



Estimation ex-ante des volumes d'énergie impactés par l'accès flexible

Réunion du GT Gflex1 - forum REFLEX

20.11.2013 Vanessa De Wide & Thierry Springuel



Sommaire



- **Introduction**
- **Estimation ex-ante du volume d'énergie non produite ?**
 - Données nécessaires
 - Autres facteurs d'influence
- **Probabilité du mode dégradé N-1**
 - Types de situation N-1
 - Occurrence et durée
 - Accès local
 - Accès amont
- **Estimation du volume Eflex
(prise en compte des scénarios de charge / production)**
 - Accès local
 - Accès amont
 - Approche probabiliste (accès local et amont)
- **Conclusions**

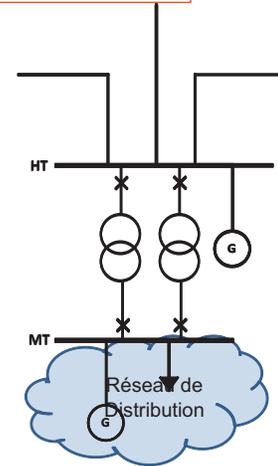
Introduction

- Conclusions du forum REDI
- Généralisation des raccordements Gflex envisagée (projet de décret électricité)



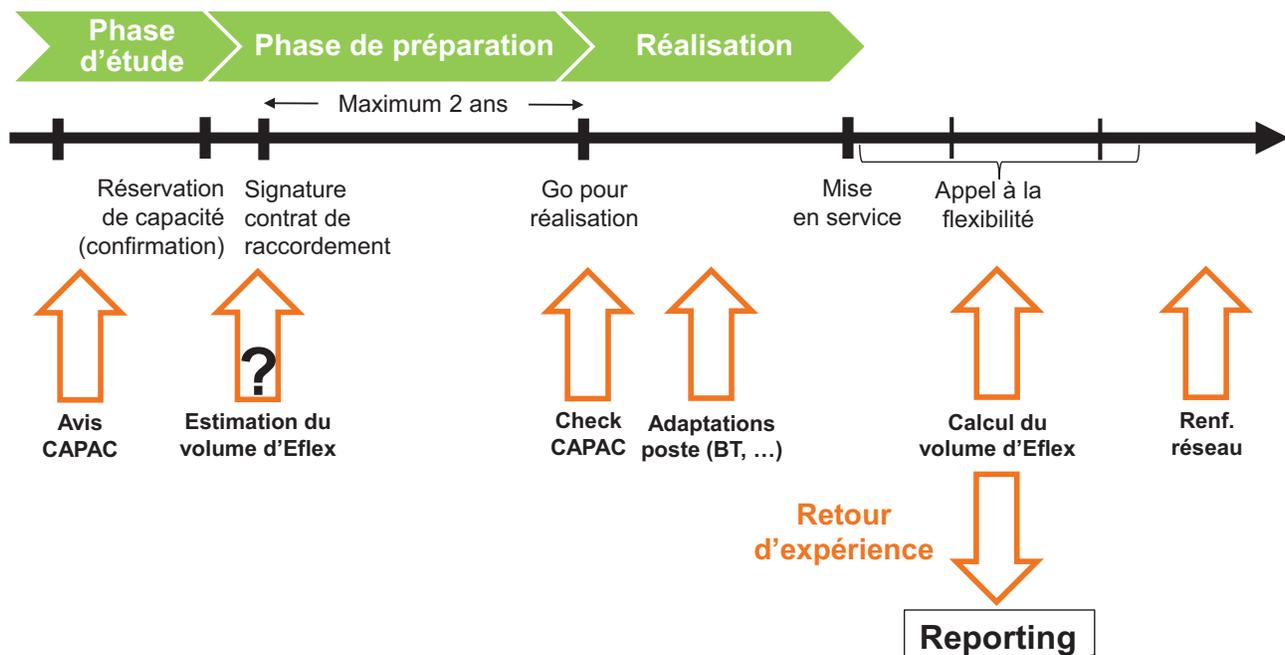
Méthode pour déterminer l'énergie non injectée (Eflex) à prévoir

- Evaluation **ex-post** → compensation ?
- Estimation **ex-ante** → évaluation du risque
- Cas des raccordements avec accès flexible en N-1
- Concerne l'accès au réseau de transport/ transport local
- Proposition des **principes** méthodologiques



Introduction

- Projet de raccordement



Sommaire

- **Introduction**
- **Estimation ex-ante du volume d'énergie non produite ?**
 - Données nécessaires
 - Autres facteurs d'influence
- **Probabilité du mode dégradé N-1**
 - Types de situation N-1
 - Occurrence et durée
 - Accès local
 - Accès amont
- **Estimation du volume Eflex**
(prise en compte des scénarios de charge / production)
 - Accès local
 - Accès amont
 - Approche probabiliste (accès local et amont)
- **Conclusions**

