

Conférence du Comité National Français
Table Ronde sur le Thème:
**Résilience, durabilité environnementale et ressources d'un système électrique adapté
aux transitions énergétique et numérique**

Modérateur: Yannick Rest (GIMELEC)

Rodolphe de Beaufort (GIMELEC)

Solène Laurent (GE Vernova)

Emeline Cauras (RTE)

François Trichon (Schneider Electric)

Marcela Mantilla (CIGRE SC C3)



cigre

For power system expertise

Bâtiment Gaston Berger - INSA Lyon
16 octobre 2025

Intervenants :



Rodolphe de Beaufort
(GIMELEC)

Délégué Général Adjoint



Solène Laurent
(GE Vernova)

Cheffe de Groupe R&D
Ecodesign – Power Transmission



Emeline Cauras
(RTE)

Responsable Pôle Achats
Auvergne Rhône Alpes



François Trichon (Schneider
Electric)

Standardisation leader sur les
normes d'appareillage haute
tension, les fluides isolants et la
maintenance prévisionnelle



Marcela Mantilla
(RTE)

Conseillère en durabilité et
affaires industrielles
européennes

Modérateur :



Yannick Rest
(GIMELEC)

Directeur Marketing Technique

Conférence du Comité National Français

Résilience : facteurs géopolitiques et technologiques

Rodolphe de BEAUFORT



cigre

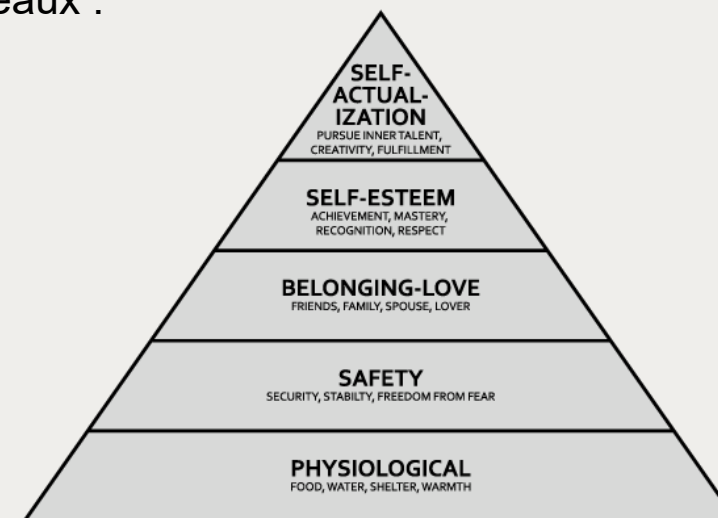
For power system expertise

Bâtiment Gaston Berger - INSA Lyon
16 octobre 2025

Resilience des Réseaux Électriques : pourquoi ?

La disponibilité des Réseaux Electriques est essentielle : la résilience face aux risques en est la base

- ☐ Les réseaux électriques sont systémiques pour tous les autres réseaux :
 - ☐ Relais Télécoms
 - ☐ Chaudières et réseaux de Gaz
 - ☐ Distribution d'Eau
 - ☐ Pompes à carburant
 - ☐ Systèmes de paiement et distribution de billets
 - ☐ ...
- ☐ La résilience des Réseaux Electriques doit se penser face :
 - ☐ Au vieillissement des infrastructures
 - ☐ Au changement climatique (tempêtes, chaleurs...)
 - ☐ A la solidité des chaines d'approvisionnement
 - ☐ Antitipation des besoins du reseau de demain
 - ☐ A l'intégration des des nouveaux usages de l'électricité (data centers, IRVE, ENR...)



Mais de nouveaux risques apparaissent, liés à l'évolution technologique et au contexte géopolitique

De nouveaux risques à prendre en compte

Contexte géopolitique

« Il est indispensable **que la Nation tout entière se mobilise** [d'ici 2030]... cela passera par **un renforcement de la résilience de la France** »

« Les réseaux vitaux pour la Nation doivent fonctionner en permanence, s'il le faut en mode dégradé et pour les usages prioritaires. Il s'agit ainsi d'assurer **la disponibilité, sans aucune discontinuité**, des réseaux de télécommunication civils (...), des **réseaux de distribution d'énergie** et d'eau potable»

« Il s'agit ensuite de **sanctuariser les approvisionnements critiques.** »

