

Au cœur de l'efficacité énergétique



« Smart Grids » et transition énergétique

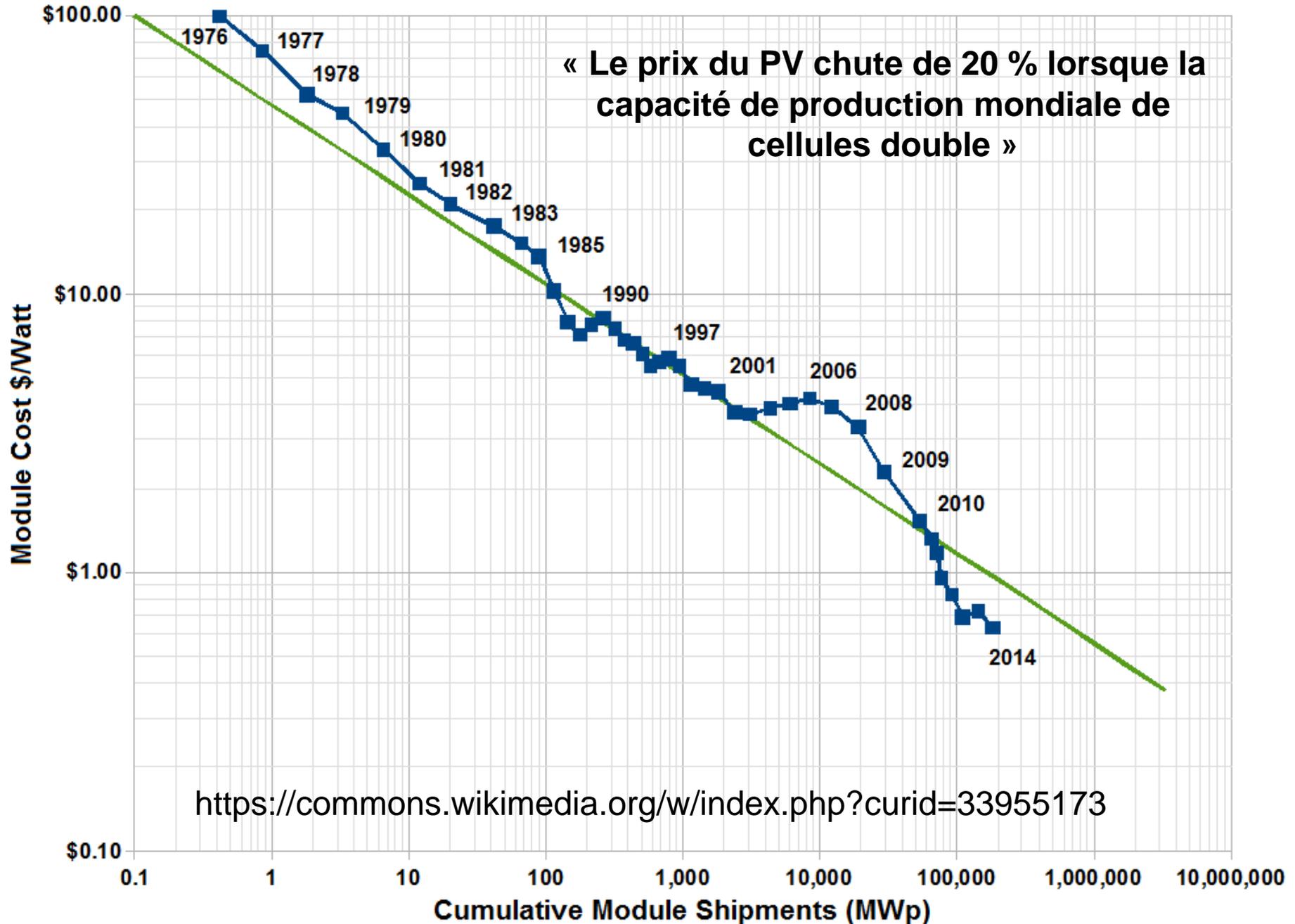
Florent Cadoux

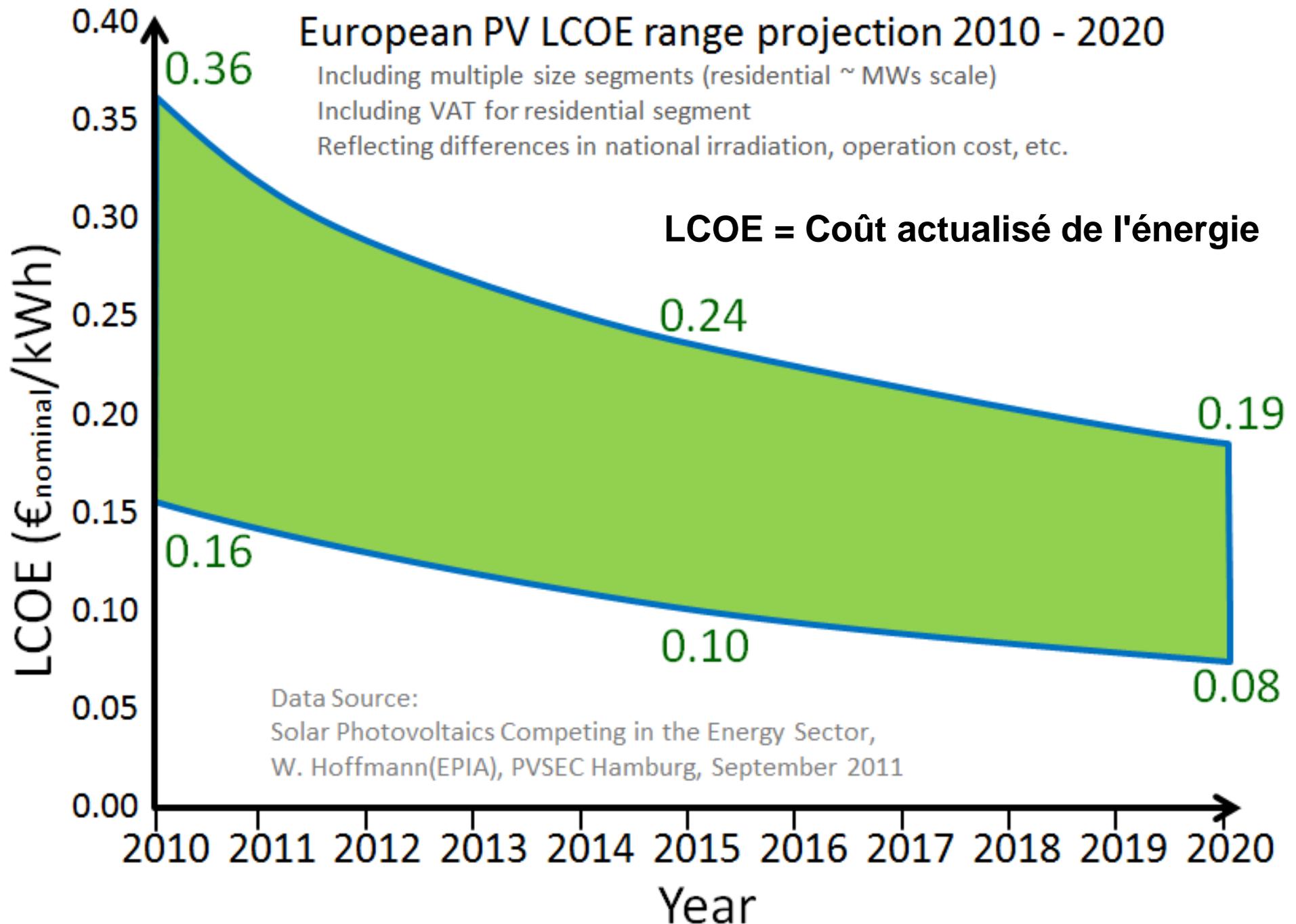
Florent.cadoux@g2elab.grenoble-inp.fr

Fondation Partenariale de Grenoble INP
et Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble

