

Session 4: La flexibilité, à quoi ça sert et comment ça marche?

Modérateur: Yannick Liniger

Pourquoi parle-t-on d'ajustement et de flexibilité - introduction théorique



Jean Cattin

Ingénieur en systèmes
énergétiques
Planair

Ajustement de l'injection

Introduction théorique

PV Update 2025

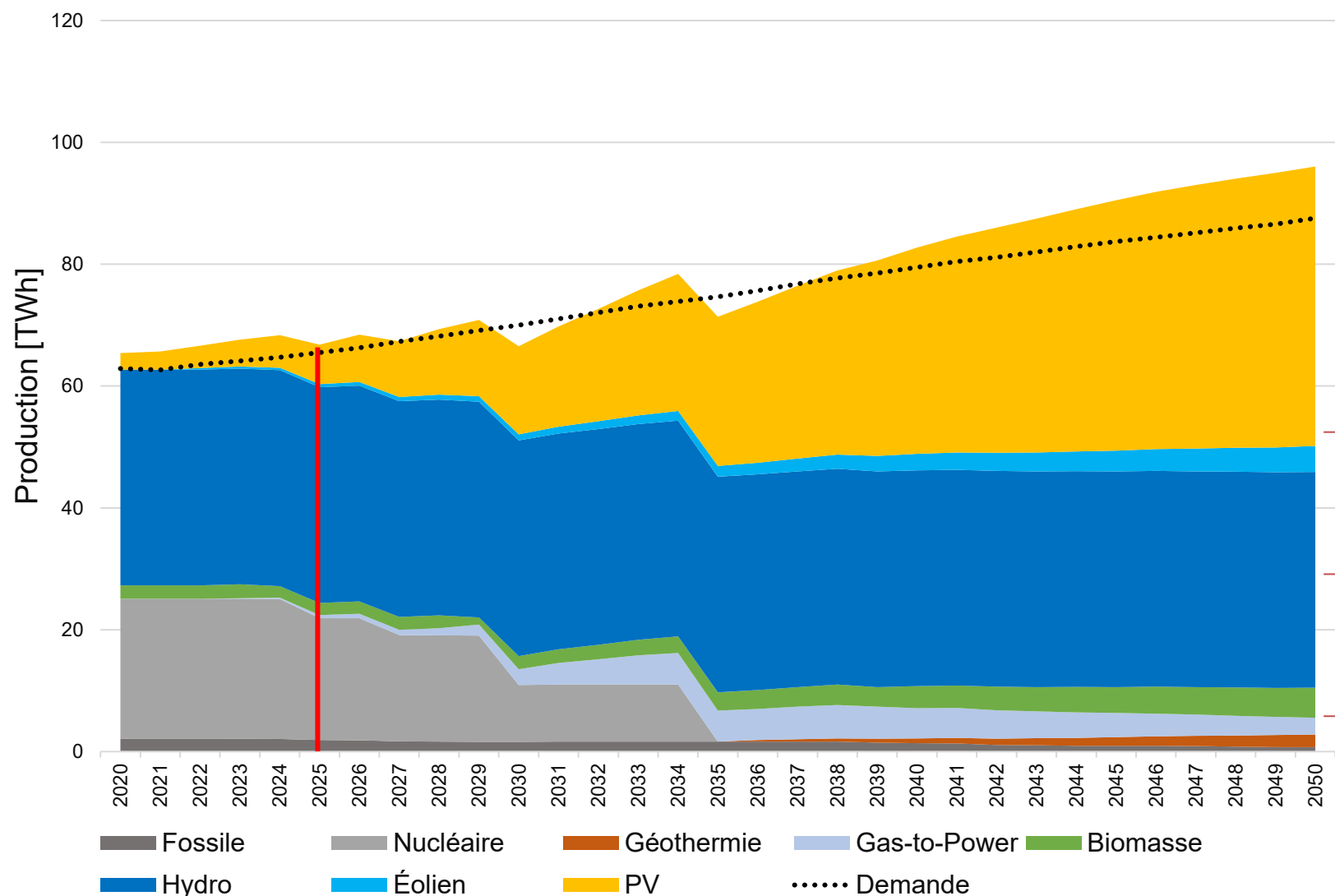
Jean Cattin



Objectif de la présentation

- Comprendre le rôle de la flexibilité solaire dans la transition énergétique
- Introduction au cadre légal et aux différents modèles

Déploiement du PV Helvétique



	Production d'énergie PV	% de la conso. électrique suisse
2024	6 TWh	10.4%
Loi pour l'électricité 2035	~30 TWh	43%
Loi pour l'électricité 2050	~38 TWh	43%
Objectif Swissolar	45 TWh	51%