Source : Revue Nationale Stratégique 2025 du Secrétariat Général de la Défense et de la Sécurité Nationale

<https://www.sgdsn.gouv.fr/publications/revue-nationale-strategique-2025>



De nouveaux risques à prendre en compte

Enjeux Technologiques

- ❑ Attaques physiques des infrastructures de réseaux :
 - ❑ En Ukraine, les **Postes Electriques**, en particulier les GIS sont des cibles de choix pour **les drones militaires** pour interrompre l'accès électrique à une région,
 - ❑ En France, Nice 2025 : **incendie volontaire** d'un **transformateur électrique** : 45.000 personnes affectées
 - ❑ En France, Cannes 2025 : trois des quatre piliers d'un **pylône de la ligne à haute tension** alimentant la ville **ont été sciés** : 160 000 personnes affectées
- ❑ Attaques cyber d'infrastructures énergétiques :
 - ❑ **Ukraine 2024** : Le CERT ukrainien (CERT-UA) a décrit une cyber attaque qui a ciblé en mars 2024 une vingtaine d'entreprises des secteurs de l'énergie ([source](#))
 - ❑ **États-Unis – 2021** : Une attaque par ransomware a visé Colonial Pipeline, provoquant des pénuries de carburant



Cas d'étude : surface d'attaque des onduleurs PV

- ❑ Une étude de [Solar Power Europe](#) qualifie le risque lié aux onduleurs comme un **risque systémique pour la stabilité du réseau**, résultant de leur connectivité croissante, de leur dépendance logicielle et de leur exposition aux cyberattaques
- ❑ Alors que plus de **200GW de PV sont raccordés en UE avec des onduleurs asiatiques** (+80% de part de marché), une étude de DNV confirme qu'une compromission de seulement **3GW suffirait à provoquer un black-out global**.
- ❑ Les risques sur les onduleurs sont représentatifs de ceux généralement constatés pour les appareils technologiques distribués (batteries, véhicules électriques, électrolyseurs...)



Connectivité des Onduleurs

- ❑ Les onduleurs sont souvent **connectés à internet et au Cloud du constructeur** pour supervision et mise à jour : ils sont donc pilotables à distance par des entités tierces des opérateurs français.
- ❑ L'Estonie a passé une loi visant à **interdire ces connexions**, le European Solar Manufacturing Council réclame des mesures en Europe.

Faibles cyber logicielles et matérielles

- ❑ Les logiciels embarqués et leur mise à jour impliquent des risques de « **back-door** ».
- ❑ [Reuters](#) rapporte la **découverte de modules de communication non documentés** dans certains onduleurs et batteries chinois, d'après des fuites au sein du ministère américain.
- ❑ Le sujet n'est pas encore documenté en Europe publiquement.

Conclusion / Messages clés

- ❑ La sécurité et la résilience des réseaux électriques et plus largement du système électrique est un enjeu de souveraineté.
- ❑ Les investissements cyber et de résilience physiques sont encore trop restreints, en particulier hors du scope régulé des Opérateurs Réseaux
- ❑ Les réglementations cyber génériques (NIS2, CRA) amélioreront le niveau moyen des produits européens mais n'apporteront pas forcément de garanties (audits logiciels et matériels tiers) pour des matériels critiques et/ou conçus et fabriqués hors UE.
- ❑ Une maîtrise du design et de l'approvisionnement et de la maintenance digitale des composants clés du système électrique est cruciale à partir du moment où leur diffusion devient généralisée (HVDC, transformateurs, automates, onduleurs, SCADA, véhicules électriques V1G/V2G, électrolyseurs...)



Conférence du Comité National Français

Réduire l'empreinte environnementale du matériel via l'ACV et l'éco-conception

Solène Laurent – GE VERNOVA



cigre

For power system expertise

Bâtiment Gaston Berger - INSA Lyon
16 octobre 2025

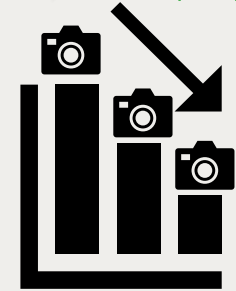
Empreinte environnementale, ACV, Eco-conception : de quoi parle-t-on?