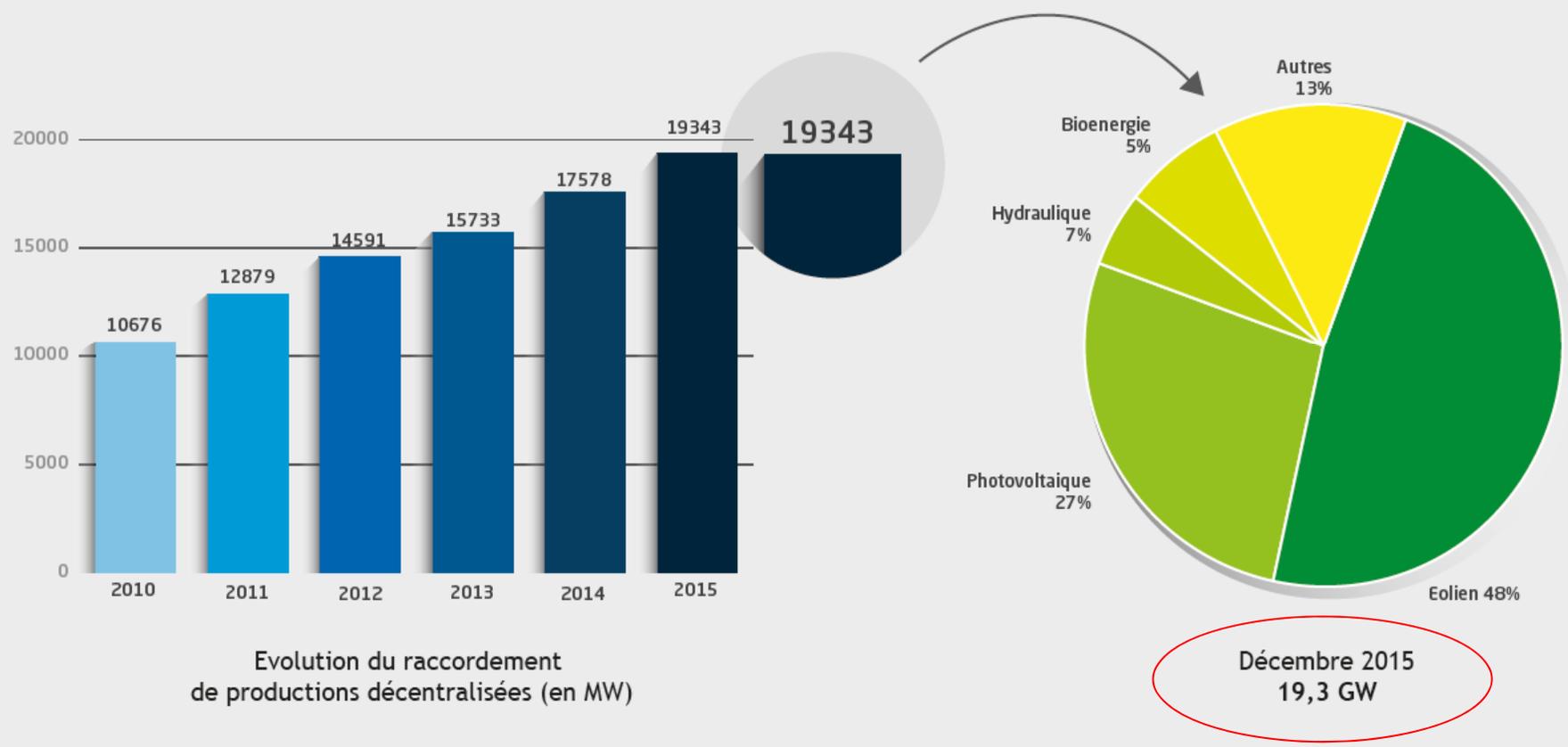


Swanson's Law



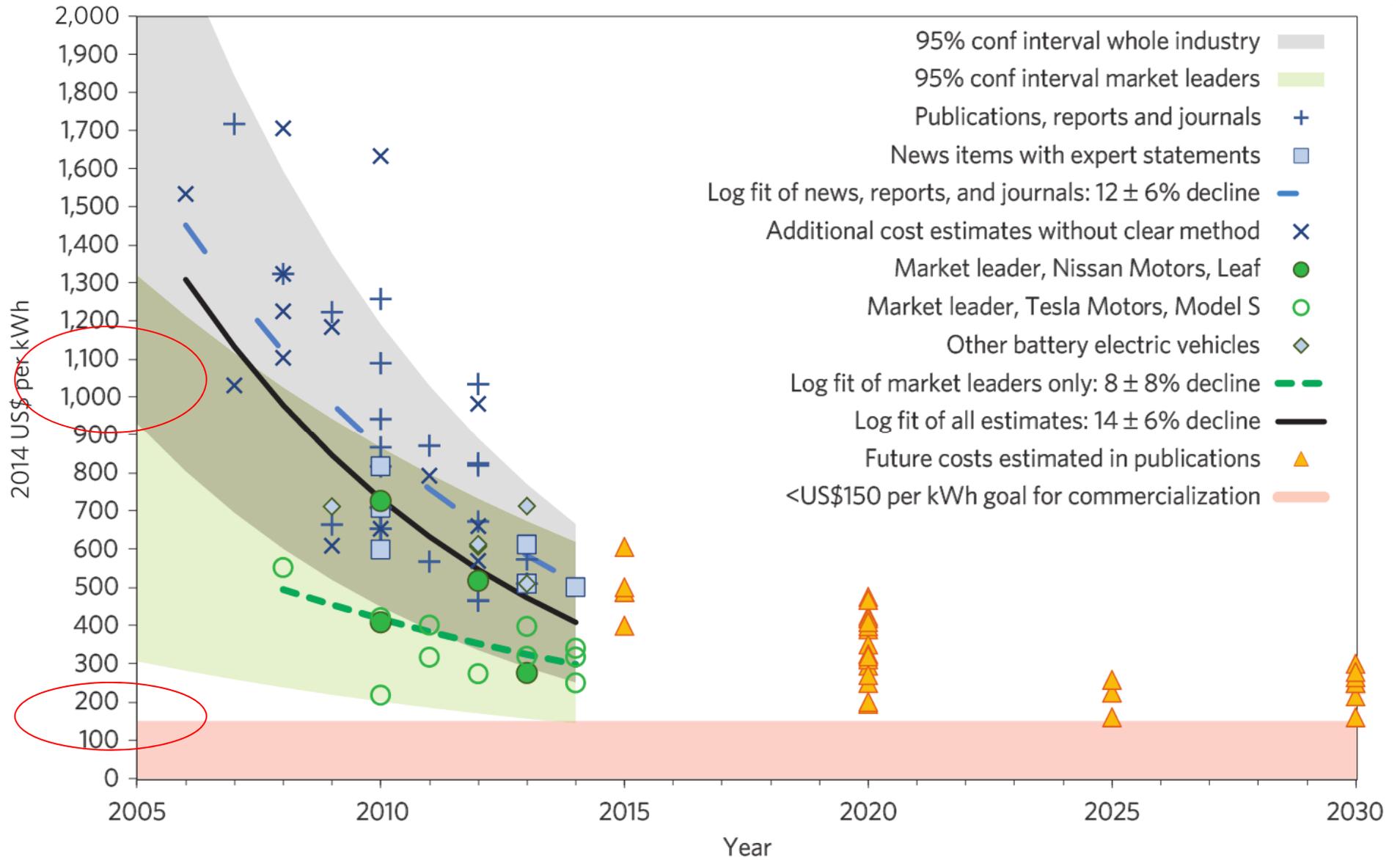


PRODUCTION DÉCENTRALISÉE EN FRANCE

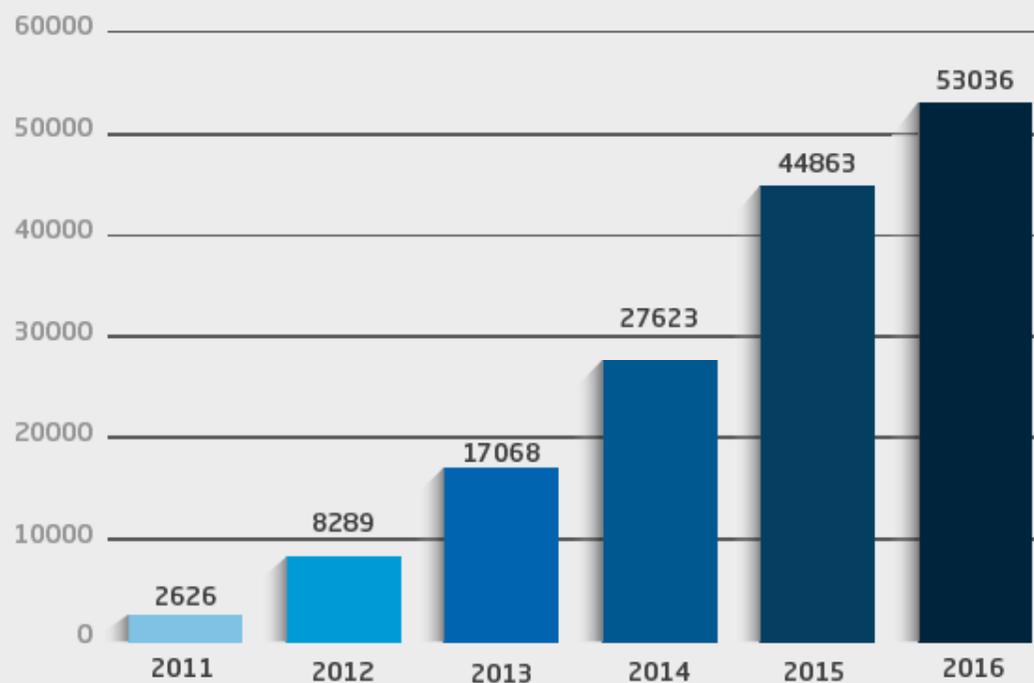


Source : Enedis, Panorama des installations

Evolution du coût des batteries



VÉHICULES ÉLECTRIQUES EN FRANCE



Immatriculation de voitures électrique
en France par année

Source : <http://www.automobile-propre.com/dossiers/voitures-electriques/chiffres-vente-immatriculations-france/>

Conclusion : évolution des usages du réseau électrique