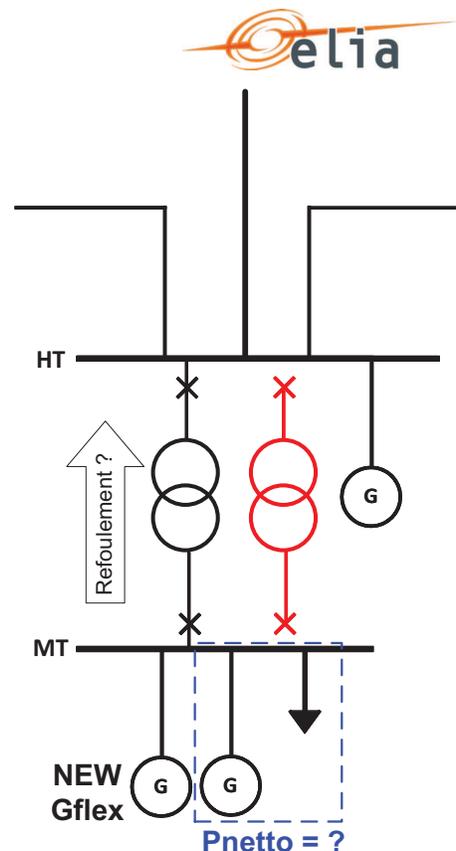
Volume d'énergie non produite

Données nécessaires

Le volume d'énergie non produite en cas d'appel à la flexibilité **Eflex** dépend de :

1. Probabilité du mode dégradé N-1 : occurrence + durée
2. Probabilité d'appel à la flexibilité en mode dégradé N-1
3. Amplitude du curtailment demandé

2. et 3. dépendent du scénario de charge/production



Volume d'énergie non produite

Données nécessaires

Le volume d'énergie non produite en cas d'appel à la flexibilité **Eflex** dépend de :

1. Probabilité du mode dégradé N-1 : occurrence + durée
2. Probabilité d'appel à la flexibilité en mode dégradé N-1
3. Amplitude du curtailment demandé

PROBABILITE

x

IMPACT

RISQUE

2. et 3. dépendent du scénario de charge/production

Volume d'énergie non produite

Autres facteurs

Les facteurs suivants impactent également l'estimation ex-ante des volumes d'énergie :

1. **Type d'accès** : limitations amont et/ou local, 15' ou 0"
2. **Principes d'accès** : Optimum, LIFO, Shared percentage, ...
3. **Evolution du parc de production**
 - Nouvelle UPD : localisation, Pinstallée, type (éolien, PV, ...)
 - Eventuelle annulation d'une réservation de capacité
 - ...
4. **Evolution de la consommation**

1. Types d'accès

Gtrad Accès traditionnel

L'UPD a un accès au réseau, y compris en cas de N-1 (planifié ou non planifié).

Gflex(N-1) Accès flexibles en N-1

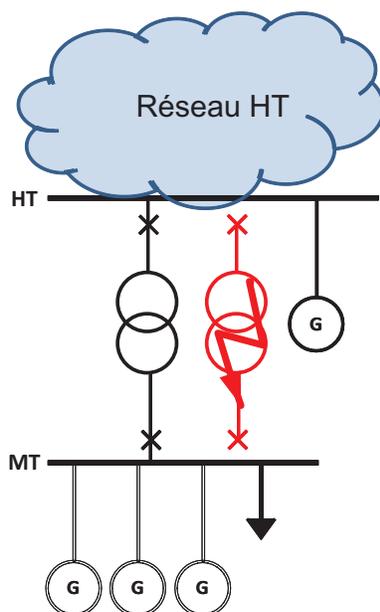
A l'état N, l'UPD a un accès au réseau. En cas de N-1 et surcharge avérée d'un élément de réseau : modulation ou interruption selon le type d'accès flexible.