ACV



Eco-conception



➤ Mesurer l'empreinte environnementale

- ACV = Analyse de Cycle de Vie
- Multi-étapes & Multi-indicateurs (anticiper les transferts de pollution)
- Normalisée (ISO)
- Méthodes de calculs scientifiques

MAIS

- Plusieurs sources : bases de données & facteurs d'émissions
- Plusieurs référentiels sectoriels & communications

➤ Minimiser et réduire l'empreinte environnementale

- Démarche d'amélioration continue
- Processus itératif
- Multi-critères
- Approche collaborative

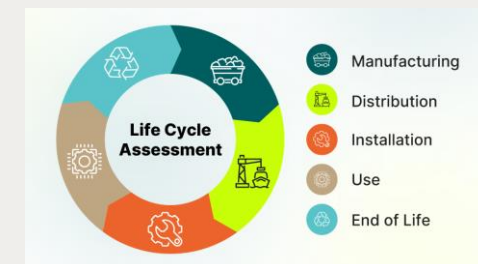


Illustration du Cycle de Vie – source GE VERNOVA

L'ACV et l'éco-conception au sein de GE VERNOVA



➤ Les appareils « Power Transmission »

- Des produits complexes et variés

PORTFOLIO



Postes blindés (GIS)



Lignes isolées au gaz (GIL)



Disjoncteurs Dead Tank



Disjoncteurs Live Tank



Disjoncteurs de générateur (GCB)



Appareils compacts hybrides



Sectionneurs



Réducteurs de mesure (HT)



Transformateurs, résistances à huile



Traversées pour transformateur



Condensateurs, réactances et filtres



Régulateurs de tension



Circuits bouchon



Réducteurs de mesure BT et MT



Maintenance, réparation et modernisation

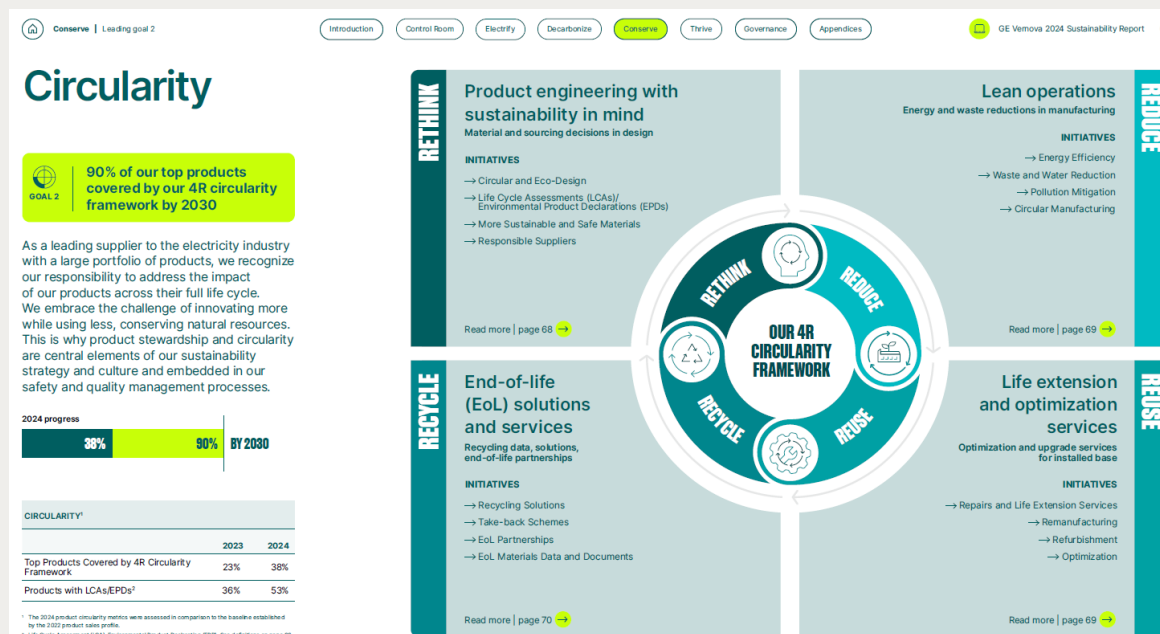


Support 24/7 & contrat de services

➤ 4R circularity framework

L'ACV et l'éco-conception comme point de départ pour :