Ajustement de l'injection – pertinence technique

Dimensionnement du réseau

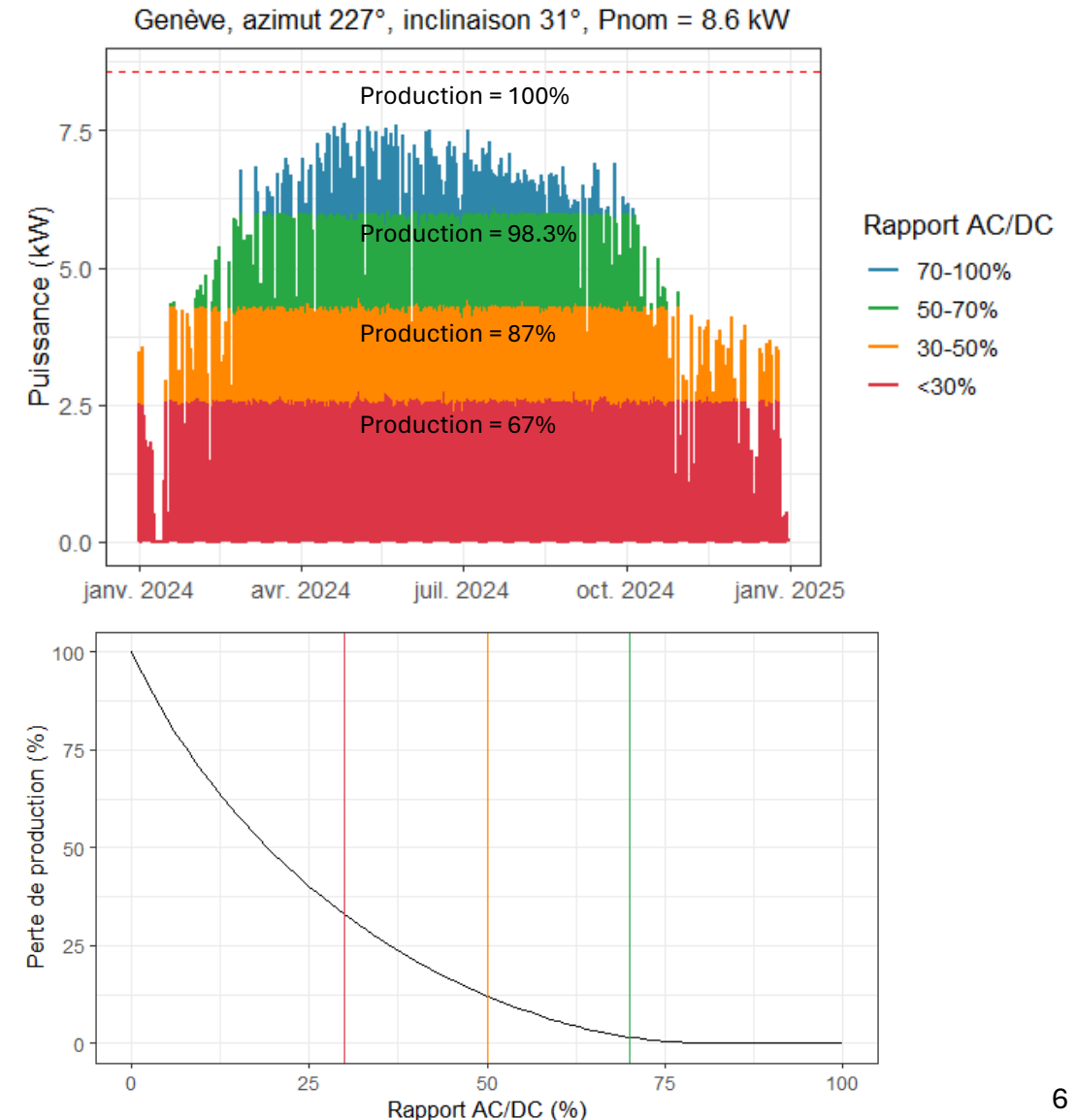
- Réseau dimensionné selon puissance AC déployée (en kVA)
- Frein au déploiement du PV: surcharge locale -> nécessite un renforcement du réseau pour raccorder plus d'onduleurs
- Surcharge globale: énergie excédentaire estivale -> complexité de reprise dans un groupe-bilan

Ajustement de l'injection: une partie de la solution

- Consigne fixe de la puissance d'injection
- Pertes de production très limitée, et durant des périodes de faible valorisation de l'énergie
- Charge sur le réseau significativement plus faible

Exemple: ajustement de l'injection à 70% de P_{DC}

- < 3% de pertes de production
- 30% de charge réseau en moins
- < 0.5 CHF/kW/an de perte de valeur réelle



Ajustement de l'injection – pertinence technique

Valorisation de l'énergie

- Marché spot: faible valeur quand la production est forte
- Régulation de l'injection: principalement durant les heures de forte production
- Valorisation faible des pertes de production
- Le phénomène va s'amplifier dans le futur!

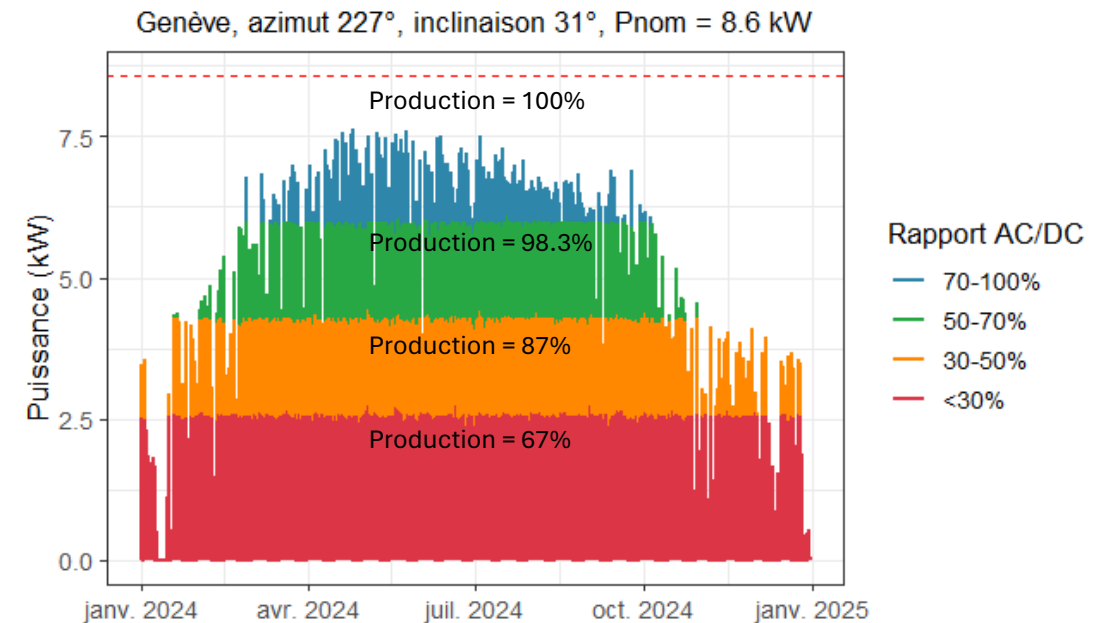
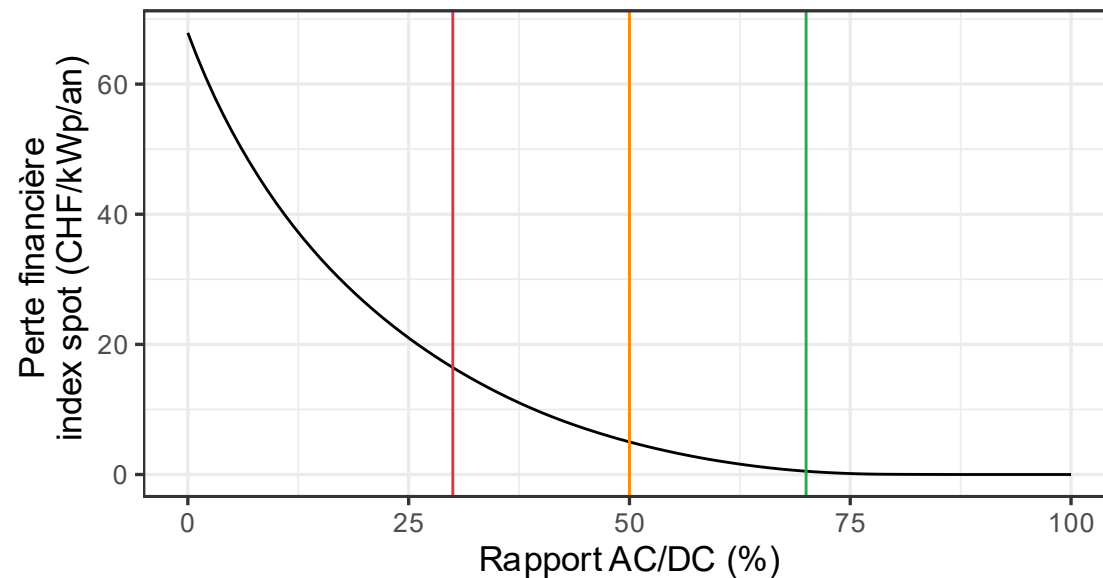