Type d'accès	Localisation de la (ou des) surcharge(s) en situation N-1		Action curative en cas de surcharge
	Réseau HT AMONT	Poste HT/MT LOCAL	
Gflex(N-1)0''	⊘	✔	Déclenchement (automatisme local)
Gflex(N-1)15'	✔	✔	Modulation (consigne calculée au dispatching)

Combinaison d'accès amont et local possible

2. Principes d'accès

- Organisation des priorités d'accès entre unités de production contribuant aux mêmes contraintes

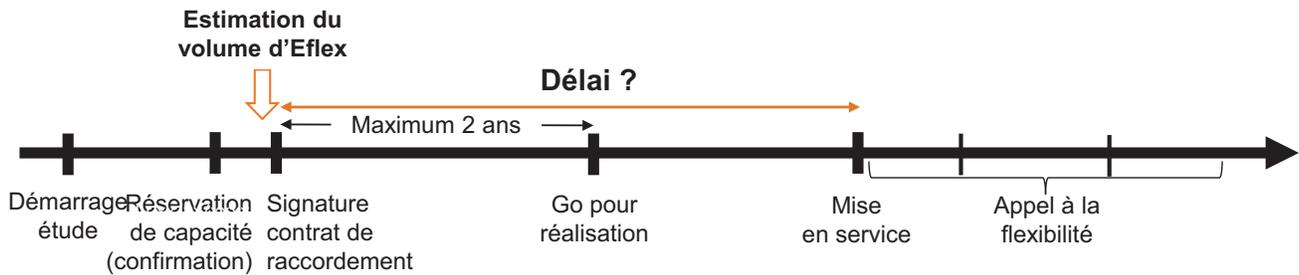


- **Exemple :**
Accès local et approche "Last In First Out"

En cas d'appel à la flexibilité, la production la plus récente est sujette à la modulation et ce, jusqu'à ce que son injection soit réduite à zéro. La production la plus récente qui suit sera ensuite à son tour modulée et ainsi de suite.

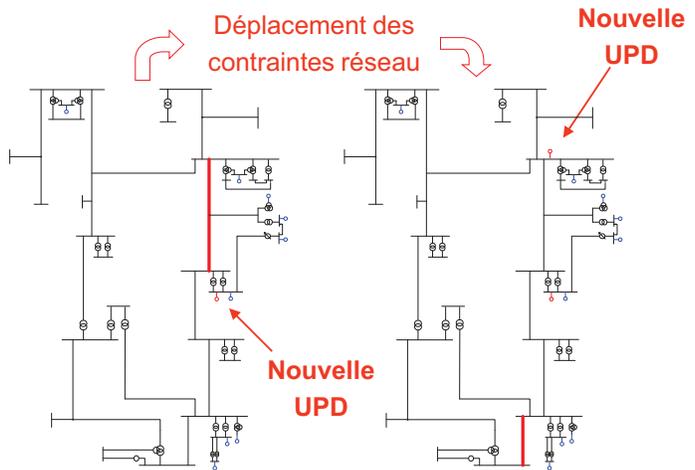
→ **Différents** volumes d'énergie Eflex par UPD

3. et 4. Evolution de la production et de la consommation



Exemples en réseau maillé :

- Raccordement d'une nouvelle UPD :
 - Localisation → déplacement possible des contraintes réseaux
 - Puissance maximale → modification du niveau de la ou des surcharges
 - Type → corrélation possible avec d'autres UPD (région à forte production éolienne typiquement)
- Evolution possible de la consommation à la baisse comme à la hausse



Volume d'énergie non produite

Autres facteurs

Les facteurs suivants impactent également l'estimation ex-ante des volumes d'énergie :

1. **Type d'accès** : limitations amont et/ou local, 15' ou 0"
2. **Principes d'accès** : Optimum, LIFO, Shared percentage, ...
3. **Evolution du parc de production**
 - Nouvelle UPD : localisation, Pinstallée, type (éolien, PV, ...)
 - Eventuelle annulation d'une réservation de capacité
 - ...
4. **Evolution de la consommation**



1. et 2. doivent être pris en compte
3. et 4. ne seront pas pris en compte

dans l'estimation ex-ante du volume **Eflex**

Sommaire

- **Introduction**
- **Estimation ex-ante du volume d'énergie non produite ?**
 - Données nécessaires
 - Autres facteurs d'influence
- **Probabilité du mode dégradé N-1**
 - Types de situation N-1
 - Occurrence et durée
 - Accès local
 - Accès amont
- **Estimation du volume Eflex**
(prise en compte des scénarios de charge / production)
 - Accès local
 - Accès amont
 - Approche probabiliste (accès local et amont)
- **Conclusions**

Probabilité du mode dégradé N-1

Types de situation N-1

1. Coupures planifiées :
 - suite à la réalisation d'un projet d'investissement
 - pour réaliser un entretien (préventif)
2. Coupures non planifiées
 - Incidents
3. Autres coupures :
 - à la demande d'un tiers (mise en sécurité)
 - pour réaliser un entretien curatif

Probabilité du mode dégradé N-1

Occurrence et durée (1/2)

1. Coupures planifiées :

- suite à la réalisation d'un projet d'investissement
 - Les coupures réalisées dans le cadre d'un projet seront annoncées plusieurs semaines à l'avance. Celles-ci ne sont pas considérées ci-après.
- pour réaliser un entretien (préventif)
 - Fréquence et durée : valeurs **moyennes** basées sur les politiques d'entretien générales actuellement en vigueur.
 - Les interventions BT sont réalisées pendant les entretiens HT.
 - Les situations N-2 ne sont pas considérées (les délais de restitution ne sont pas spécifiquement pris en compte).
 - Les coupures sont supposées être continues (pas de restitution en fin de journée).
 - Entretiens planifiés.