- repenser les produits
- contribuer à l'atteinte des objectifs de circularité



Extrait du rapport "Sustainability Report 2024", p.65,
<https://www.governova.com/sustainability/control-room>

Un exemple d'éco-conception : les disjoncteurs SF₆ free

COMPARISON BETWEEN

SF₆ 145 kV 40 kA GIS



g³ 145 kV 40 kA GIS



- 1,000+ parts modeled
- ENTSO-E mix grid considered
- Focus on climate change impact

CIGRE 2023 - Paper #129: Investigating Contribution Pathways
Towards Global Net-Zero using Life Cycle Assessment



Hotspot identification



1. Gas (SF₆)

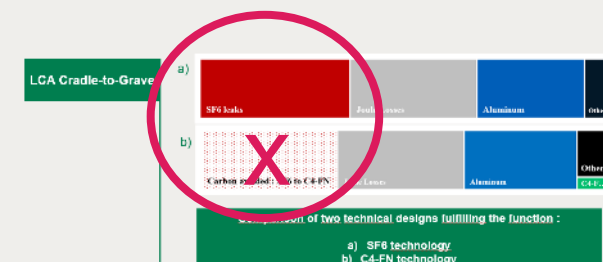
2. Aluminum

Ecodesign levers definition

1. Gas change

2. Alternative material

Action



1. Move from SF₆ to SF₆-free technology

2. Introduce low-carbon material

Conférence du Comité National Français

Achats responsables et résilients : intégrer la durabilité dans les chaînes d'approvisionnement

Emeline CAURAS



cigre

For power system expertise

Bâtiment Gaston Berger - INSA Lyon

16 octobre 2025

La nouvelle politique achats RTE doit permettre de répondre aux différents volets stratégiques du SDDR

➤ Une nouvelle politique achats signée en 2024

Des achats performants et décarbonés au service de la souveraineté industrielle

Pour sortir des énergies fossiles et réindustrialiser le pays, RTE doit tripler ses investissements en 5 ans.
La Direction Achats rend possible ce changement d'échelle en garantissant la compétitivité, la durabilité et la maîtrise stratégique et industrielle de nos achats.

Les fondamentaux pour conduire nos activités

- Respecter une déontologie exemplaire
- Mettre systématiquement en concurrence à partir d'une prescription standardisée
- Elaborer et piloter des marchés pour maximiser la performance globale dans la durée
- Faire émerger et sélectionner des offres compétitives dans une vision « coût complet »
- Systématiser l'intégration de critères RSE dans les consultations
- Maintenir une vigilance permanente sur les conditions de travail et de sécurité

Mobiliser l'écosystème fournisseurs autour du défi des investissements

- Sécuriser les approvisionnements en s'assurant de la disponibilité de l'offre fournisseur par des marchés adaptés aux évolutions du monde industriel
- Faire de nos fournisseurs les partenaires de nos trajectoires d'investissements en leur donnant de la visibilité, au travers de contrats longs et d'engagements réhaussés
- Calibrer et dérisquer la logistique industrielle associée à nos activités au regard des enjeux de développement et de résilience du réseau

Contribuer activement à la souveraineté industrielle

- Renforcer la résilience de la chaîne de valeur en France et en Europe, en réduisant les dépendances stratégiques
- Ancrer une dynamique d'engagements réciproques permettant le développement de capacités de production de proximité
- Participer activement au renforcement de la filière des réseaux électriques français

Être leader en matière d'achats responsables pour contribuer à une société bas carbone

- Réduire durablement l'empreinte carbone de nos achats et engager avec nous l'ensemble de notre chaîne de valeur
- Contribuer à la structuration d'une filière de transformation et valorisation des déchets en lien avec nos activités
- Poursuivre la réalisation d'achats concourant à la vitalité des territoires (TPE, PME...) et inclusifs (STPA, insertion...)

