

La prolongation de la durée de vie et la réduction de l'empreinte environnementale des matériels haute tension



Conférence environnementale - SEE 16 Mai 2024



Introduction



Conférence environnementale - SEE 16 Mai 2024

_ Agenda

01

Intro

Présentations MasterGrid et RTE

02

Le contexte des réseaux électriques en France

03

Gestion des actifs (RTE) et prolongation de la durée de vie des équipements (MasterGrid)

04

Empreinte Environnementale et Innovation

05

Métiers et perspectives



Présentation MasterGrid



MasterGrid : Notre histoire

12.2019

Création



1920

OM Merlin Gerin

2001

VATECH

1994

Schneider
Electric

2005

SIEMENS

2020

Création filiales export :

- Emirats Arabes Unis
- Malaisie
- Maroc

Création agence française :

- Nord

2022

Création filiales export :

- Arabie Saoudite
- Mexique

Acquisition :

- KTHV
- SHB Electric
- Atalys



2021

Création agence française :

- Sud-Est

Acquisition :

- Ircamex



2023

Création filiale export :

- Inde

MasterGrid : nos clients

Tous les exploitants et utilisateurs d'installations électriques

Producteurs d'électricité



Gestionnaires de réseaux de transport et de distribution



Industriels de tous secteurs



Fabricants d'équipements électriques



Installateurs



Infrastructures



2. MasterGrid : nos activités

EXPERTISE

- ✓ Ingénierie de postes électriques
- ✓ Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
- ✓ Études de réseaux
- ✓ Monitoring et solutions digitales
- ✓ Audit indépendant...

FORMATION

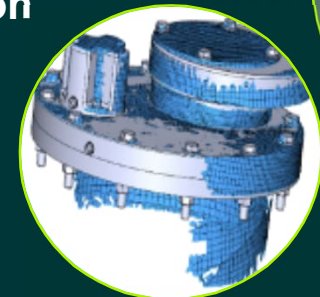
- ✓ Exploitation et Maintenance de postes et d'équipements électriques
- ✓ Certifications...

MAINTENANCE

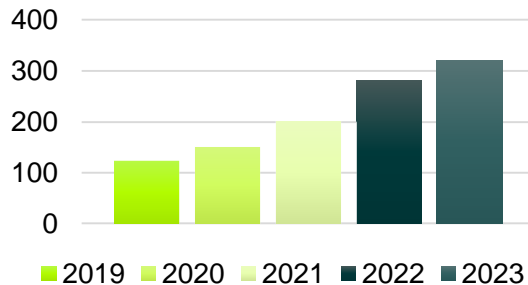
- ✓ Diagnostic
- ✓ Pièces de rechange
- ✓ Maintenance préventive ou corrective sur site ou en atelier...

GESTION D'ACTIFS OPTIMISATION DU CYCLE DE VIE

- ✓ Rétrofit
- ✓ Rénovation
- ✓ Extension et modernisation de postes HTB, HTA, BT...

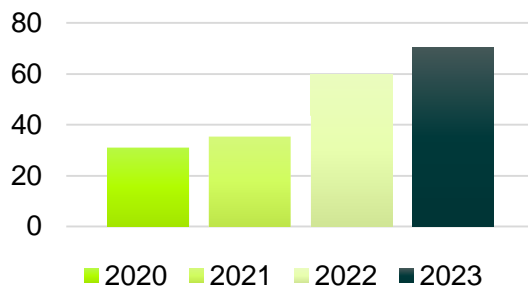


L'évolution de MasterGrid en chiffres



350 collaborateurs

Nombre de collaborateurs multiplié par 2,5 en 4 ans



~70 M€ de CA en 2023

dont 25% à l'export

CA multiplié par 2,5 en 4 ans



2019 → 1 entreprise sur 1 seul site

2024 → 6 entreprises réparties sur 18 sites : 10 en France et 8 à l'étranger

Siège social à Grenoble



Un outil industriel 100% français

10 000 m² d'ateliers



— MasterGrid : une entreprise engagée



- Membre Actif / Alumni depuis 2021.