Figure: valeur de l'énergie écrêtée sur le marché spot 2025, pour une installation de référence



Impact sur le dimensionnement du réseau

Plusieurs études chiffrent le coût global du renforcement réseau

- Exemple: étude BKW Power Grid et UniGE: 11 milliards CHF jusqu'en 2050
- Ces études ne prennent pas en compte un usage approprié de la flexibilité à l'injection (décorrélation puissance DC et AC effective) et au soutirage

Selon BKW* et plusieurs autres sources

- La mise en place de la flexibilité permettrait d'atteindre les objectifs avec des renforcement mineurs
- Plusieurs milliards d'économisé

Effets sur l'environnement

- Cette optimisation n'est pas uniquement économique
- Un système plus efficace utilise moins de ressources (notamment cuivre) et de travaux de renforcement.
- -> Amélioration environnementale du mix Suisse

* <https://www.bkw.ch/fr/electricite-dans-lapprovisionnement-de-base-1/reseau-electrique/levolution-du-systeme-energetique-suisse/reseaux-production-consommation>

Cadre légal : Les trois types de flexibilité (dès 2026)

	Flexibilité au service du réseau (OApEI Chap. 3 Art. 19a-b)	Flexibilité garantie (OApEI Chap. 3 Art. 19c)	Flexibilité existante (OApEI Chap. 3 Art. 19d)
Droits du GRD	Utiliser la flexibilité contractuellement	<ul style="list-style-type: none"> • Consentement non nécessaire • max 3% de l'énergie potentiellement produite/an 	Poursuivre l'utilisation existante avant 01.01.2026
Obligations du GRD	<ul style="list-style-type: none"> • Conclure un contrat • Informer 1x/an 	<ul style="list-style-type: none"> • Fixer des règles transparentes afin de rester sous la part max de 3% de l'énergie produite annuellement • Informer 1x/an (raison et ampleur) • L'ajustement à hauteur de 3% doit être pris en compte dans la planification du réseau 	<ul style="list-style-type: none"> • Informer 1x/an • Première information avant le 31.01.2026, (Chap. 5 Art. 31p)
Rétribution	Oui, selon contrat	Non	Selon les conditions en vigueur
Droits du détenteur de flexibilité	Peut refuser ou négocier les conditions du contrat	Ne peut pas refuser	<ul style="list-style-type: none"> • Peut interdire la poursuite de l'utilisation (par écrit) • Notification sous 30 jours après réception d'info, ou 3 mois pour la fin de l'année civile

Ajustement de l'injection - modèles

Mode de limitation	Description
Ajustement de production $P_{\text{lim}} = \text{constant}$	Consigne statique de valeur maximale de la puissance active, en kW ou en fraction de la puissance nominale de l'onduleur
Ajustement d'injection $P_{\text{lim}} = f(P_{\text{inj}})$	Adaptation dynamique de la consigne de bridage via un compteur d'introduction, afin de respecter une valeur maximale d'injection sur le réseau (prenant en compte la consommation propre), donnée en kW ou en fraction de la puissance nominale de l'onduleur.
Ajustement $P(U)$	Consigne de limitation de la puissance active en fonction de la tension mesurée côté AC, selon un ensemble de paramètres imposés par le GRD au moment de la DRT.
Soutien de la tension par réglage $\cos(\varphi)$, $Q(U)$	Ajustement du $\cos(\varphi)$ selon un réglage initial imposé au moment de la DRT, selon une courbe de paramétrage dépendant de la tension AC ($Q(U)$), ou de manière dynamique avec une consigne externe.

Pertinence des modèles

Recommandé Envisageable Non recommandé

	Utilisation garantie en cas de menace pour la sécurité de l'exploitation	Utilisation garantie, ajustement au point de raccordement 3%	Utilisation contractuelle
Ajustement d'injection >70% fixe	Pas adapté	Simple et efficace	Pas nécessaire
Ajustement d'injection <70% fixe	Pas adapté	Envisageable pour certaines catégories d'installation (est-ouest, ombrages, ...)	Peut être intéressant sur le modèle Elektra
Ajustement d'injection avec pilotage centralisé	Contrôle à 4 niveaux par ports numériques via compteur de production (>30 kVA)	Nécessite une quantification de l'énergie écrêtée	Ratio bénéfice sur investissement peu intéressant
P(U)	Si premier seuil de tension est supérieur à 1.1	Nécessite une quantification de l'énergie écrêtée	Difficile à valoriser
Q(U)	Aide au maintien de la tension	Pas nécessaire	Pas nécessaire



Conclusion

La **flexibilité garantie** et la **flexibilité au service du réseau** sont pertinentes et nécessaires pour atteindre les objectifs politiques et avoir un système efficient.

La **régulation dynamique** requiert un compteur de production dédié à l'onduleur, ou un pilotage intelligent via un EMS.

Les **pertes d'énergie** peuvent rester limitées, et uniquement durant des périodes à faible valorisation commerciale.

La **flexibilité de consommation** est encouragée par ce système (valorisation des pertes)



Merci pour votre attention

Jean Cattin – Lionel Bloch

www.planair.ch

Neuchâtel Fribourg Genève Jura Valais Vaud



Session 4: La flexibilité, à quoi ça sert et comment ça marche?