!/ Information

Entretien périodique transformateur : coupure de 4 jours **consécutifs** tous les 4 ans
 $4 \text{ jours} / (4 \times 365 \text{ jours}) = 0.27 \%$ du temps moyenne annuelle

Probabilité du mode dégradé N-1

Occurrence et durée (2/2)

2. Coupures non planifiées

- incident
 - Fréquence : valeurs issues de statistiques d'incident établies sur l'ensemble de la Belgique toutes causes confondues - période d'observation : 10 ans
 - Durée : très variable

3. Autres coupures :

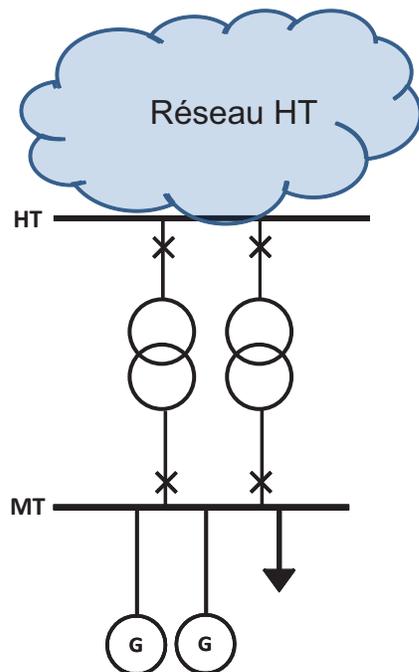
- à la demande d'un tiers (mise en sécurité)
 - Non considérées
 - pour réaliser un entretien curatif

On distingue les interventions :

 - Urgente suite à un incident (repris ci-dessus)
 - Urgente suite à une visite poste
 - Fréquence : très rare - Durée : très variable
 - Non-urgente suite à une visite poste
 - Fréquence : régulière - Durée : travaux effectués durant les entretiens (sans allongement de la durée de ceux-ci).
- Non considérées à l'exception des interventions sur les lignes poteaux bétons

Probabilité du mode dégradé N-1

Accès local



- Poste HT/MT « type »
- Coupures planifiées pour réaliser un entretien préventif

Occurrence	1 coupure tous les 4 ans	1 coupure tous les 10 ans
Durée moyenne	4 jours	9 jours

NB : les entretiens relatifs à la cabine MT ne sont pas considérés ici.

- Coupures non planifiées

Statistique	1 incident tous les 18 ans (70 kV/ MT)			
Durée moyenne	6 mois	3 jours	4h	1h
Répartition	1%	5%	51%	42%

- Probabilité du mode dégradé N-1 :

0.89 % → **1%**

- Cas particuliers : transfos en repiquage, ...

Probabilité du mode dégradé N-1

Accès amont

- Réseau "type"
- Coupures non planifiées

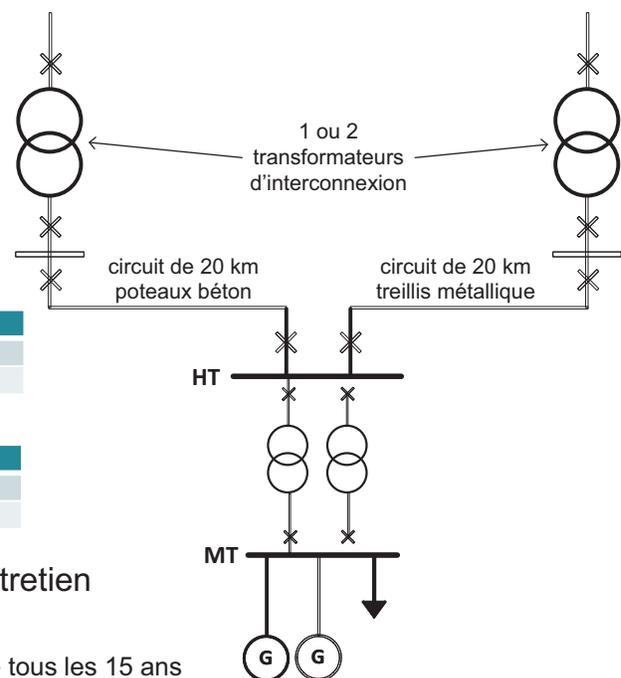
- Transfo d'interconnexion

Statistique	1 incident tous les 21 ans			
Durée moyenne	6 mois	3 jours	4h	1h
Répartition	1%	5%	51%	42%