Politique Achats et Logistique

Xavier PIECHACZYK
Président du Directoire

Thérèse BOUSSARD
Directrice Générale du Pôle Gestion de l'Infrastructure

Clotilde LEVILLAIN
Directrice Générale du Pôle Clients, Conception et Opération des Systèmes

Sophie MOREAU-FOLLENFANT
Directrice Générale du Pôle Transformation, Environnement, Salariés

Thomas VEYRENC
Directeur Général du Pôle Economie, Stratégie et Finances

➤ Empreinte carbone :
consommation de
ressources minérales
X 3 à 5

➤ Passage à l'échelle

➤ Stratégie de la chaîne
d'approvisionnement

➤ Acceptabilité des projets
➤ Vitalité des territoires

Un exemple : le recyclage de l'aluminium des câbles aériens déposés du réseau RTE



➤ Une expérimentation concluante avec un câblier

07/11/2023

NATIONAL ENTREPRISE RESPONSABLE

👍 0 🗨️ 0 🔄 2

Câbles aériens en aluminium recyclé : une première pose sur le réseau

Cet été, RTE a pour la première fois expérimenté la pose de câbles électriques aériens composés d'un alliage d'aluminium (almélec) en partie réalisé à partir de matière recyclée. Ces câbles ont été installés dans le département de Maine-et-Loire, sur la ligne 225 kV Cholet-Distré ainsi que sur la ligne à 90 kV Egletons-Naves-Eyrein, dans le département de la Corrèze. Ils ont été fabriqués en utilisant une part de matière issue d'un câble usagé, retiré du réseau RTE en vallée de la Maurienne.



- Sécurité d'approvisionnement
- Intérêt économique
- Meilleure empreinte environnementale
- Gain CO2 (scope 3) : rapport de 1 à 15 (impact carbone aluminium recyclé en France vs aluminium primaire hors France)
- Pas de sous-cyclage de notre aluminium en surplus
- Meilleure traçabilité de la matière



Jusqu'à 30 % d'aluminium recyclé dans les nouveaux câbles (faisabilité technique confirmée sur certaines technologies, passage à l'échelle qui dépend de l'engagement des fournisseurs)



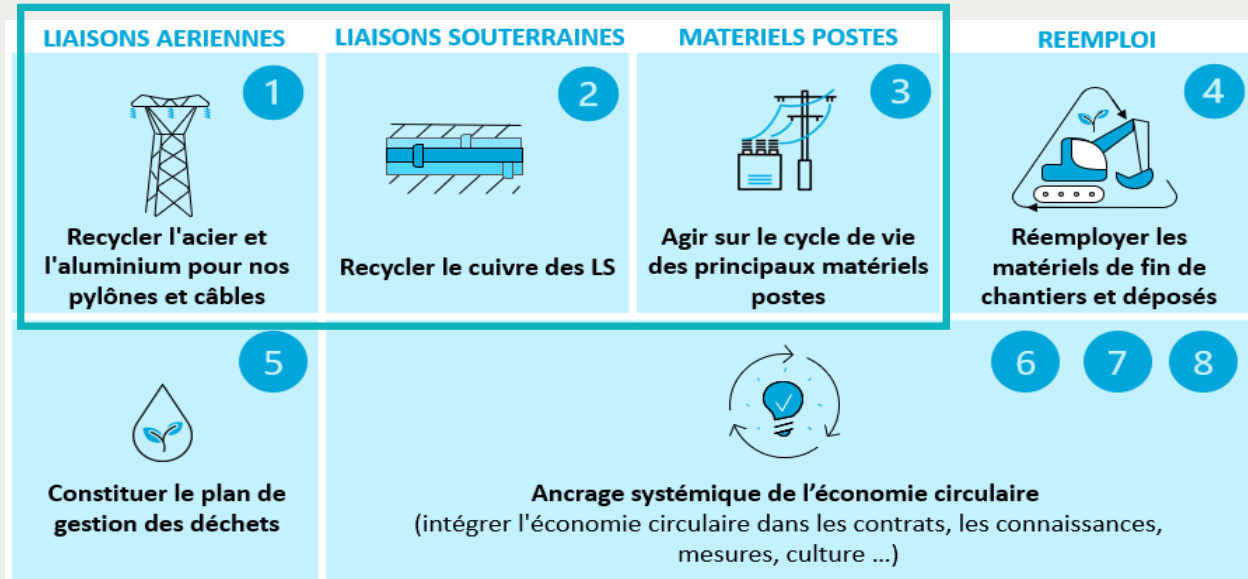
17 000 tonnes d'ici 2030

RTE mobilise d'autres câblers en vue d'un passage à l'échelle

Cible : 30% d'aluminium recyclé dans les nouveaux câbles d'ici 2040

L'enjeu : industrialiser la démarche et rendre plus durable la chaîne d'approvisionnements de RTE