Nouveaux types de générateurs

Nouvelles charges, notamment via l'électrification du transport

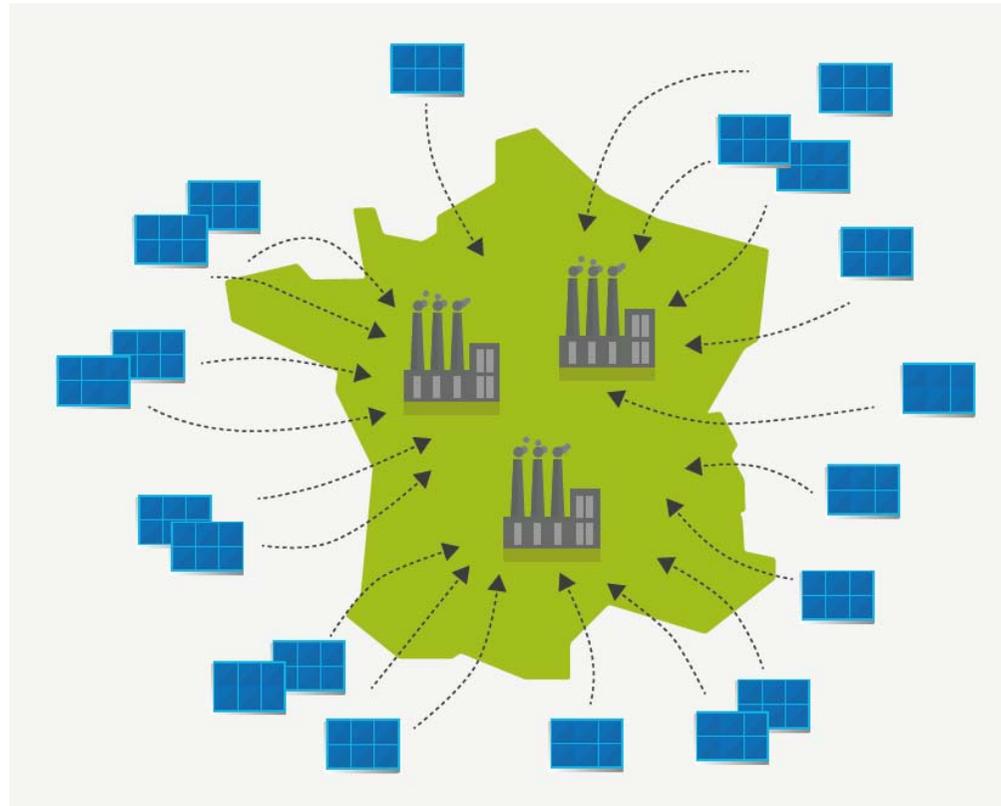


Arrivée du stockage (?!)



Caractéristiques des nouveaux usages du réseau

Et alors ? (1/4)



Sources de faible puissance,
nombreuses et **dispersées**

Et alors ? (2/4)



Ressource primaire **variable**

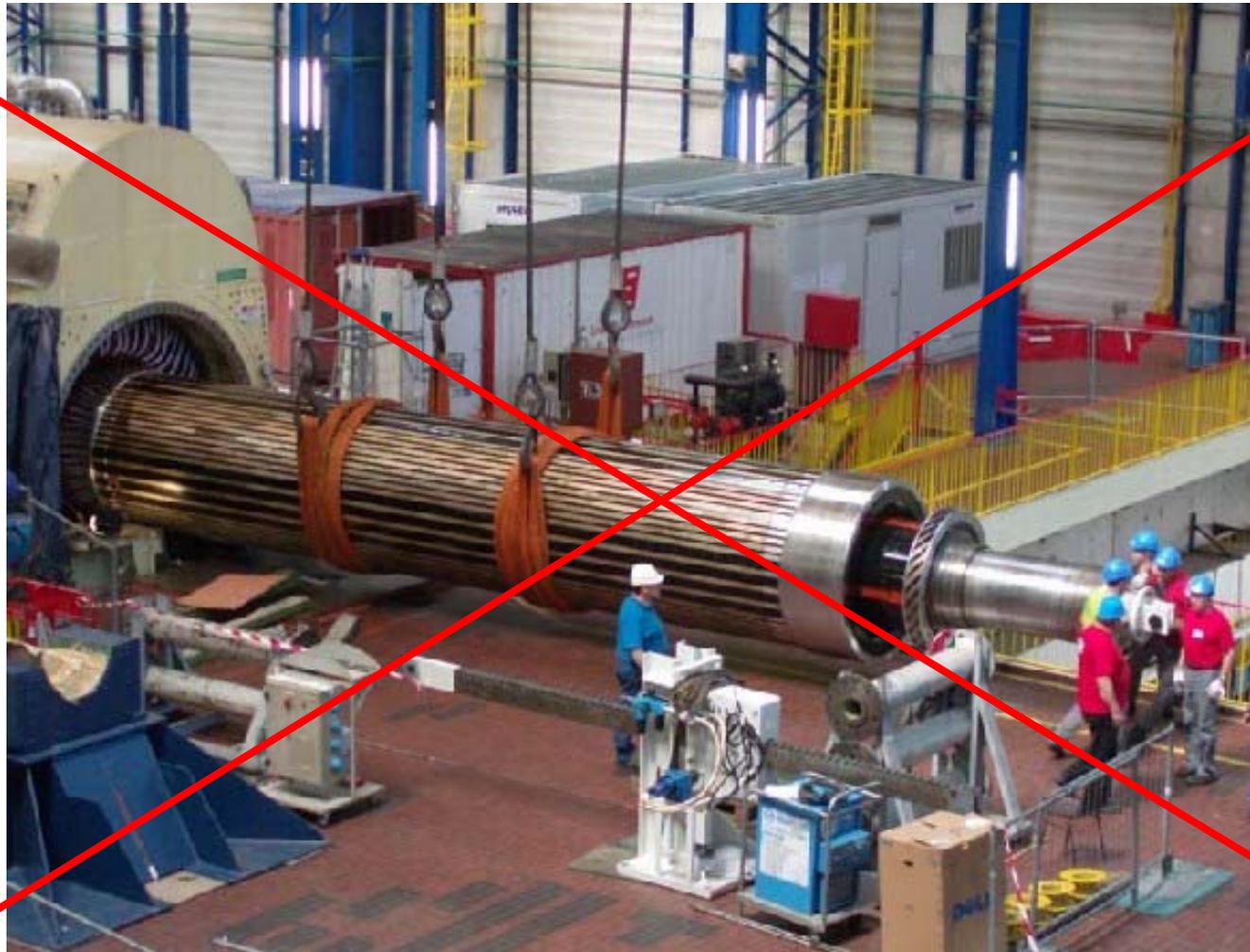
Et alors ? (3/4)



400 kV
225 kV
63 kV

Modification des flux dans le réseau

Et alors ? (4/4)