Modérateur: Yannick Liniger

Flexibilité garantie concernant les installations photovoltaïques, règle des 70% - Flexibilité au service du réseau



Antony Pinto

Responsable Exploitation Smart
Grid
Groupe E



Experts
en solutions
énergétiques
globales



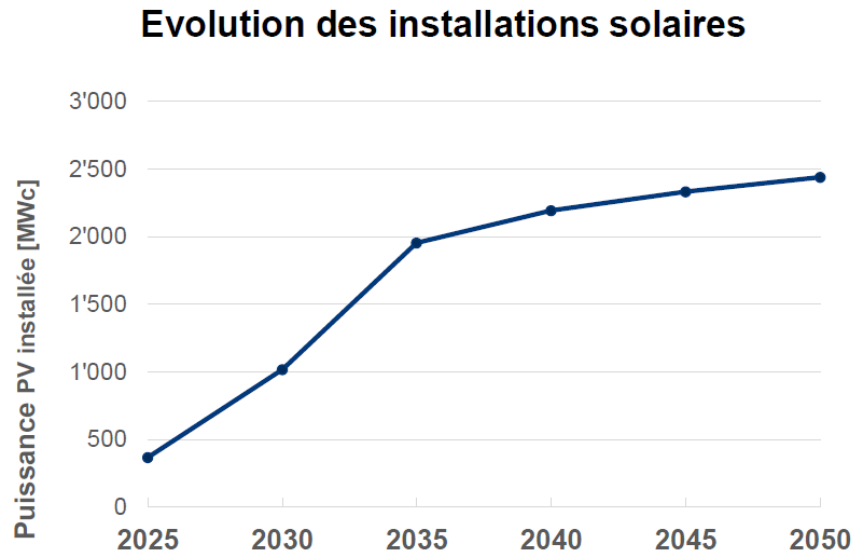
Dispositions particulières et stratégie de flexibilité PV chez Groupe E

Solar Update romand 2025

25 Novembre 2025

Antony Pinto – Responsable Exploitation Smart Grid

Enjeux de la transition énergétique



Projection 2040: Scénario solaire



- › Besoin d'électrification + énergies renouvelables intermittentes → Impacts sur des surcoûts financiers pour l'adaptation du réseau électrique
- › Renforcer le réseau électrique pour que toute la puissance photovoltaïque puisse être injectée dans le réseau est un non-sens économique.
- › Le fait de piloter l'injection PV permet d'avoir une influence très forte en retardant certains renforcements et désinvestissements pour le réseau électrique

Différents types de flexibilités

art. 17b-c LApE et art. 19a-d OApEI



- › Utilisation garantie de la **flexibilité en cas d'état du réseau dégradé ou perturbé**
 - › Activation obligatoire par le GRD
 - › Sans rétribution
 - › Utilisée pour rétablir la sécurité du réseau



- › Utilisation garantie de la **flexibilité pour assurer l'efficacité du réseau**
 - › Le GRD peut ajuster l'injection jusqu'à 3 % de la production annuelle
 - › Sans rétribution, mais avec limite réglementaire
 - › Permet d'éviter ou de retarder les renforcements du réseau



- › **Flexibilités accordées par contrat** avec rétribution
 - › Basée sur un contrat volontaire
 - › Avec rétribution
 - › Conditions fixées entre le producteur et le GRD

Ajustement de l'injection des installations PV

- › Recommandation de la branche AIR-CH2025 suivie par Groupe E:
 - Exigence dès 01.01.2026: **ajustement fixe de l'injection à 70% de la P_{DC}** pour les nouvelles installations PV > 0,8kW.
 - **Pilotage par relais** ou protocole pour garantir la sécurité du réseau et uniquement activée en cas de situation d'urgence pour le réseau électrique
- › Le dimensionnement du réseau dépend des puissances maximales au point de fourniture, l'ajustement du GRD portant sur l'injection tout en **laissant l'autoconsommation libre et possible.**



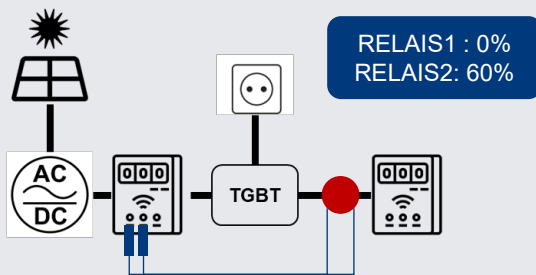
Flexibilité PV chez Groupe E

Pour toutes les installations PV (dès 800VA)

- › Ajustement de l'injection à P_{DC} 70% (recommandation de la branche)