- Bilan Carbone Finalisé annuellement.
- Engagé « Accélérateur Décarbonation » - accompagnement BPI – ADEME.
- Objectifs : Définir le plan d'action de décarbonation détaillé et suivre sa mise en œuvre



Formation professionnelle :

- Lancement en 2023 d'un Bachelor Technicien spécialisé en Maintenance Avancée.

1

Présentation RTE



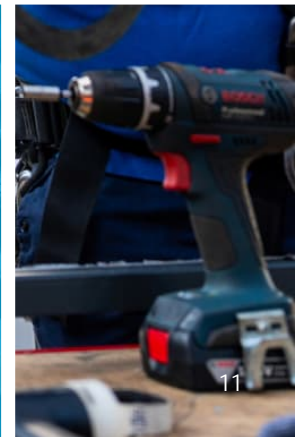
En charge du réseau public de transport d'électricité métropolitain*, RTE possède, construit, exploite et maintient une infrastructure vitale.



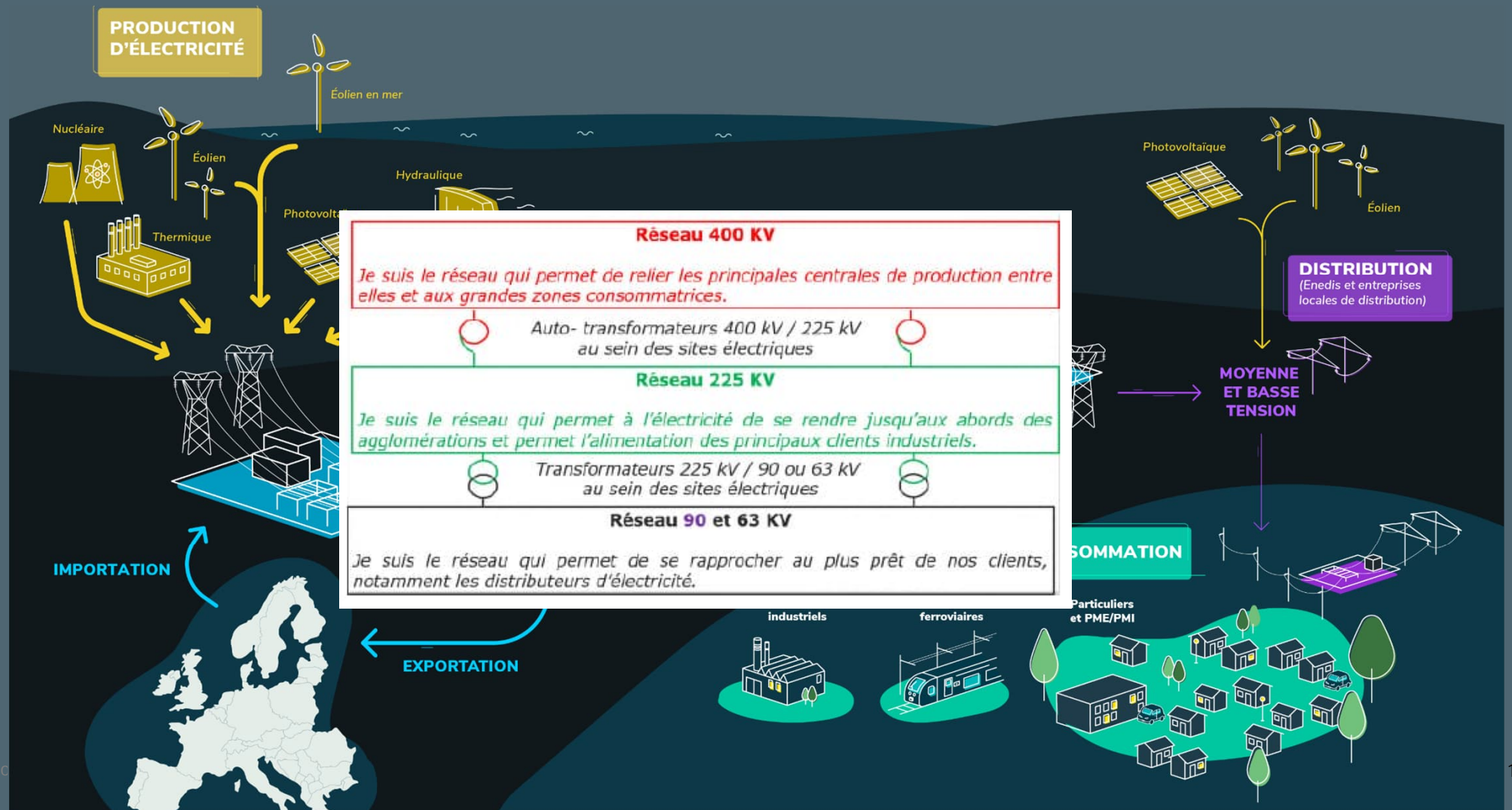
* Hors Corse



**NOUS SOMMES LÀ POUR
QU'À CHAQUE SECONDE,
LE COURANT PASSE.**



Les chemins de l'électricité



RTE en quelques chiffres



- Le **1^{er}** gestionnaire de réseau de transport en Europe par la taille de son réseau et son volume d'investissement



- **105 817 km** de liaisons électriques et **2 828** postes en exploitation
- **25 500 km** de fibre optique
- **56** liaisons transfrontalières
- **4 926 M€** de chiffre d'affaires
- **40 M€** par an dédiés à la R&D
- **110 M€** d'investissements sur nos interconnexions
- **9 586** collaborateurs dont 470 alternants

RTE en quelques chiffres



920
clients

- 9 entreprises ferroviaires