➤ Mettre en mouvement tous les acteurs de la chaîne de valeur Achats



Plan d'actions économie circulaire
RTE

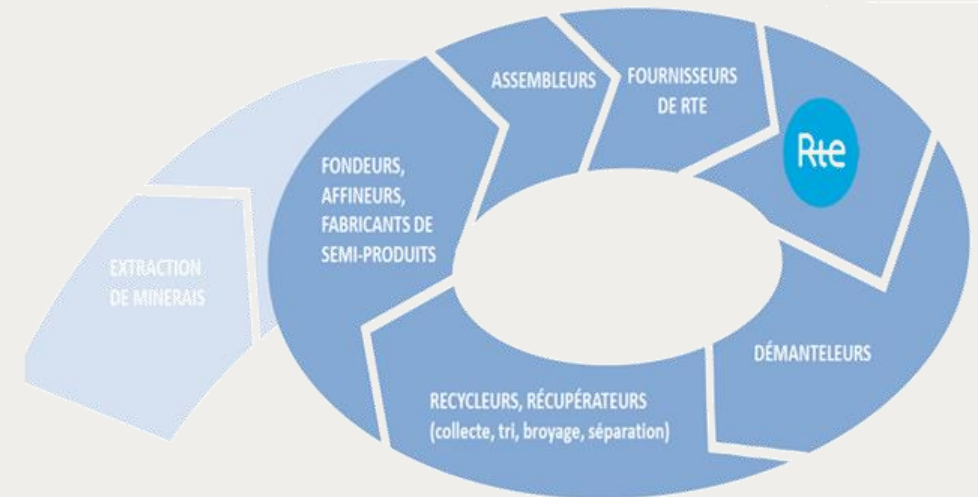


6 expérimentations en cours ou à venir sur le recyclage de l'aluminium, du cuivre et de l'acier (en boucle ouverte et/ ou fermée)



Perspectives 2030

- Cuivre (câbles aériens, souterrains, transformateurs de puissance)
- Acier des pylônes



Conférence du Comité National Français

La résilience vue par les organisations normatives internationales IEC et IEEE

François Trichon

Bâtiment Gaston Berger - INSA Lyon
16 octobre 2025



cigre

For power system expertise

Life Is On

Schneider
Electric

Enjeux climatiques et vulnérabilités



SEG 13 report



IEEE PES TR123

- **définition : Fiabilité versus Résilience**
- **Intensification des événements extrêmes : canicules, inondations, tempêtes, incendies, séismes.**
- **Vulnérabilités des équipements électriques : transformateurs, lignes, postes, câbles.**
- **Risques pour la continuité du service et la sécurité énergétique mondiale.**