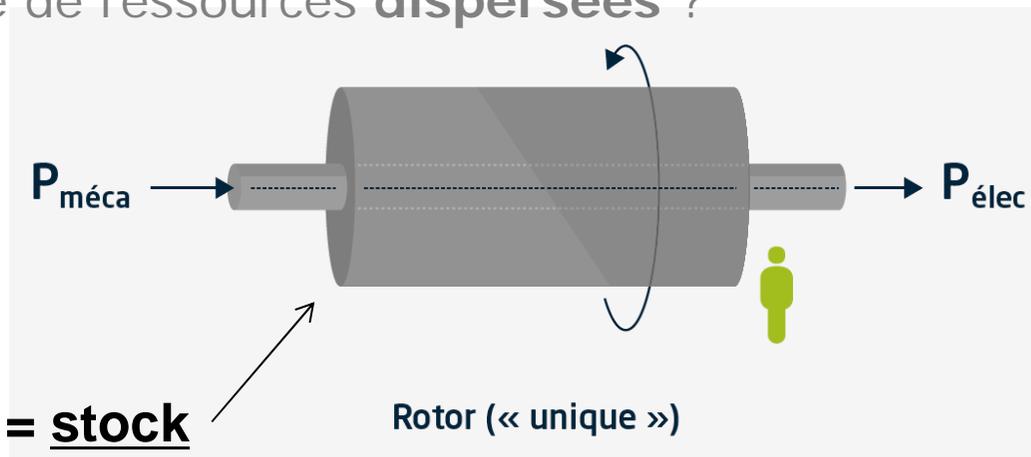


Conversion **électronique** de puissance

Conséquences de l'intégration des nouveaux types d'usages (ou plutôt « 2 exemples de conséquences »...)

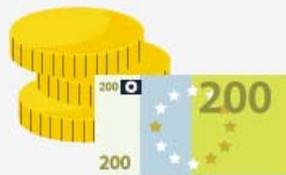
1) Conséquences sur l'équilibre production-consommation

- Inertie en baisse
 - Variabilité en hausse
 - Prévisibilité en baisse
-
- Nouveaux générateurs = nouvelles réserves ?
 - Réglage à la **hausse** ?
 - Contrôle de ressources **dispersées** ?



Conséquences sur le dimensionnement des ouvrages

Compromis entre coût et qualité de service



COÛT

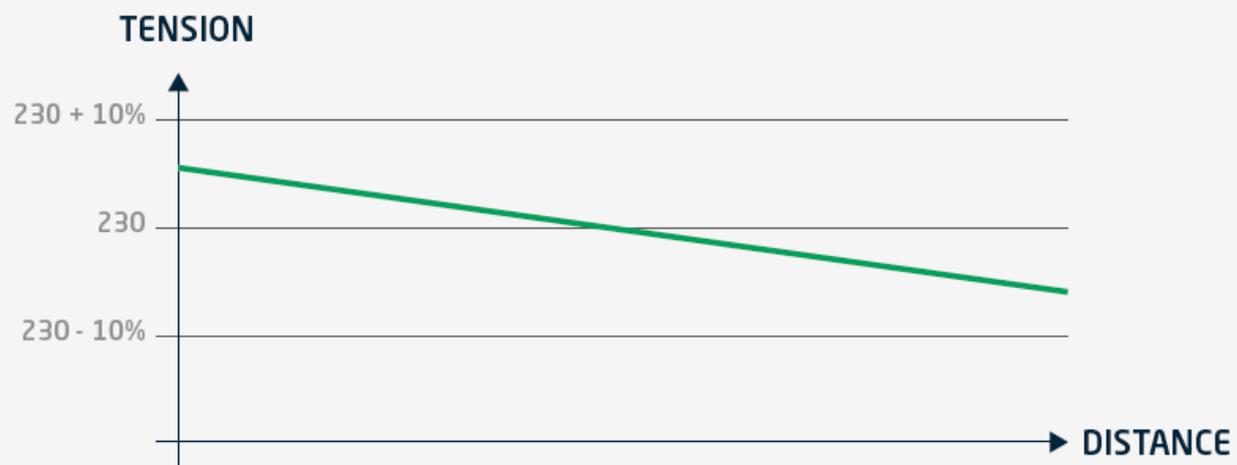


QUALITÉ
DE SERVICE

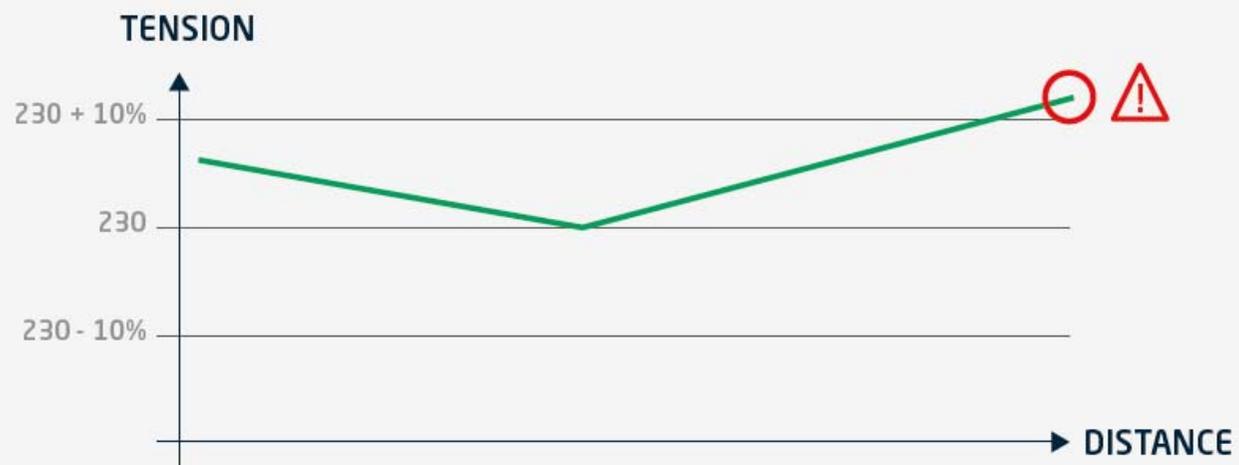
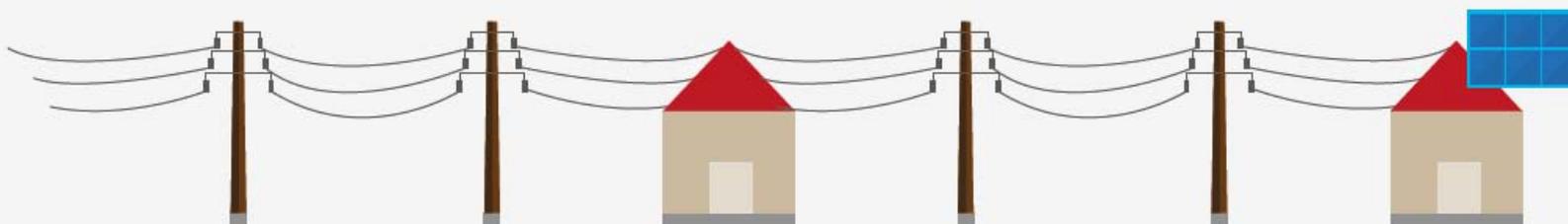
Contrainte de tension