- Ligne 70 kV

Statistique	8.38 incident /an /100 km			
Durée moyenne	3 jours	4h	1h	10s
Répartition	2%	19%	2%	77%

- Coupures planifiées pour réaliser un entretien
 - Transfo d'interconnexion : voir slide précédent
 - Ligne 70 kV treillis métallique : peinture pylône tous les 15 ans
 - Ligne 70 kV poteaux bétons : 3 jours tous les 10 ans (curatif)



- Probabilité du mode dégradé N-1 : **2.1 à 2.5 %** → **2%**

Sommaire

- Introduction
- Estimation ex-ante du volume d'énergie non produite ?
- Probabilité du mode dégradé N-1
- Estimation du volume Eflex
(prise en compte des scénarios de charge / production)
 - Accès local
 - Approche simple
 - Approche multistate
 - Accès amont
 - Approche simple
 - Approche multistate
 - Approche probabiliste (accès local et amont)
 - Projet PROBA
- Conclusions

Estimation du volume Eflex

Accès local

1. Approche «simple»

Pas de prise en compte de profil 1/4h :

- les productions (existantes et réservées) sont supposées produire leur maximum de puissance installée
- la nouvelle unité Gflex est supposée produire Pmax
- le prélèvement brut minimum de charge est considéré (sur base de l'année calendrier qui précède)

Gflex(N-1)0''

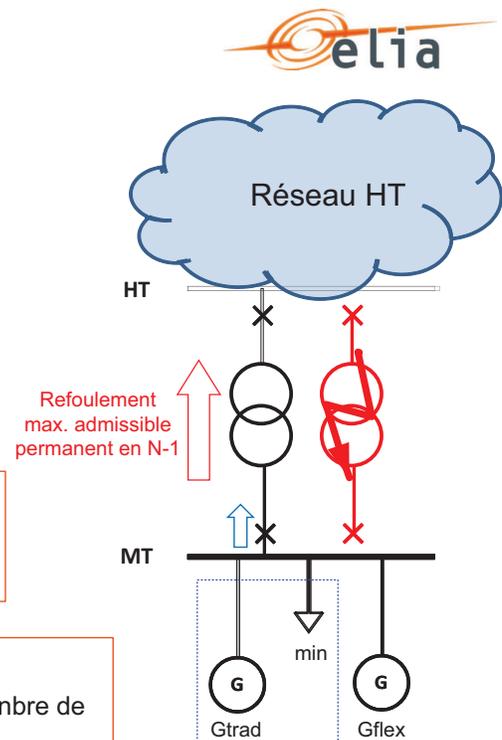
Eflex = Pmax_GflexNEW x nbre de 1/4h correspondant à la probabilité d'une situation N-1

Gflex(N-1)15' MT

Eflex = [Pmax_GflexNEW - Marge restante sur le transfo] x nbre de 1/4h correspondant à la probabilité d'une situation N-1

avec

Marge restante sur le transfo = Ref. max. admissible en N-1 - [Pmax_Gtrad - Pmin_bruto]



Estimation du volume Eflex

Accès local

2. Approche multistate (1/3)

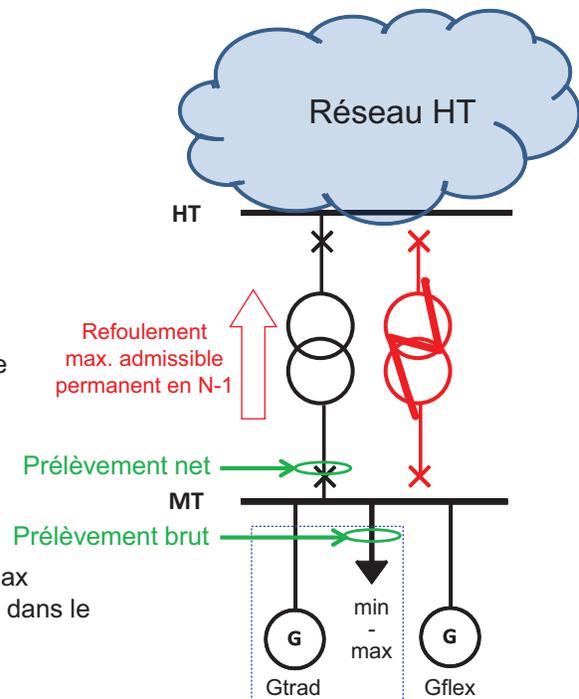
- **Prélèvement brut**
 - seul le profil de consommation (brute) est pris en compte
 - les productions (existantes et réservées) sont supposées produire Pmax
- **Prélèvement net**
 - le profil de prélèvement mesuré au secondaire des transformateurs est pris en compte
 - les productions réservées sont supposées produire Pmax