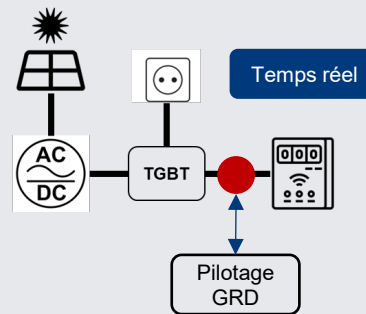
30kVA-500kVA

- › Pilotage de l'injection avec les **deux relais** du smart meter dédiés



>500kVA

- › Pilotage de l'injection par **protocole**



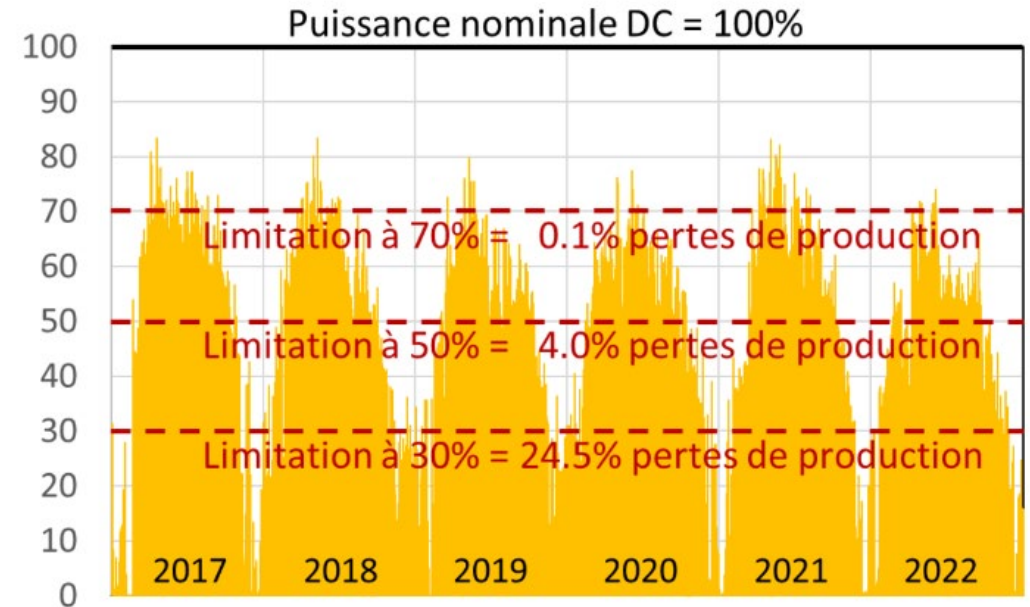
Fonctionnement normal
du réseau

Situation critique du
réseau

Panne générale

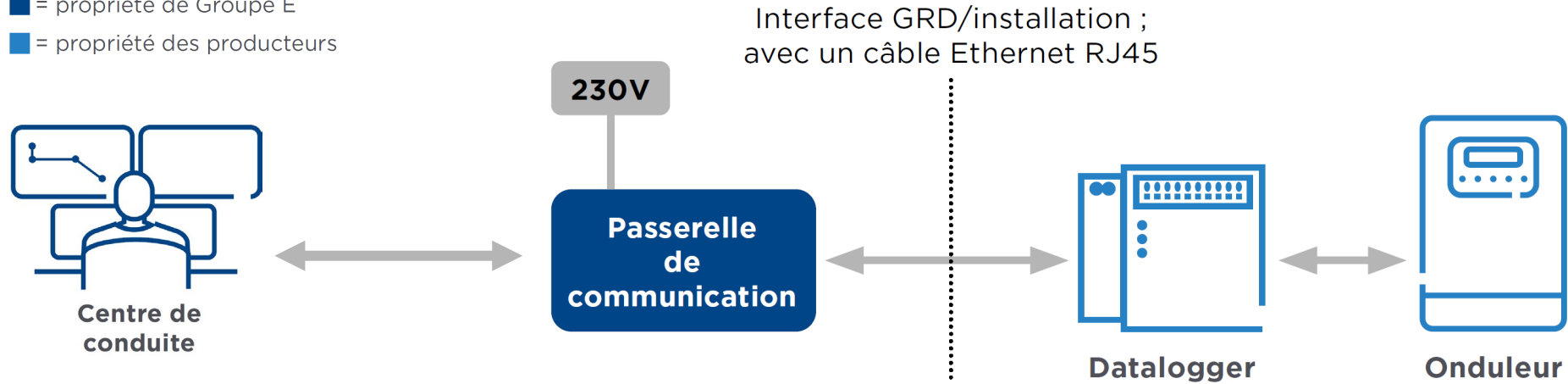
Ajustement de l'injection à P_{DC} 70%

- › **Flexibilité pour assurer l'efficacité du réseau**
- › Le 70% P_{DC} est issue d'une analyse statistique massive des profils de production PV qui a permis d'établir qu'avec ce seuil les installations subissent moins de 3 % de perte de production annuel.
- › L'analyse montre que la production réelle AC plafonne typiquement à 80–85 % de P_{DC} , même par beau temps.
- › But du document est d'avoir une harmonisation suisse avec une valeur unique simple à appliquer par tous les GRD.



Pilotage >500kVA

- = propriété de Groupe E
- = propriété des producteurs



- › **Flexibilité en cas d'état du réseau dégradé ou perturbé**
- › Les spécifications techniques de l'interface sont disponibles dans les dispositions particulières ou sur demande.
- › Groupe E peut piloter à distance la puissance réactive dans une plage où le $\cos(\varphi)$ est compris entre 0,9 et 1,0 (exigence réglementaire imposée à la production décentralisée).
- › Le pilotage de la puissance active n'est effectué qu'en cas de menace pour le réseau électrique et/ou dans le cadre d'un contrat spécifique permettant l'accès à la flexibilité.



Pilotage 30-500kVA



Smart meter dédié aux installations >30kVA



Flexibilité en cas d'état du réseau dégradé ou perturbé

Client



Relais 2 – 60%

Relais 1 – 0%

Installation d'injection



- Indication dans les PDIE de l'obligation de raccordement pour toutes nouvelles installations 30-500kVA dès le 01.06.2025
- Seuil de raccordement :
 - Relais 1: 0%
 - Relais 2: 60%
- L'exigence de pilotage porte sur l'énergie injectée sur le réseau de distribution au niveau du point de fourniture.



Configuration et paramétrage des relais par annonce sur IAT dans Elektroform

Equipement de mesure

Liste de l'équipement de mesure Oui ☒

Place de mesure contenant de l'amiante ☐ non ☐ oui

Client ou utilisateur et adresse de facturation	Etage / Point de consomm. selon GRD	Numéro du local	Numéro EWID	Tarif GRD	Cout. : sect.	Fusible [A]	Numéro du compteur GRD	Emplacement de montage	Mem. RCP	Mem. MPE	Nbre de cond. de phases (1-3)	nouveau	existant	rempl.	démont.	déplace.	Pas de consuit.	Modif. relai
Max Muster					<input type="checkbox"/>		12345		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pilotage 30-500kVA

Recommandation pour la configuration des onduleurs

Pilotage relais



- › Tirage des fils pilotes déjà une habitude
- › Configuration hardware à faire



Ajustement P_{DC} 70%



- › Attention l'onduleur ne travaille que avec des valeurs en AC
- › Paramétrage software à faire



Pilotage Relais + Ajustement P_{DC} 70%



- › Effort sur la configuration à faire
- › Attention à configurer les deux réglages afin qu'ils fonctionnent ensembles

Exemple de configuration du pilotage relais + P_{DC} 70% (⚠ $P_{DC} = P_{AC}$)

Table de pilotage de l'onduleur

validé	Échantillon d'entrée								Puissance effective
	1	2	3	4	5	6	7	8	
✓	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	✓ 60 %
✓	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	✓ 0 %
✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	✓ 70 %



groupe 

ENSEMBLE POUR L'ÉNERGIE DE DEMAIN

Session 4: La flexibilité, à quoi ça sert et comment ça marche?