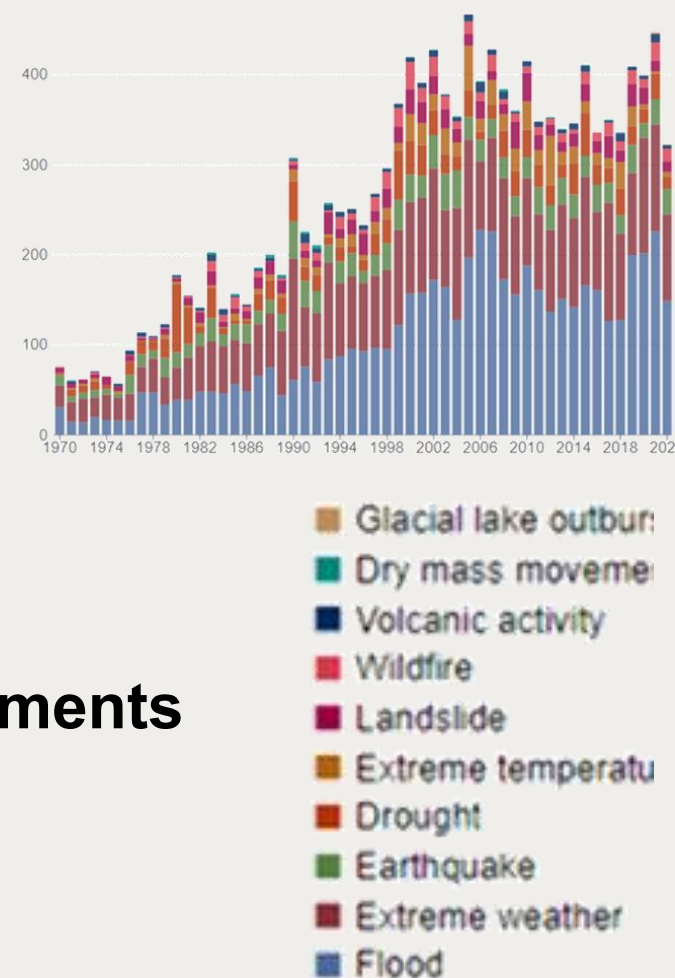
Approches stratégiques



IEEE



- ✓ IEC SEG13 : analyse par type de catastrophe, technologies émergentes (capteurs, IA, UAV, télédétection), recommandations normatives.
- ✓ IEEE PES TR123 : vision systémique, durcissement des infrastructures, résilience multi-niveaux, cadre d'évaluation, priorisation des menaces.
- ✓ Complémentarité : IEC focalisé sur les équipements et la normalisation ; IEEE sur les systèmes, les métriques et les politiques énergétiques.





- ✓ IEC SEG13 : la cybersécurité est un facteur transversal dans la protection des infrastructures critiques.
 - L'IEC a publié des White Papers sur la cybersécurité dans les environnements énergétiques intelligents
- ✓ IEEE PES TR123 : La cybersécurité est considérée comme indissociable de la résilience : un réseau peut être physiquement robuste mais vulnérable aux attaques numériques.
- ✓ Les deux organisations convergent vers une résilience globale : physique, climatique et numérique.

Compétences et recommandations pour les ingénieurs

- **Comprendre les interactions climat/infrastructure électrique et les risques extrêmes.**
- **Maîtriser les technologies de monitoring : capteurs, IA, télédétection, radars, fibre optique.**
- **Participer à l'élaboration de normes internationales (IEC, IEEE) pour la résilience.**
- **Étudier des cas concrets : séismes (Wenchuan, Bam), incendies (Californie), inondations (Henan, Rhode Island).**
- **Développer des stratégies de réponse rapide et de restauration post-catastrophe**
- **Développer des compétences en cybersécurité opérationnelle.**

Conférence du Comité National Français

Perspective internationale : durabilité et performance environnementale des systèmes électriques face aux transitions

Marcela MANTILLA



cigre

For power system expertise

Bâtiment Gaston Berger - INSA Lyon
16 octobre 2025

CIGRE's Study Committees and domains of work

Group A Equipments	Group B Technologies	Group C Systems	Group D New materials and IT
<p>A1 Power generation and electromechanical energy conversion</p> <p>A2 Power transformers and reactors</p> <p>A3 Transmission and distribution equipment</p>	<p>B1 Insulated cables</p> <p>B2 Overhead lines</p> <p>B3 Substations and electrical installations</p> <p>B4 DC systems and power electronics</p> <p>B5 Protection and automation</p>	<p>C1 Power system development and economics</p> <p>C2 Power system operation and control</p> <p>C3 Power system sustainability and environmental performance</p> <p>C4 Power system technical performance</p> <p>C5 Electricity markets and regulation</p> <p>C6 Active distribution systems and distributed energy resources</p>	<p>D1 Materials and emerging test techniques</p> <p>D2 Information systems, telecommunications and cybersecurity</p>

Outcomes

- ✓ Technical Brochure (WG)
- ✓ Papers (Symposium and Paris session)

C3: Power System Sustainability and Environmental Performance

Technical Directions



1 – Asset management and environment

- ☐ Life cycle (from cradle to grave): from planning to decommissioning
- ☐ Risk assessment
- ☐ Tools and measures



2 – Sustainability: rôle of the power sector

- ☐ Next trends
- ☐ Anticipating future challenges and their implications
- ☐ Renewables (global approach)



3 – Stakeholders' engagement and public acceptance

- ☐ Engagement strategies
- ☐ Improvement of decision-making process

Working groups

AG C3.01

EMF and Human Health

JWG A2/C3.70

Lifecycle assessment of transformers

JWG B1/C3.85

Environmental impact of decommissioning of underground and submarine cables

JWG C3/B2.24

Methods of reducing electrocution of birds from power lines

WG C3.22

Vegetation management in substations

WG C3.25

Ecodesign methods for the power system

JWG B3.A2.A3.C3. D1.66

Guidelines for life cycle assessment in substations considering the carbon footprint evaluation



PS1 - Biodiversity conservation & enhancement. Towards positive contribution.