Dans les deux cas :

- la nouvelle unité Gflex est supposée produire Pmax
- les unités de type PV (résidentielles) sont incluses dans le prélèvement de charge

Période considérée : 1 année

⚠ pour le profil de prélèvement net (productions raccordées au cours de l'année considérée par ex.)



Estimation du volume Eflex

Accès local

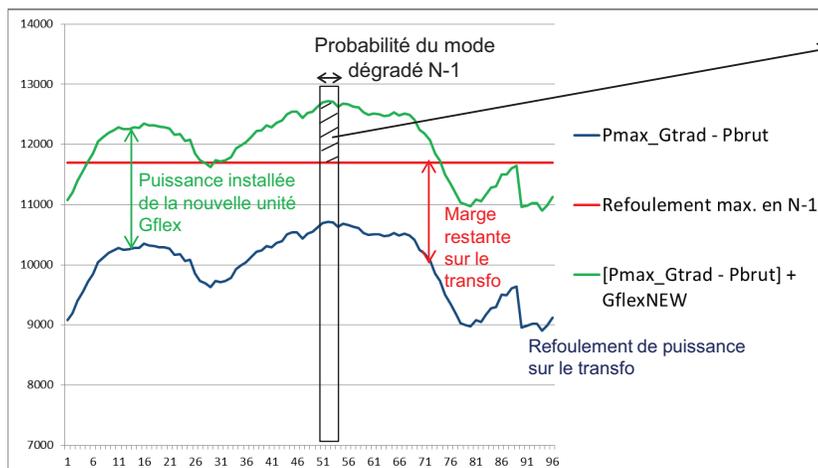
2. Approche multistate (2/3)

Marge restante sur le transfo en situation N-1 =

Refoulement max. admissible en N-1 – $[P_{max_Gtrad} - \text{Profil de prélèvement brut}]$

ou Refoulement max. admissible en N-1 – $[P_{max_réservé} - \text{Profil de prélèvement net}^*]$

Illustration (cas du prélèvement brut) :



* Refoulement < 0 et Prélèvement > 0

Estimation du volume Eflex

Accès local

2. Approche multistate (3/3)

Gflex(N-1)0''

Si il existe minimum 1/4h pendant lequel on est au-dessus du refoulement max. de puissance admis en situation N-1

Alors Eflex = Pmax_GflexNEW x nbre de 1/4h correspondant à la probabilité d'une situation N-1

Sinon Eflex = 0

Gflex(N-1)15' MT

Glissement d'une fenêtre temporelle correspondant à la probabilité d'une situation N-1 et calcul sur cette fenêtre de l'énergie correspondant au dépassement de la limite de refoulement de puissance admise en situation N-1

Eflex = valeur maximum de l'énergie ainsi calculée

Estimation du volume Eflex

Accès local

Exemple

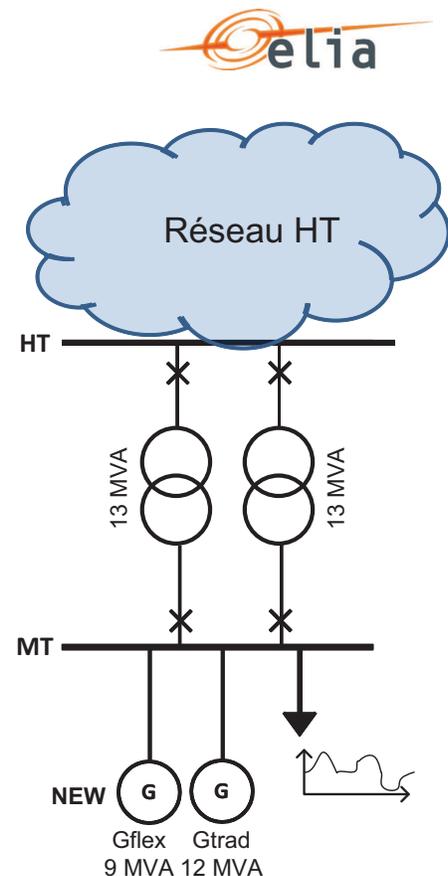
- Poste avec 2 transfos de 13 MVA
 - production Gtrad = 12 MVA
 - Smin_bruto = 0.71 MVA
 - ajout d'une production Gflex(N-1)0'' de 9 MVA
ou d'une production Gflex(N-1)15' MT de 5 MVA
- Probabilité de N-1 : 1%