Modérateur: Yannick Liniger

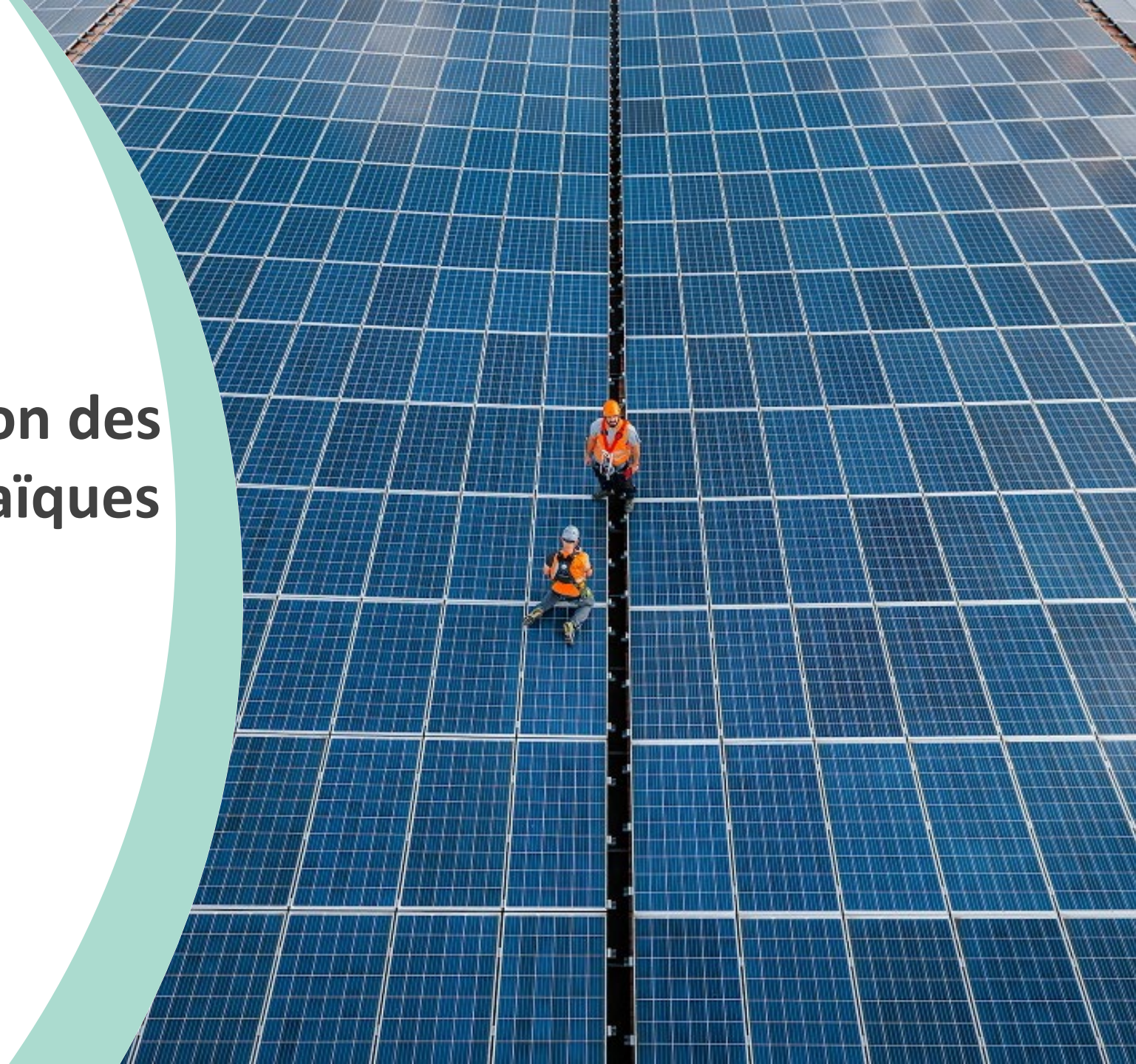
Ajustement de l'injection des installations photovoltaïques



Benjamin Beaud
Ingénieur et spécialiste
photovoltaïque
Romande Energie Services SA

Ajustement de l'injection des installations photovoltaïques

Romande Energie Service SA
Grand photovoltaïque



Ajustement de l'injection

Quand et comment l'appliquer ?

Si le GRD impose un ajustement ou un renforcement à la suite de la DRT.

Evaluer les différentes options en fonction des coûts, de la consommation du site, des modifications réseaux à moyen terme.

Ajustement statique, dynamique standard, dynamique Fallback.