- 327 acteurs de marché
(responsables d'équilibre, acteurs d'ajustement, opérateurs d'effacement, acteurs obligés ou titulaires d'entité de certification au titre du mécanisme de capacité...)
- 424 consommateurs industriels
- 274 producteurs d'électricité
- 136 distributeurs (Enedis et entreprises locales de distribution)



Nos domaines d'expertises

1

LA GESTION DES
INFRASTRUCTURES

2

LE PILOTAGE DU SYSTÈME
ÉLECTRIQUE

3

LA CONCEPTION ET
LA MISE EN ŒUVRE
DES MÉCANISMES
DE MARCHÉ

4

LA RECHERCHE,
L'INNOVATION ET
L'ALLIANCE DE LA
PUISSANCE ÉLECTRIQUE
ET DU DIGITAL

5

LA PROSPECTIVE

2 Contexte

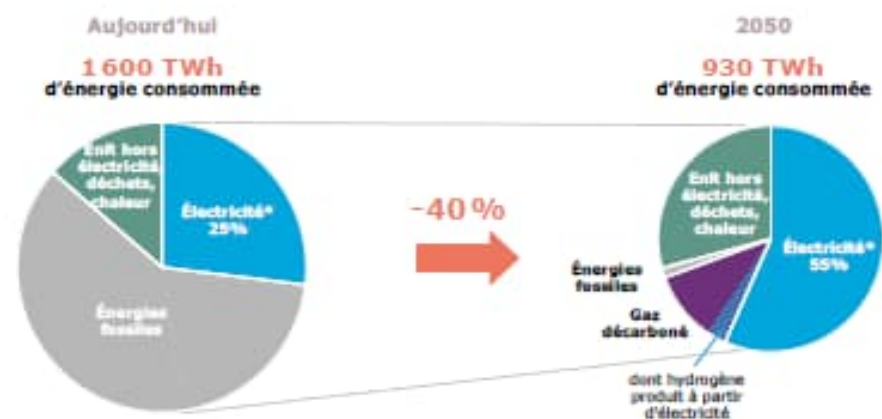


Contexte

Accompagner la transition énergétique

❑ Futurs énergétiques 2050

- Etude présentée par RTE donnant un éclairage, selon plusieurs scénarii, sur le système électrique de demain
 - Pour sortir des énergies fossiles,
 - Accompagner l'objectif de neutralité carbone.



* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)
Consommation intérieure d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

- Réduction de 40% de notre énergie consommée reposant principalement sur une ambition forte d'efficacité énergétique,
- Une part de l'électricité décarbonée prépondérante.

