disponibilités sont générés pour obtenir le VPD et ensuite d@r= 96.3%
  - On obtient rapidement A(-440)-3= 3,49=3*(B(465)-1), et donc sa certification: 96.3%*440 = **424 MW**

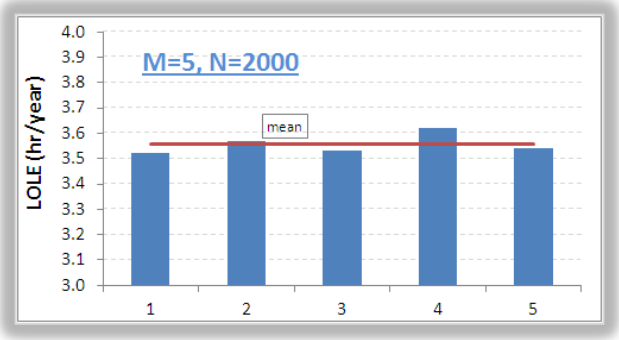
- *La certification procède ainsi par l'utilisation de **deux composantes**: la d@r qui quantifie la contribution de **réduction** au risque de défaillance de l'actif, et la valeur C' qui représente la contribution de l'actif **à la défaillance**.*

Annexe: élasticités à la stochasticité

- La recherche du critère de reproductibilité conduit à effectuer ces études de sensibilités.
- Pour plusieurs parcs fictifs, nous avons toujours constatés les résultats tels que ceux données ci-dessous.
- Sensibilité de la LOLE pour une configuration donnée: M simulations de N années:

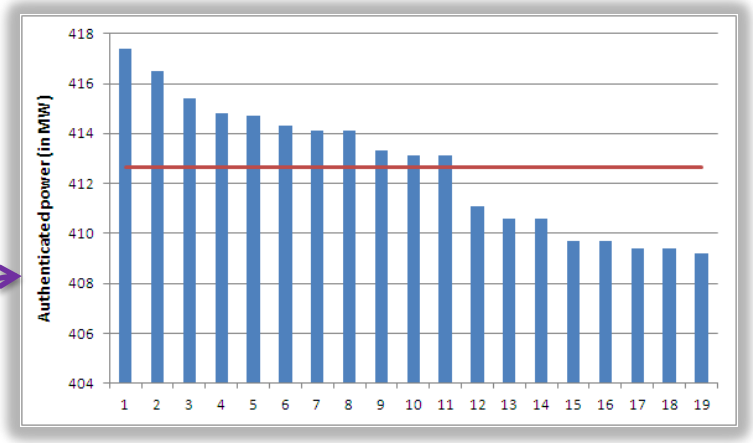






→ le nombre de scénarii doit être élevé (par exemple 2000 pour une précision de 1/10 sur ce parc fictif)

- Sensibilité de la puissance certifiée à un modèle purement stochastique (i.e. pour chaque simulation, rechercher par tests de Monte-Carlo le nombre de MW flexibles et disponibles qui ramène la LOLE à 3 heures): exemple de 19 simulations de 1000 années pour une CCGT de 430 MW: résultats classés par ordre décroissant



- En cadre purement Monte-Carlo, la non reproductibilité est avérée: l'usage des polynômes A et B décrit ci-avant résout le problème.