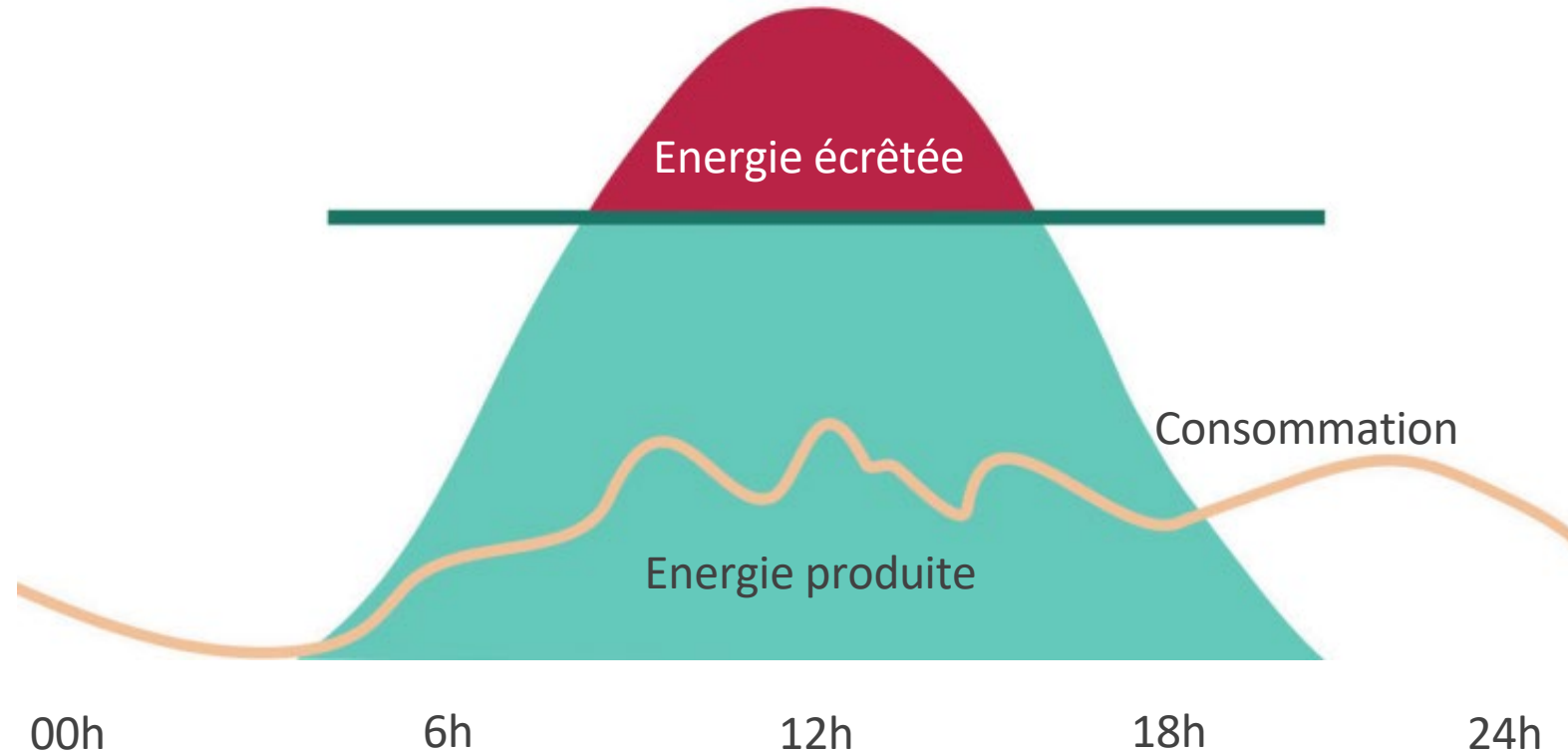
Ajustement statique

Fonctionnement

Programmation directement dans l'onduleur

Besoin d'aucun autre équipement

Pas de raccordement en réseau



Ajustement statique



Avantages

Eviter un renforcement
réseau

Simple à mettre en place

Le plus fiable

Inconvénients

Aucune flexibilité

Production réduite

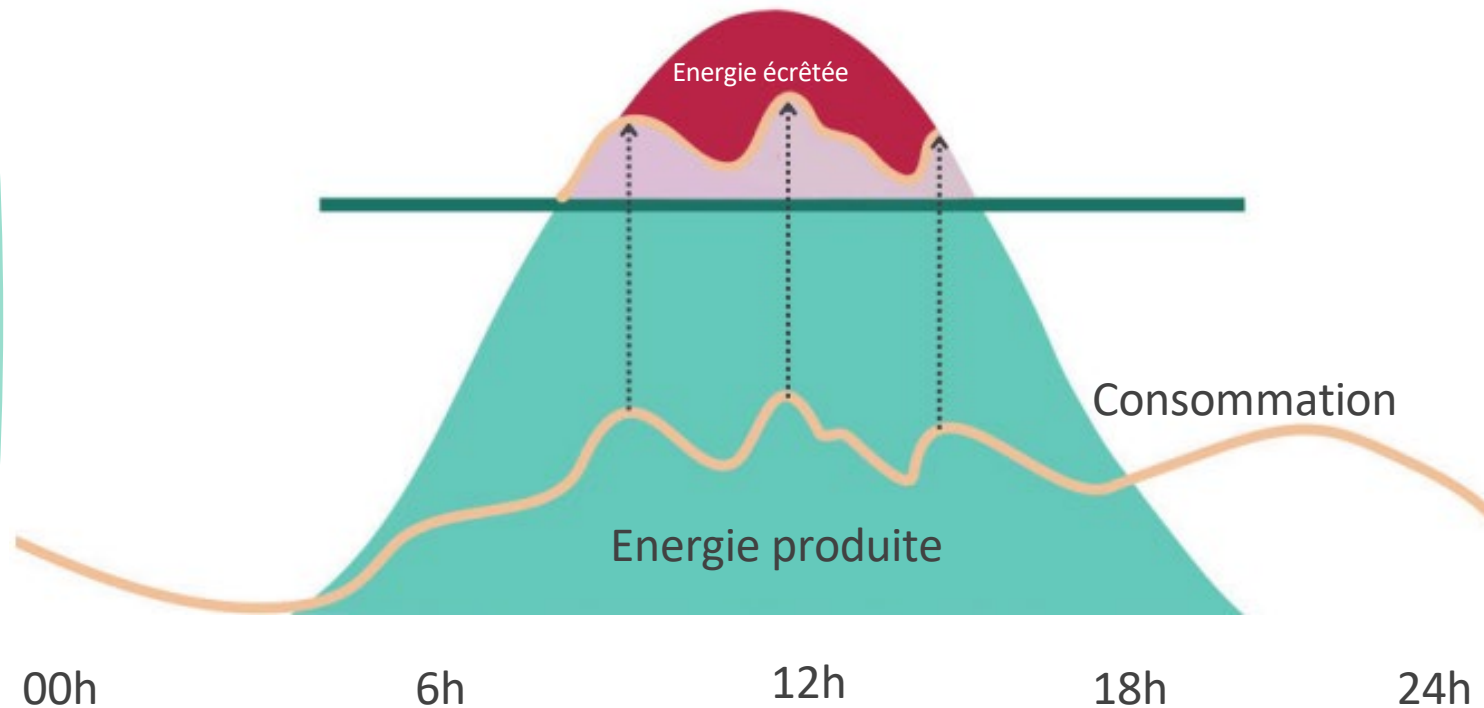
Ajustement statique

Exemple

- Site industriel, réseau RE SA.
- Puissance installée 1155 kWc, 863 kVA.
- Limite d'injection 630 kVA
- Ajustement à 70%
- Production annuelle prévu 1232 MWh
- Avec ajustement 1172 MWh (-60 MWh)



Ajustement dynamique



Fonctionnement

Programmation à l'aide d'un Energy Manager

Mesure du flux à l'introduction (compteur d'énergie)

Liaison en réseau entre les onduleurs et l'énerg manager (RS485, LAN, Wifi, FO)