=> Nécessité pour RTE d'adapter et développer le réseau électrique à ses nouveaux usages et nouvelles de sources de production

Contexte

Gérer le vieillissement de nos équipements

- ❑ En complément de l'accompagnement de la transition énergétique, RTE doit également planifier le renouvellement de son parc de matériels existants,
- ❑ L'ensemble de ces investissements (développement, adaptation et renouvellement du réseau) est décrit dans notre Schéma Décennal de Développement du Réseau (SDDR), qui définit notre feuille de route sur la période [2025-2040]



[SDDR](#)

Quizz

Age de la doyenne des lignes aériennes

100 ans

Age du doyen des transformateurs

87 ans

Age moyen du réseau RTE

47 ans

Il vieillit de 9 mois tous les 12 mois

On ne renouvelle pas à la vitesse de vieillissement du réseau

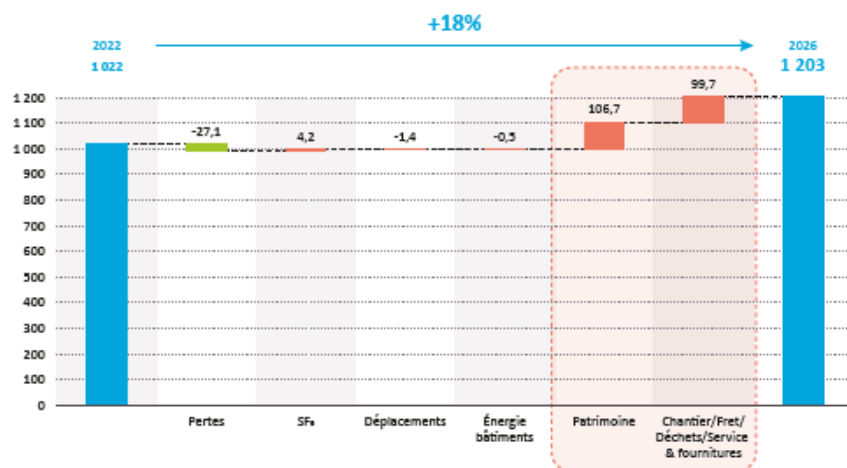
Contexte

Notre empreinte environnementale

□ En 2023, publication de notre plan de transition à horizon 2026

- Le « plan de transition » d'une entreprise est l'opportunité d'accompagner la mesure de ses émissions, en actions cherchant à les réduire assorties d'objectifs en ligne avec les visées de la stratégie nationale bas carbone.

ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE GES DE RTE ENTRE 2022 ET 2026 EN KT ÉQ. CO₂