Eflex	Approche simple	Approche multistate (brut)	Approche Multistate (net)
Gflex(N-1)0''	788 MWh	788 MWh	788 MWh
Gflex(N-1)15'	402 MWh	330 MWh	22 MWh

$$E_{\text{annuelle}} = 20\% \times 8760h \times 9 \text{ MW} = 15.8 \text{ GWh}$$

$$= 20\% \times 8760h \times 5 \text{ MW} = 8.8 \text{ GWh}$$

↳ facteur d'utilisation production éolienne



Estimation du volume Eflex

Accès local

Avantages et inconvénients majeurs de chaque méthode

Approche simple	- Simplicité - Surestimation de l'Eflex*
Approche multistate (brut)	- Nécessité de disposer des mesures adéquates pour établir le profil de prélèvement brut - Surestimation de l'Eflex* - Cas des productions réservées facilement pris en compte
Approche multistate (net)	- Une année n'est pas forcément représentative (année venteuse ou pas par ex.) - Sur- ou sous-estimation de l'Eflex* ? - Profil de prélèvement net parfois qu'en partie représentatif (ex: cas du raccordement d'une production pendant l'année)

* moyenne annuelle

Sommaire

- Introduction
- Estimation ex-ante du volume d'énergie non produite ?
- Probabilité du mode dégradé N-1
- **Estimation du volume Eflex**
(prise en compte des scénarios de charge / production)
 - Accès local
 - Approche simple
 - Approche multistate
 - Accès amont
 - Approche simple
 - Approche multistate
 - Approche probabiliste (accès local et amont)
 - Projet PROBA
- Conclusions

Estimation du volume Eflex

Accès amont

1. Approche "simple" (1/2)

Chaque situation N-1 est potentiellement liée à un scénario de production/charge défavorable différent.

!/ \ déplacement des contraintes et modification du niveau de surcharge possibles

- Réalisation d'un calcul Security Analysis sur chaque état de réseau classiquement utilisé en planification (5 états de référence)
 - ⇒ Identification des situations N-1 problématiques
 - ⇒ Pour chaque situation N-1 :
 - identifier le ou les états de réseaux pour lesquels une (ou des) surcharge(s) est (sont) observée(s)
 - attribuer un % de temps pendant lequel le scénario défavorable de charge/production est potentiellement amené à se produire en fonction des états de réseau identifiés.

Exemple : Scénario creux de charge - High wind : 3h/ jour

→ 12.5% du temps (base annuelle)

Estimation du volume Eflex

Accès amont

1. Approche "simple" (2/2)

- Pour chaque situation N-1 : OPF sur l'état de réseau pour lequel la (ou les) surcharge(s) observée(s) étai(en)t maximum
 - ⇒ Hypothèse : amplitude du curtailment considérée constante et égale à la valeur résultante de cet OPF

Gflex(N-1)15' HT

Eflex = \sum_i (amplitude max. du curtailment x nbre de 1/4h correspondant à la probabilité d'une situation (N-1)_i pendant un scénario de production / charge défavorable)

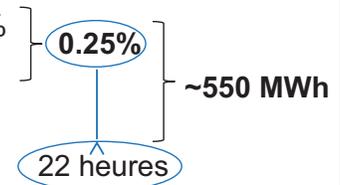
Exemple :

Probabilité d'un scénario de production /charge défavorable : 12.5%

et Probabilité des situations N-1 correspondantes : 2%

Curtailment total : 25 MW

$$\begin{aligned} \rightarrow E_{\text{annuelle}} &= 20\% \times 8760\text{h} \times 25 \text{ MW} \\ &= 43.8 \text{ GWh} \end{aligned}$$



Estimation du volume Eflex

Accès amont

2. Approche multistate

Attribution d'un profil de production/consommation (brut ou net) à chaque poste

- Réalisation d'un calcul Security Analysis chaque 1/4 h de l'année
 - /!\ 35040 calculs de LF x (nbre de N-1 + 1)
 - ⇒ Identification des situations N-1 problématiques
 - ⇒ Pour chaque situation N-1 : identifier le nbre de 1/4 h problématiques sur l'année
- Pour chaque situation N-1 : OPF sur l'état de réseau pour lequel la (ou les) surcharge(s) observée(s) étai(en)t maximum
 - ⇒ Hypothèse : amplitude du curtailment considérée constante et égale à la valeur résultante de cet OPF

Gflex(N-1)15' HT

Eflex = \sum_i (amplitude max. du curtailment x nbre de 1/4h correspondant à la probabilité d'une situation (N-1)_i pendant un scénario de production / charge défavorable)

Estimation du volume Eflex

Accès amont

En résumé :

- Approche simple vs multistate : seule l'évaluation du nombre de ¼ h pendant lequel un scénario de production /charge défavorable se produit diffère
- Calculs lourds pour calculer un volume Eflex *relativement* faible
- Validité et "pérennité" du résultat (modification des hypothèses de charge/production) ?