← Réseau amont

Extrémité de la ligne
la ligne



Contrainte de tension

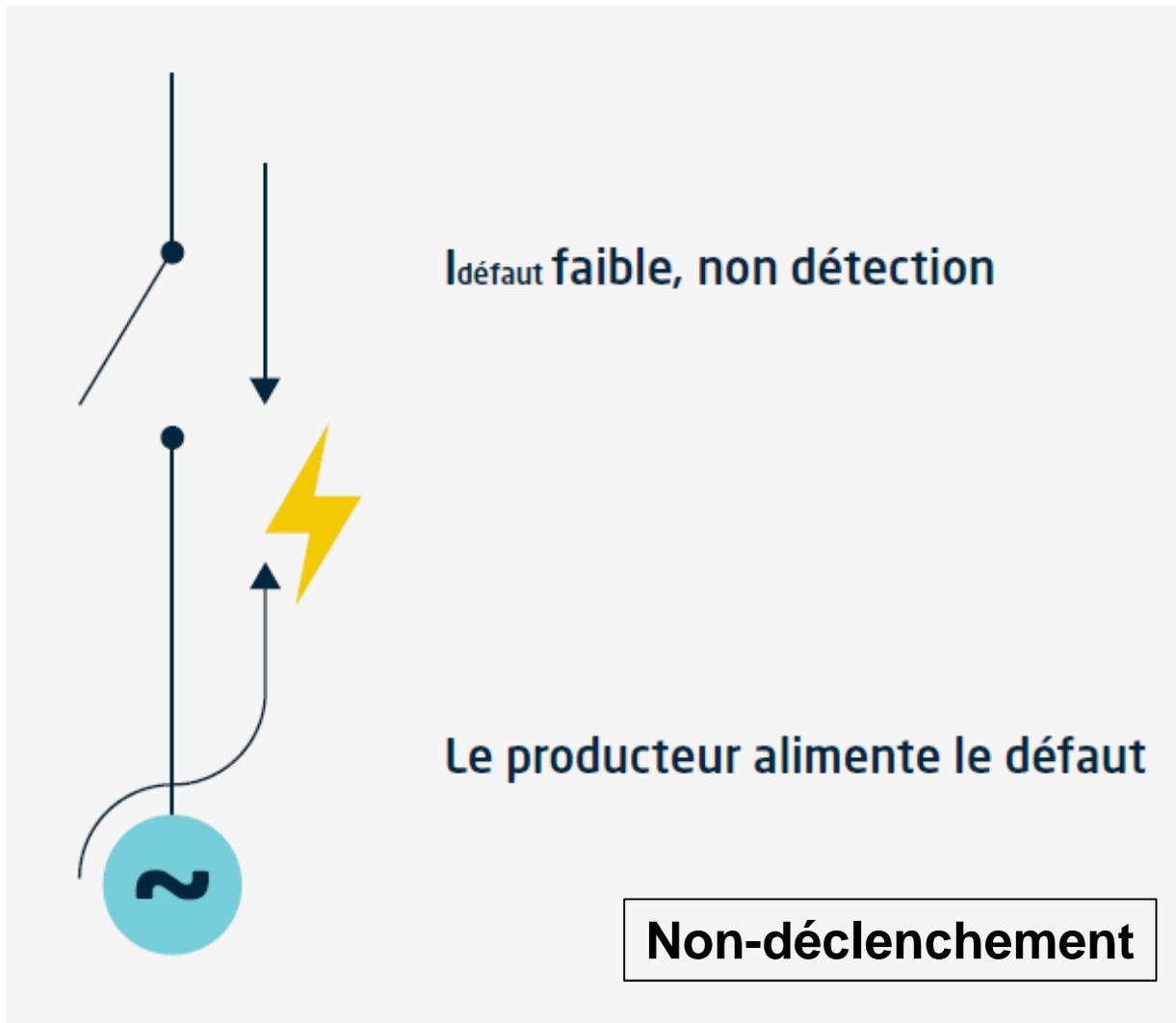


Contrainte de courant

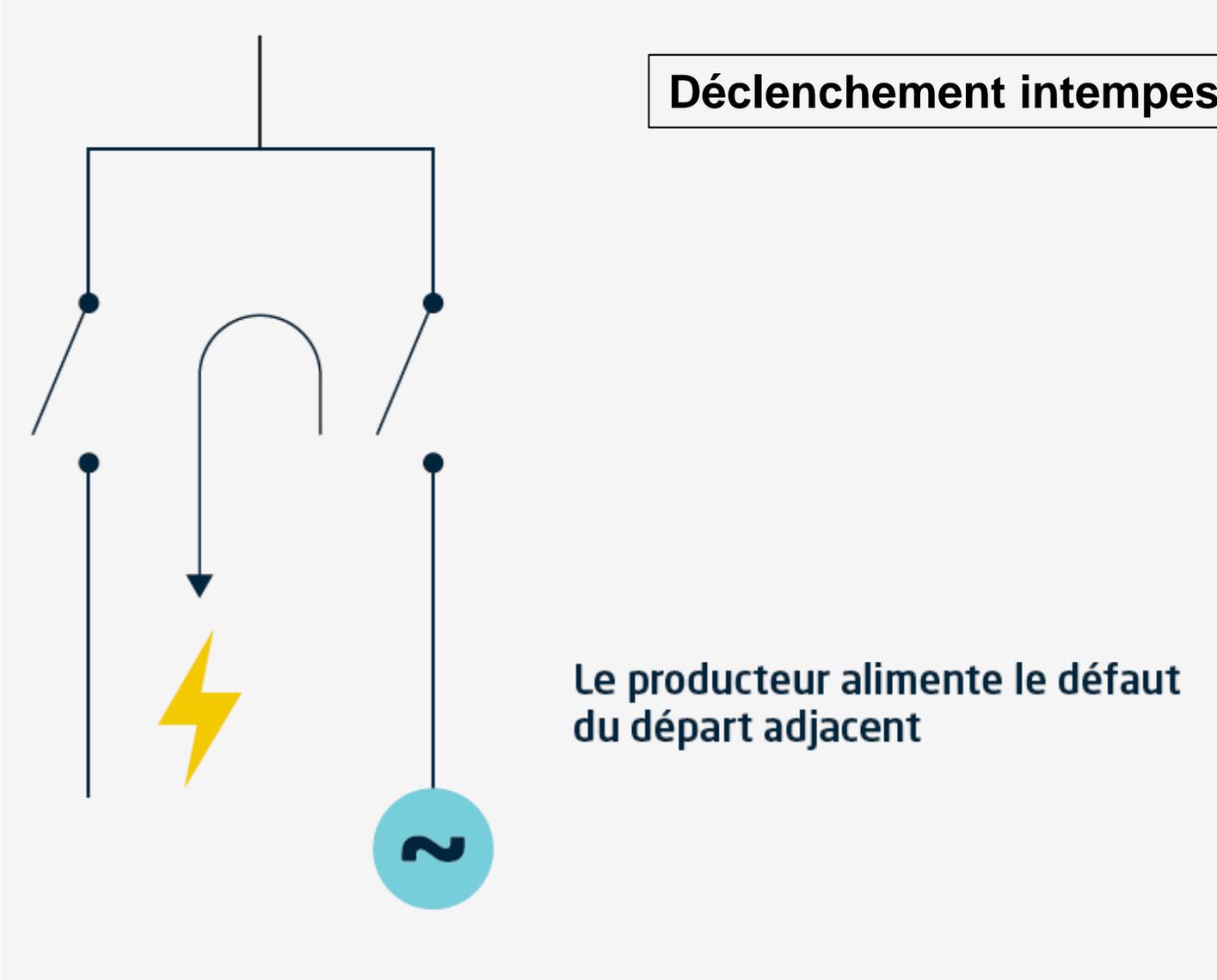


Cas pessimiste... (il y a bien sûr des protections de surcharge)