Ajustement dynamique



Avantages

Eviter un renforcement réseau

Optimisation de la production

Monitoring à distance

Inconvénients

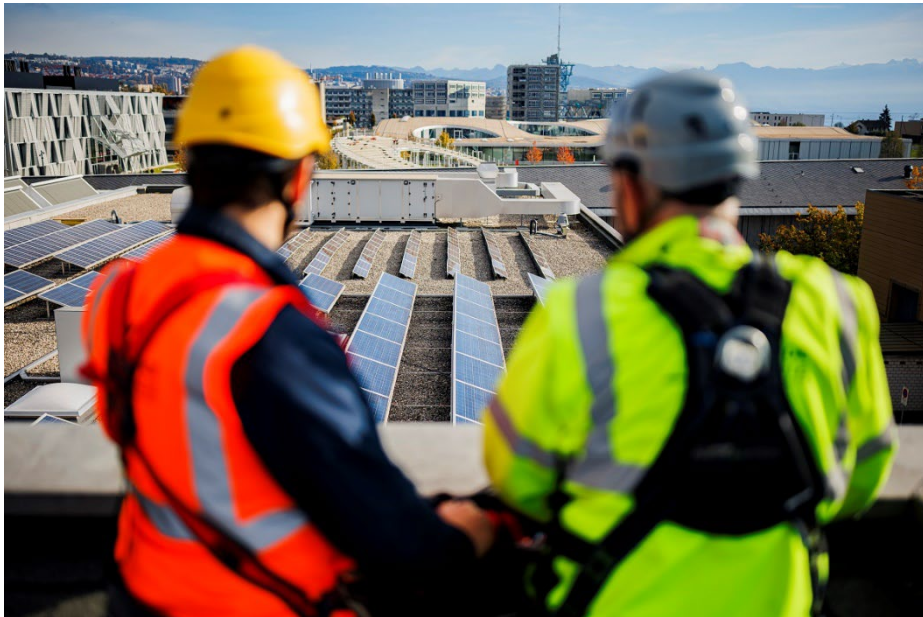
Plus complexe à mettre en place

Besoin d'appareils supplémentaire

Risque de dysfonctionnement

Ajustement dynamique

A quoi faire attention



Nouvelle installation ou extension ?

Communication entre les composants ?

Utilisation d'un Energy Manager ou non ?

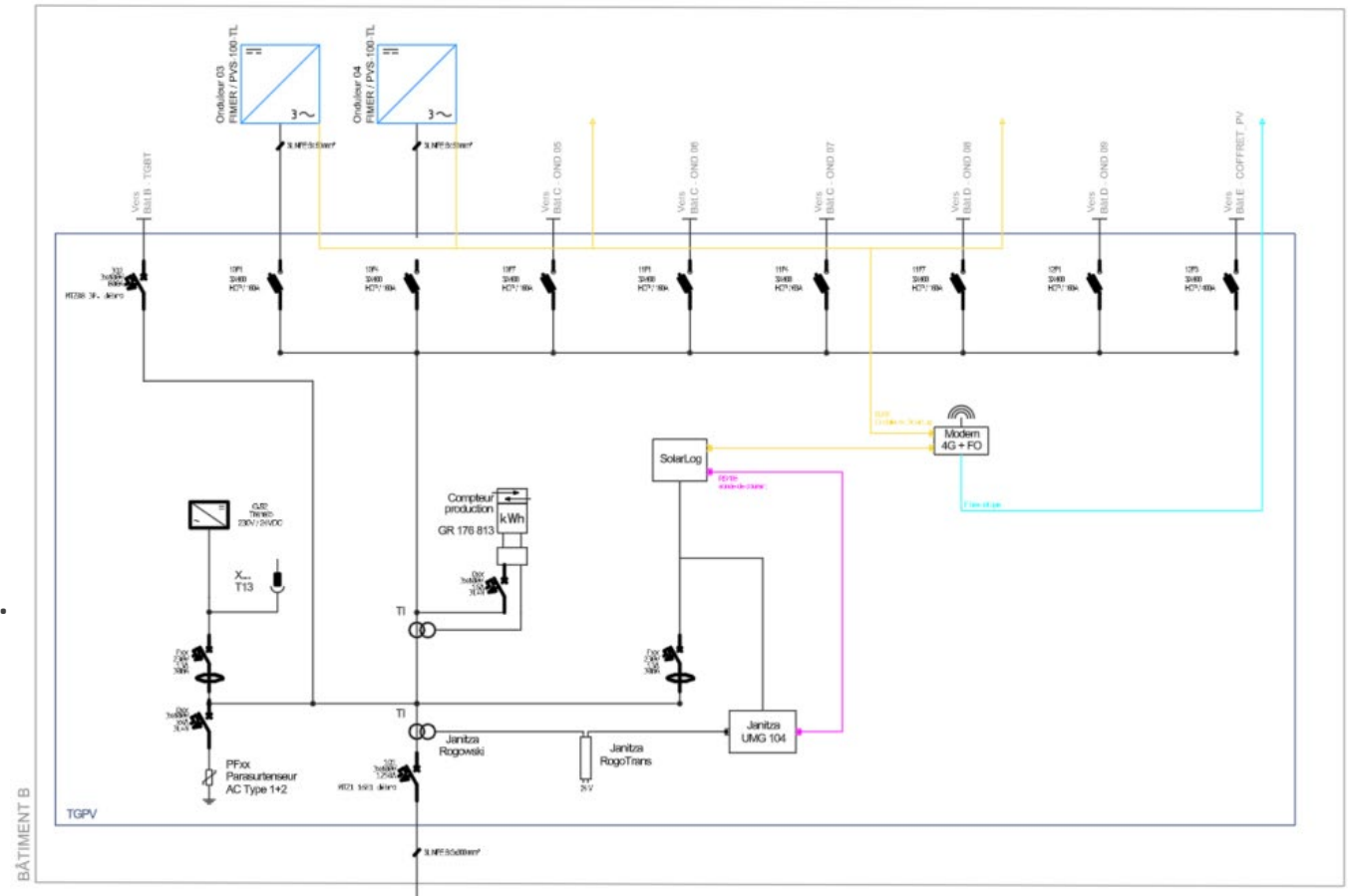
Que faire en cas de défaillance ?

Surcoût entre 5'000 et 15'000 CHF

Ajustement dynamique

Exemple

- Bâtiment industriel, réseau RE SA.
- Puissance installée 1155 kWc, 863 kVA.
- Limite d'injection 630 kVA.
- Ajustement dynamique à 630 kVA d'injection.
- Production annuelle 1191 MWh (+18 MWh)



Conclusion

Les ajustements sont là pour éviter un renforcement couteux.

Les ajustements statiques sont les plus simples et les moins couteuses à mettre en place.

Si la consommation le permet, les ajustements dynamiques sont de bonnes options.

Merci de votre attention



Romande Energie Services SA

Benjamin Beaud

Spécialiste photovoltaïque

Benjamin.beaud@romande-energie.ch

+41 79 618 92 75

Pause café jusqu'à
15h45

Merci à nos généreux sponsors &
exposants !

SOLARMARKT
Compétence et composants.



Climkit

ELEKTRON



SiL

Service Onduleur
Votre système, notre soin!

www.servicoonduleur.fr

ElektroForm solar