Sommaire

- Introduction
- Estimation ex-ante du volume d'énergie non produite ?
- Probabilité du mode dégradé N-1
- Estimation du volume Eflex
(prise en compte des scénarios de charge / production)
 - Accès local
 - Approche simple
 - Approche multistate
 - Accès amont
 - Approche simple
 - Approche multistate
 - Approche probabiliste (accès local et amont)
 - Projet PROBA
- Conclusions

Estimation du volume Eflex

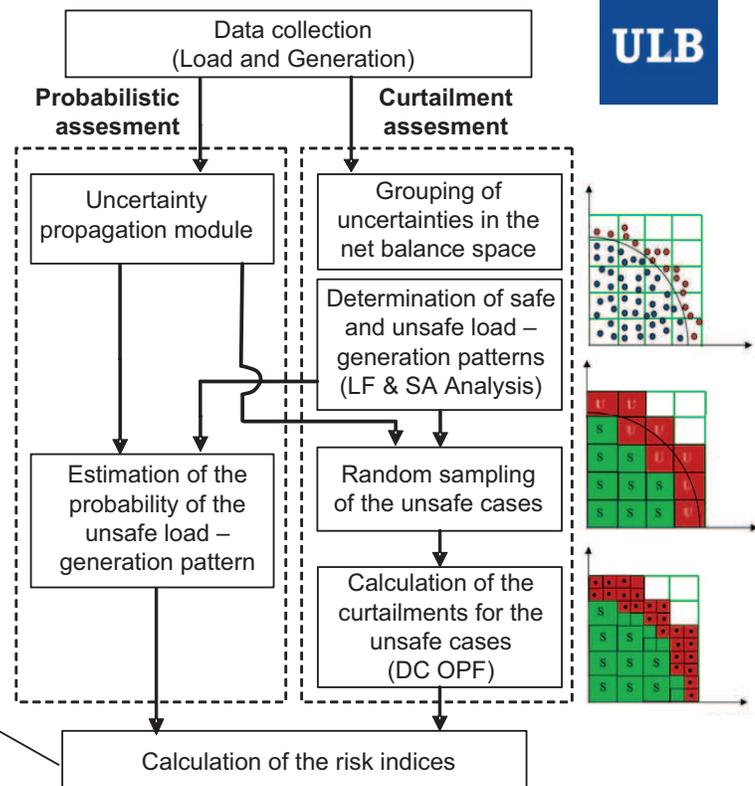
Approche probabiliste

Projet PROBA

- en collaboration avec l'Université libre de Bruxelles
- Scope : Développement d'une méthodologie probabiliste permettant d'évaluer les risques associés au raccordement d'une nouvelle unité de production avec un accès flexible en N-1 ou N

Exemples :

- risque de curtailment de la nouvelle unité de production
- impact sur les autres productions
- risque de congestion sur un asset
- ...



Sommaire

- Introduction
- Estimation ex-ante du volume d'énergie non produite ?
- Probabilité du mode dégradé N-1
- Estimation du volume Eflex
(prise en compte des scénarios de charge / production)
 - Accès local
 - Accès amont
 - Approche probabiliste (accès local et amont)
 - Projet PROBA
- Conclusions

Conclusions (?)

- Applicable à toutes les filières (éolienne, solaire, ...)
- Probabilité du mode dégradé N-1 : valeur moyenne annuelle
- Estimation du volume Eflex
 - /!\ Complexité de la méthode d'évaluation vs qualité de l'information
 - /!\ Utilisation de profils \neq prise en compte des incertitudes
 - Méthode "simple" : - surestimation du volume Eflex
 - Méthode relativement lourde (accès amont)
 - Méthode multistate : - soumise à l'évolution des hypothèses
 - méthode lourde (accès amont)
 - Méthode probabiliste : très lourde (pas encore finalisée)
- ➔ **Quelles sont les infos utiles ? A quel moment du processus?**
 - Probabilité du mode dégradé N-1
 - Probabilité d'occurrence d'un scénario charge / production défavorable
 - ou bien volume d'énergie Eflex ?

Merci de votre attention.