Perturbation des protections et des indicateurs de passage de défaut existants



Perturbation des protections et des indicateurs de passage de défaut existants



Perturbation des protections et des indicateurs de passage de défaut existants

Sans producteur



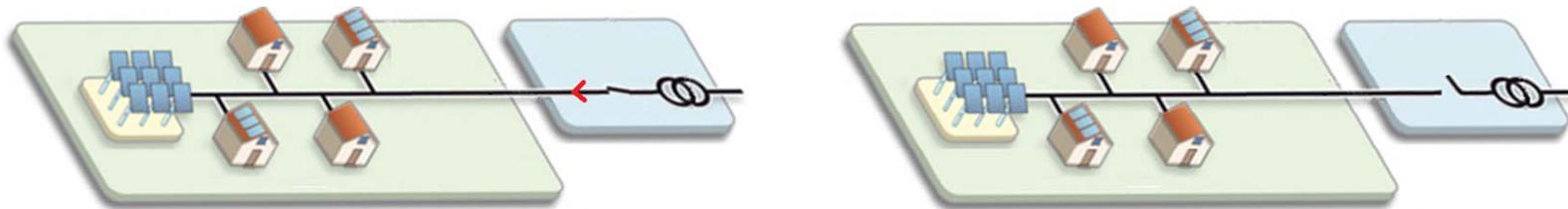
Avec producteur



 IPD : indicateur de passage de défaut

Effets secondaires des nouvelles protections

Non-déclenchement



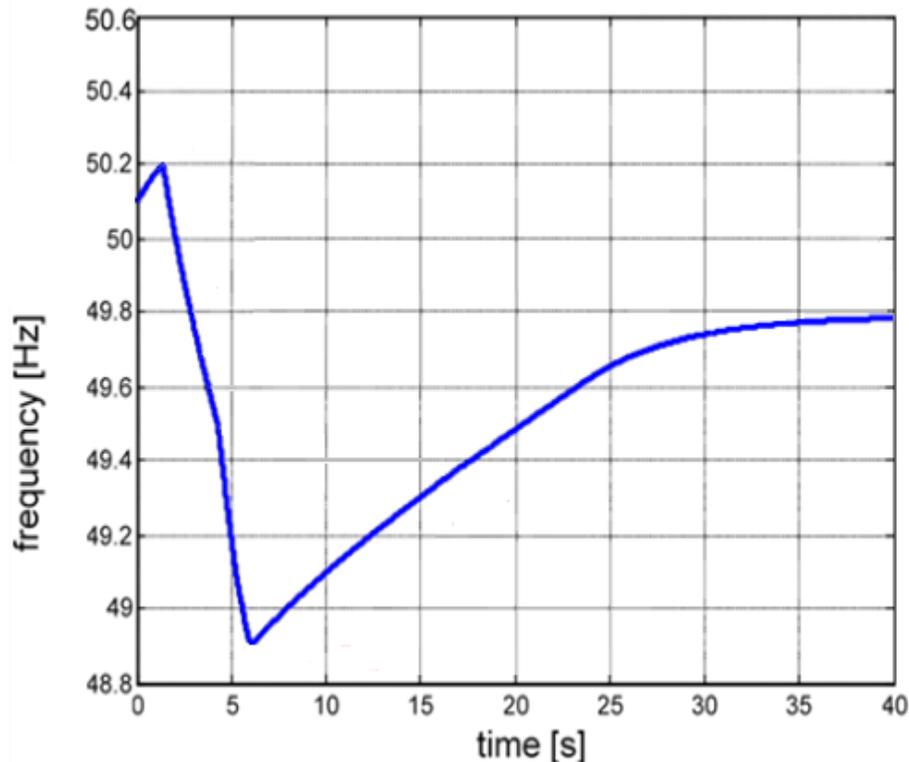
Le réseau aval reste sous tension ☹ : ilotage

■ Ilot : sous-réseau séparé maintenu sous tension par la production locale

- Dangereux pour les personnes et le matériel
- Semble peu probable aujourd'hui, mais phénomène à surveiller

2) Exemple de conséquence sur le plan de protection

Déclenchement intempestif des nouvelles protections



(1) à t = 0, perte de IFA 2000

(2) à f = 50,2 Hz, perte de 8274 MW

(3) à f = 49,8 Hz, perte de 142 MW

(4) à f = 49,7 Hz, perte de 233 MW

(5) à f = 49,6 Hz, perte de 342 MW

(6) à f = 49,5 Hz, perte de 6158 MW

(7) à f = 48,9 Hz, délestage de charge

Les « smart grids »

Evolution actuelle

■ Nouveaux défis

- Redimensionnement progressif du réseau...
- Quelles **nouvelles réserves** pour effectuer les réglages ?
- Remise en cause du **plan de protection**

■ Nouveaux leviers

- **Flexibilité** des nouveaux usages (charge, stockage)
- **Progrès fulgurants** des TICs

Consommation,
stockage

production

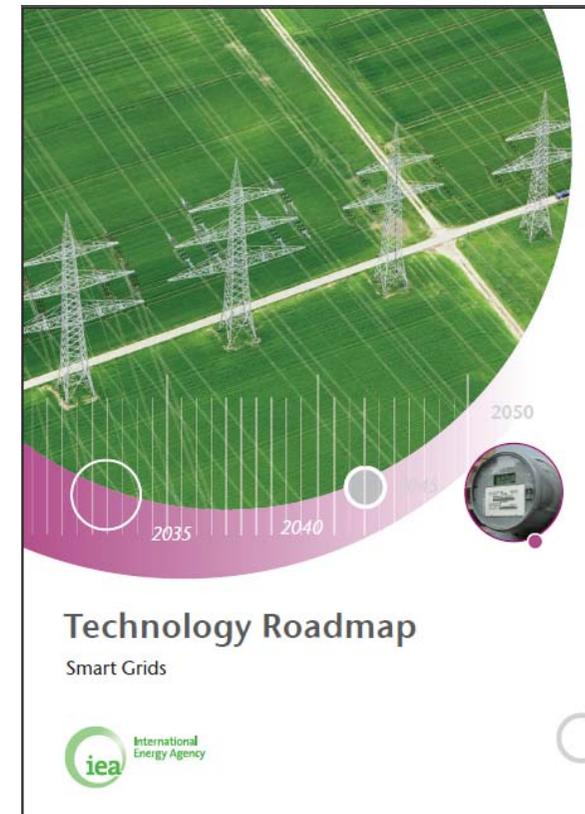
⇒ **Concept de « smart grid »**
décarbonisation, décentralisation, digitalisation !



Smart grid ?

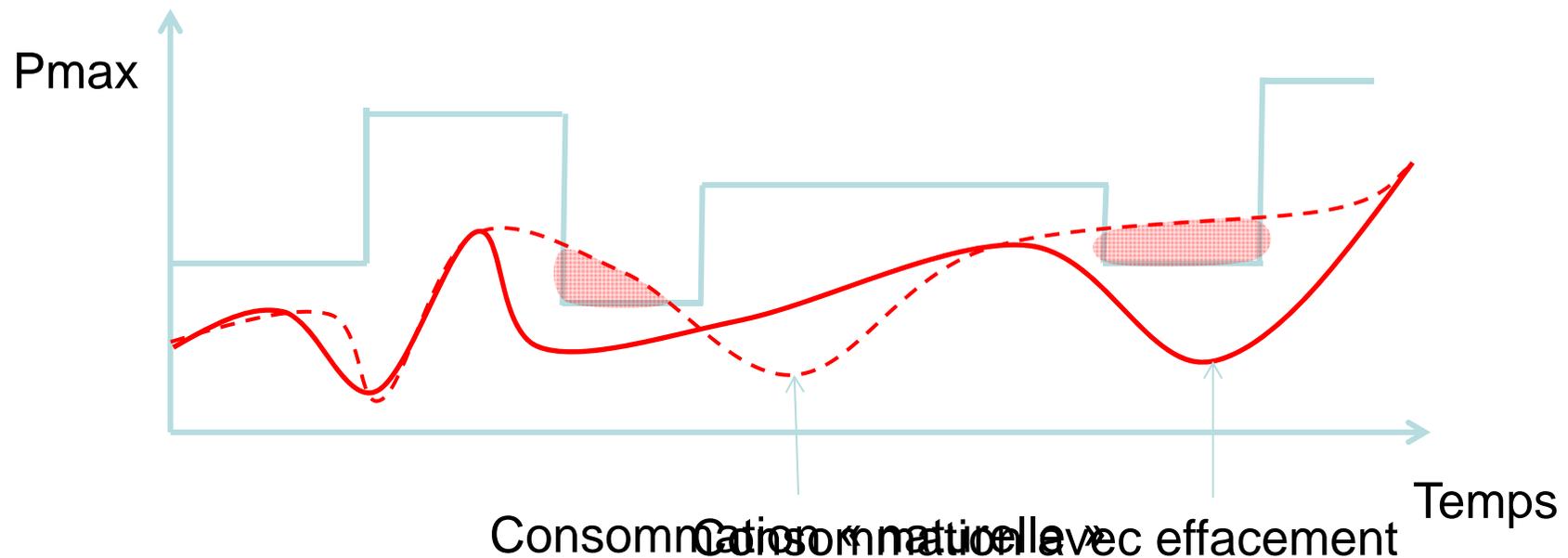
La définition de l'AIE en six points...