- ☐ Mitigating the impact from power system infrastructure: new generation facilities, transmission and distribution. Preventive and corrective measures: nature inclusive design, commissioning, asset management and end of life
- ☐ Offsetting measures & ecosystems restauration. Net Zero impact and positive impact. How to measure?
- ☐ New standards regarding biodiversity. i.e. IPBES; TCNFD



PS2 - Building a more sustainable power system for the future

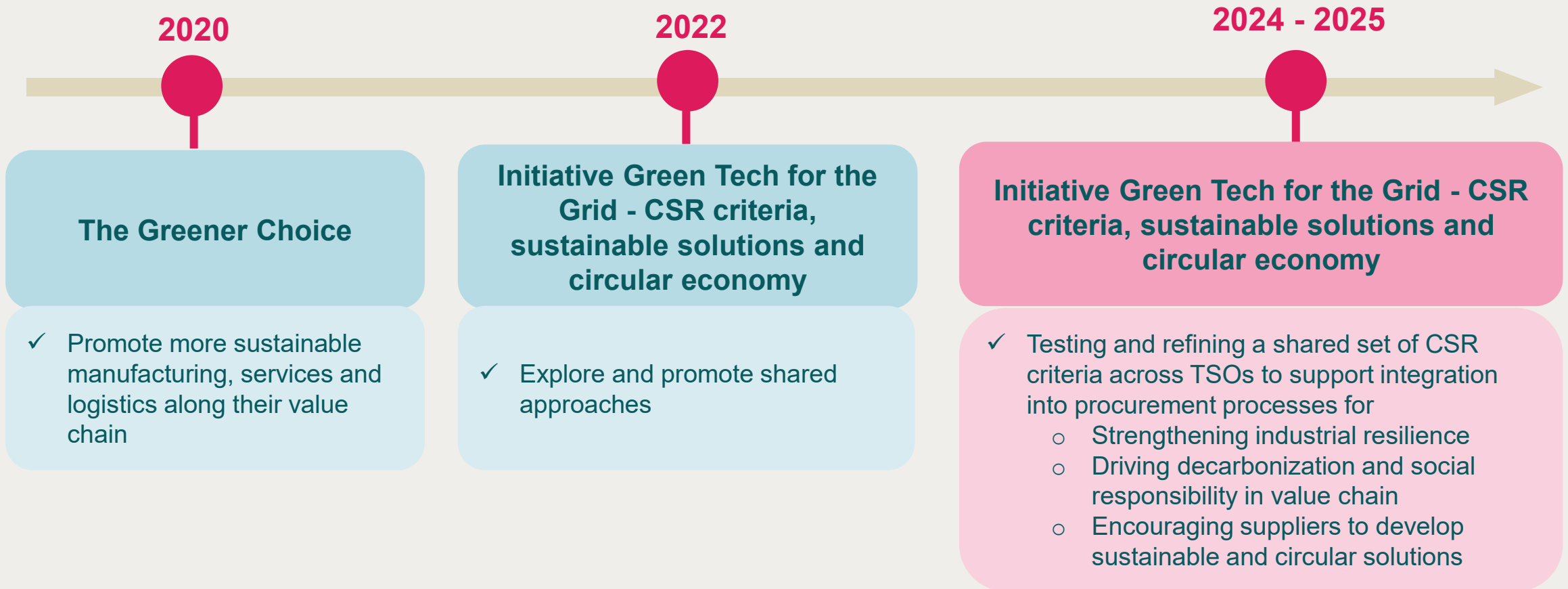
- ☐ Identification, quantification and assessment of impacts. Tools and methodologies. LCA approach, considering climate change and beyond
- ☐ Eco-design to reduce impacts
- ☐ Innovative solutions to enhance circularity



PS3 - Disclosing sustainability

- ☐ Reporting standards & regulation. Indicators
- ☐ Stakeholder reporting requirements. Impact of disclosure on social perception and acceptance
- ☐ Value chain information, strategies and methodologies to obtain complete and reliable information

Advancing Sustainability and CSR in Procurement: A Collaborative TSO Perspective



Le moment des questions/réponses