- « Informed participation by customers »
- « Accommodates all generation and storage options »
- « Enables new products, markets and services »
- « Power quality for the range of needs »
- « Optimize asset utilization and operating efficiency »
- « Resiliency to disturbances, attacks and natural disasters »

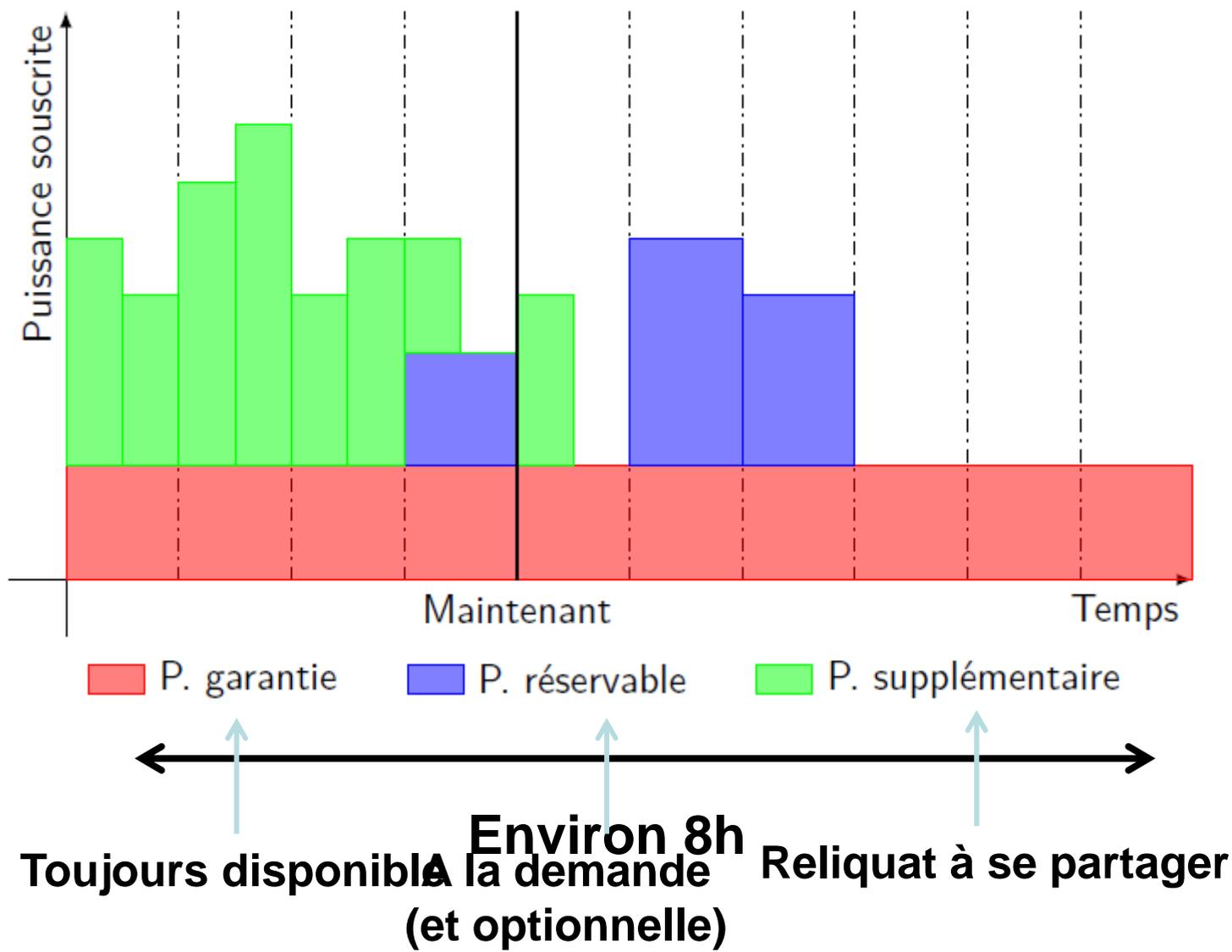


Un exemple de technologie « smart grid » : variation dynamique de la puissance disponible

- Contrôle de la « flexibilité » des usagers par **modification continue de la puissance disponible**
- ... De manière automatisée bien sûr (Cf projet Solenn)



Un exemple de technologie « smart grid » : variation dynamique de la puissance disponible



Un exemple de technologie « smart grid » : variation dynamique de la puissance disponible

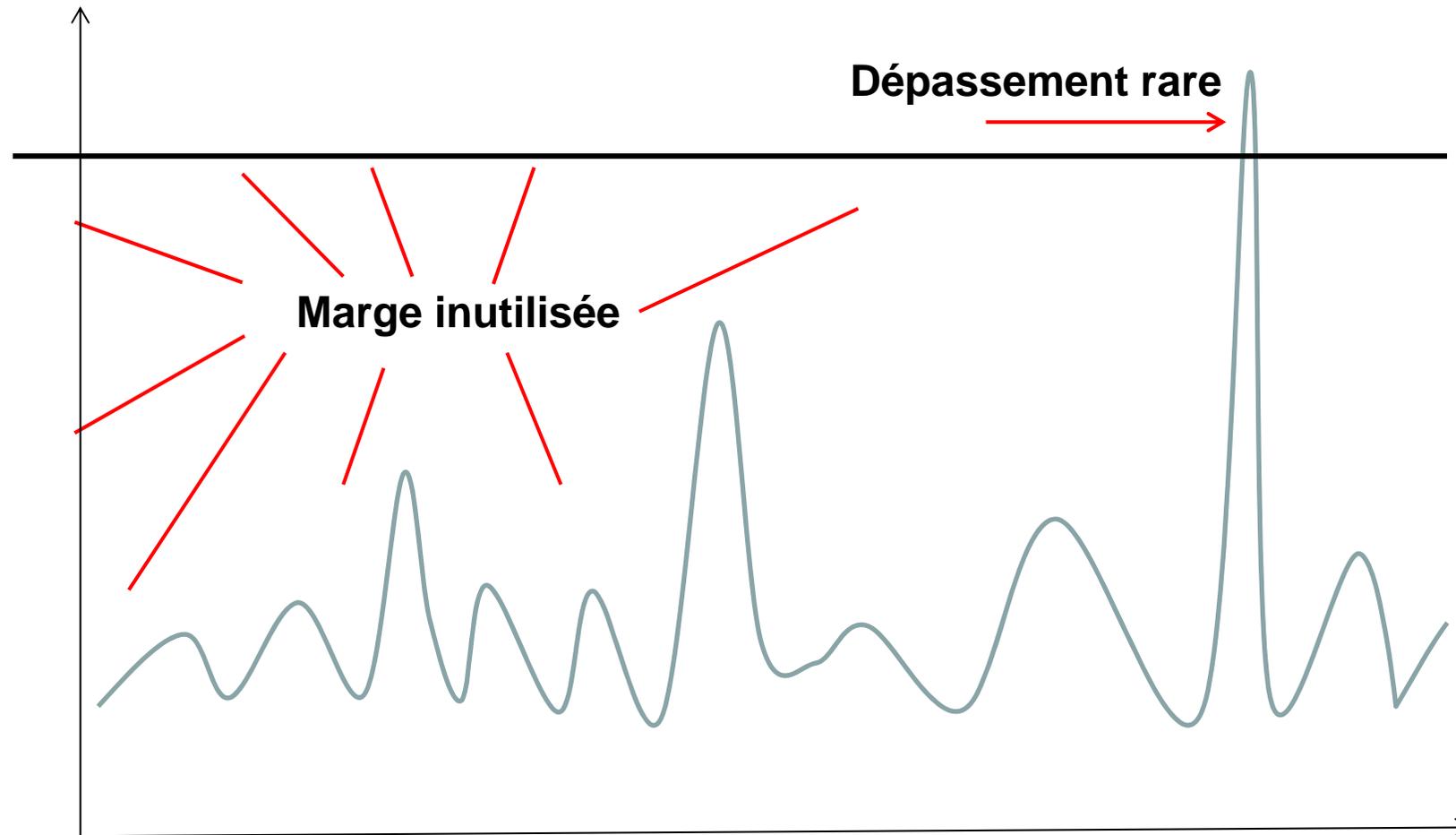
Conçu pour éviter les contraintes sur le réseau de distribution

Permettant comme sous-produit de participer à l'équilibrage du système

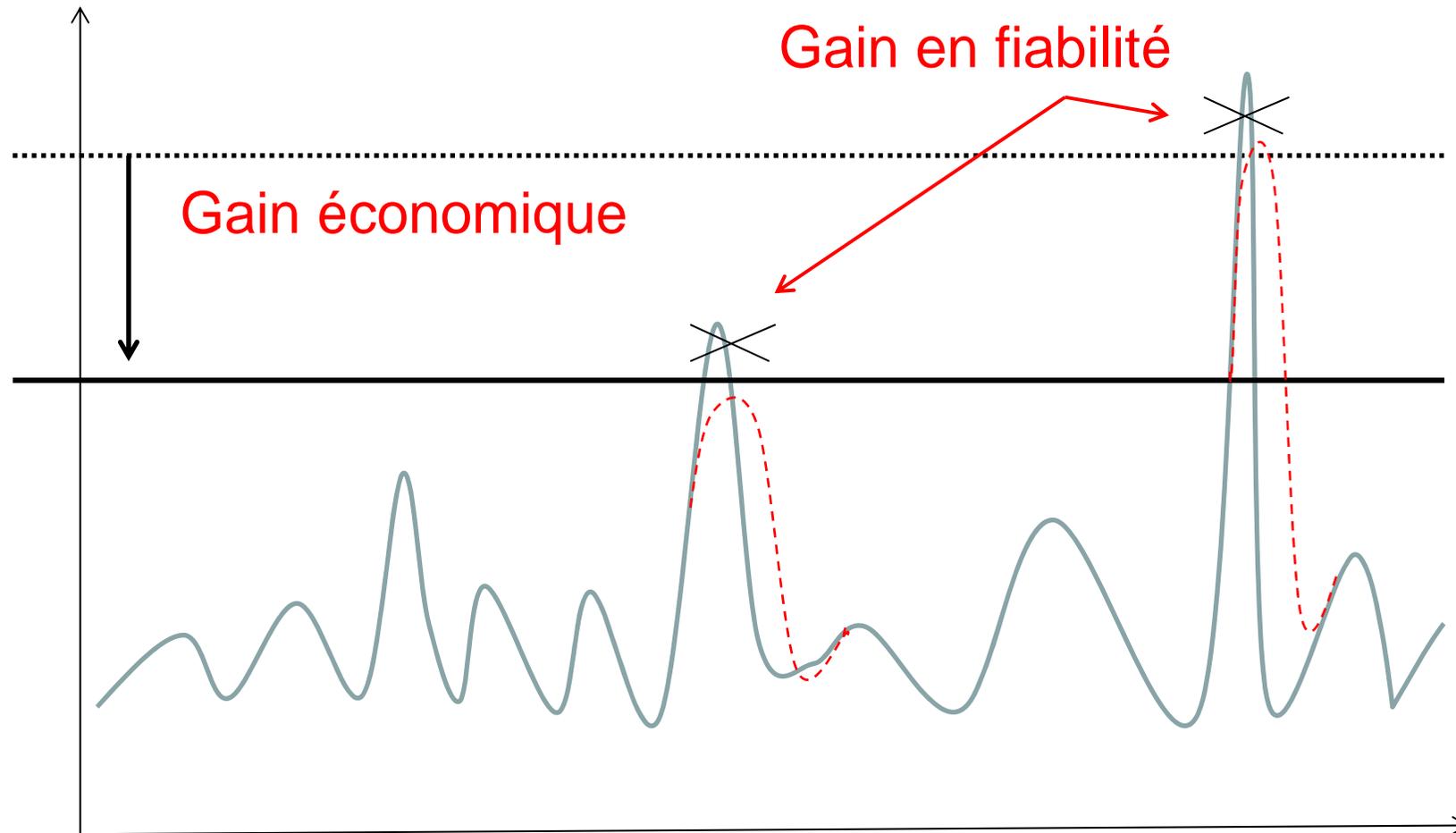
Soit directement via ce mécanisme

Soit en laissant faire des tiers, sans risque

Evitement des contraintes sur le réseau de distribution



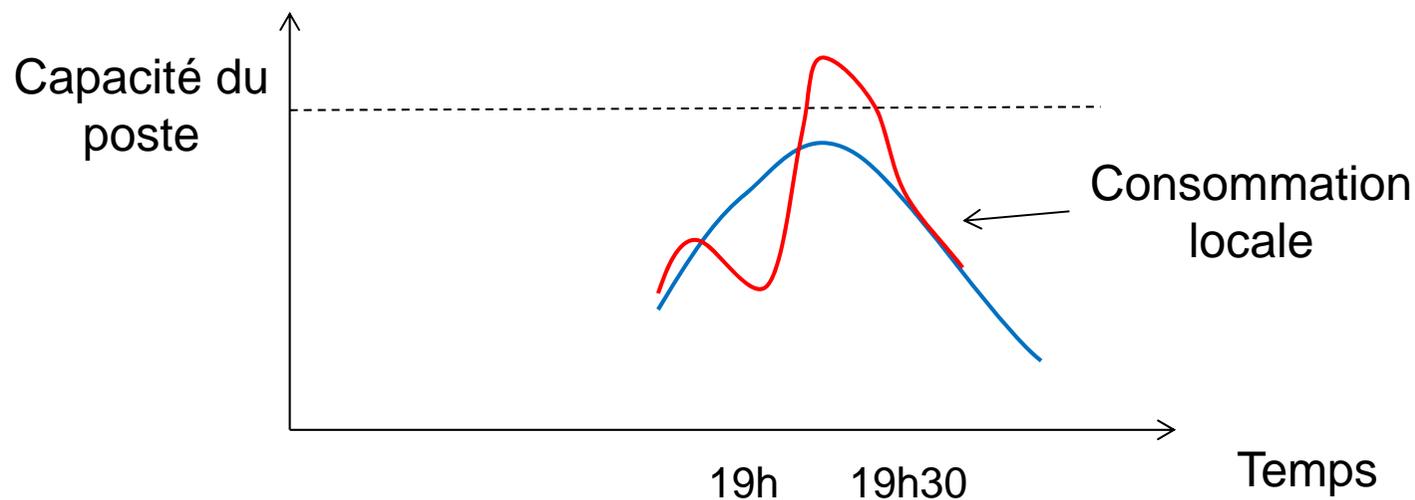
Evitement des contraintes sur le réseau de distribution



Equilibrage du système par des tiers

■ Exemple :

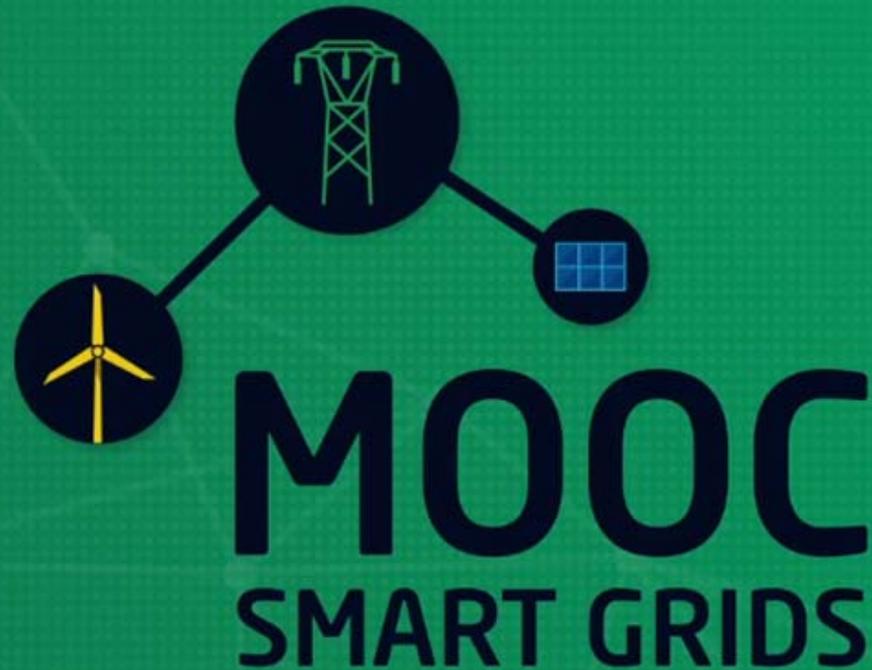
- l'utilisateur fournit de la flexibilité...
- ... via ses charges et/ou un dispositif de stockage...
- à un fournisseur / responsable d'équilibre / gestionnaire de réseau de transport
- La pointe nationale est à 19h, la pointe locale à 19h30



Quelques questions de nature à intéresser des économistes...



- **La « flexibilité » est une ressource**
 - Plusieurs acteurs ont intérêt à la consommer
 - Leurs intérêts divergent potentiellement
 - Comment **allouer** cette ressource ?
 - « Market design » (simple) pour les flexibilités
- **Quelle tarification pour l'accès au réseau dans ces conditions ?**
 - Assurer la juste rémunération du gestionnaire de réseau
 - Inciter les utilisateurs à « bien utiliser » le mécanisme
 - Tarif d'utilisation **et** barème de raccordement
 - Quel contrat entre le gestionnaire de réseau et l'utilisateur ?
- **Nouvelle doctrine d'investissement du planificateur du réseau**
 - A partir de quand faut-il finalement renforcer le réseau ?



(Ré)ouverture des inscriptions sur FUN début 2018

<https://www.fun-mooc.fr/>

Au cœur de l'efficacité énergétique



The end!

Florent Cadoux

Florent.cadoux@g2elab.grenoble-inp.fr

Fondation Partenariale de Grenoble INP
et Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble