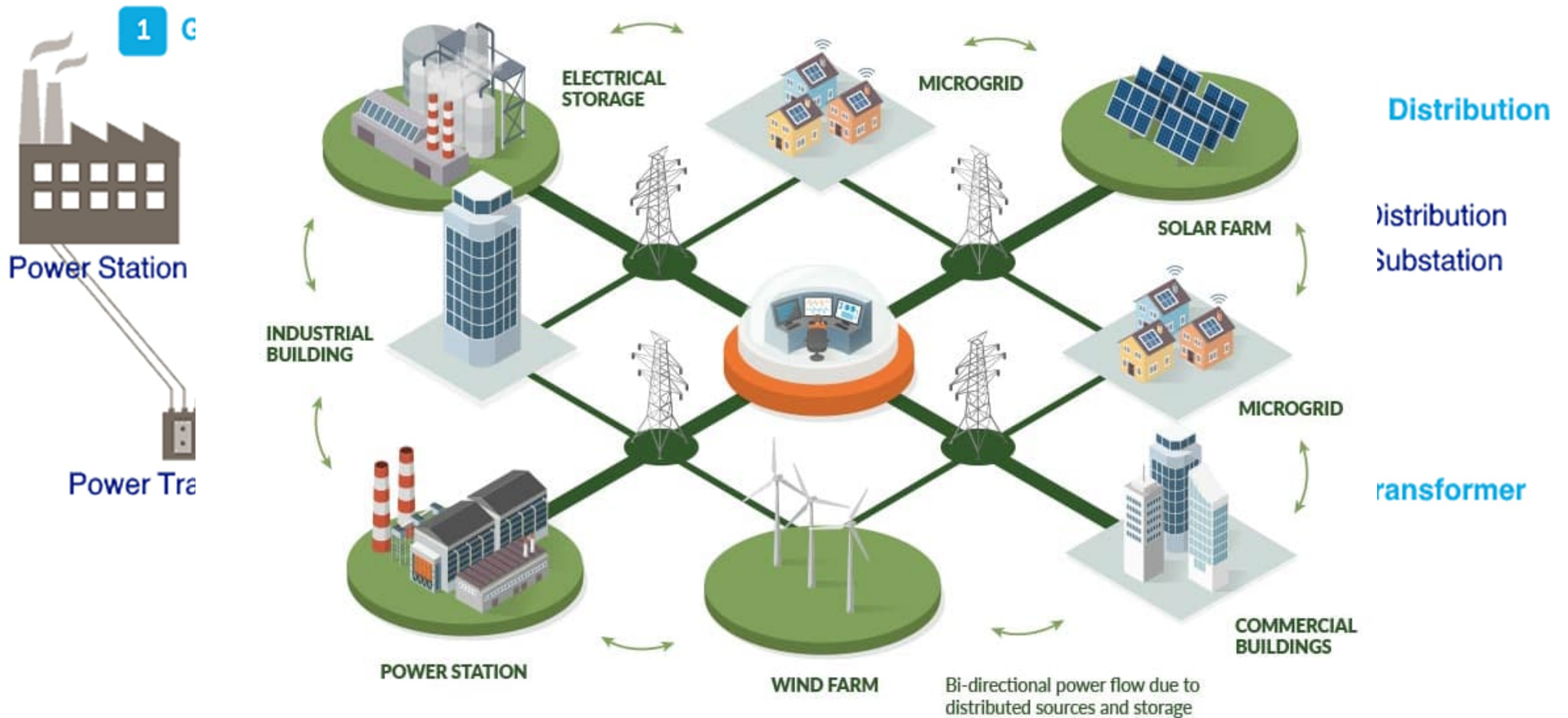
- Un plan de transition pour accompagner la décarbonation du système électrique français,
- Cette projection, paradoxale, est essentiellement liée à la forte croissance prévue de notre activité.

=> En parallèle, RTE met aussi en place des actions de maîtrise de ses émissions « contrôlables » pour tenter d'amortir cette augmentation.

2

Le contexte des réseaux électriques en France

Tendances Mondiales – d'un réseau mono sources à un réseaux à sources multiples



Ecosystème de l'électricité en France

Plan de transition du réseau et électrification

- La consommation électrique va augmenter de 25% à l'horizon 2050
- Augmentation de l'utilisation et du maillage réseau
- Augmentation des températures, des événements climatiques extrêmes

Prolongation de durée de vie des centrales nucléaires:

- lors des VD4 réalisées sur les différentes tranches nucléaires, l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN) réalise son quatrième réexamen périodique. Il permettra notamment à l'ASN de se prononcer sur les conditions de sa poursuite de fonctionnement (au-delà de 40 ans, jusqu'à 60 ans ou même 80 ans?).
- Les équipements de MasterGrid permettent l'évacuation de l'énergie sur le réseau de 8 centrales nucléaires. Le besoin est donc de maintenir et/ou de moderniser ces installations vieillissantes.

Le Parc installé haute tension (production, transmission, distribution) est vieillissant

→ MasterGrid doit s'adapter pour prolonger la durée de vie du matériel



CNPE de Nogent sur Seine

Les enjeux MasterGrid



Mettre en oeuvre la prolongation de la durée de vie et le développement des équipements et des réseaux électriques, tout en décarbonnant notre chaîne de Valeur et nos activités.

→ Présentation du Bilan Carbone MasterGrid 2022

Les solutions et leviers

➤ Innovation:

- Développer de nouveaux produits en lien avec la transition écologique
- Diminuer l'impact GES des postes électriques

➤ Economie Circulaire:

- Augmenter la réutilisation de composants
- Augmenter la réparabilité des matériels
- Moderniser et rétrofiter certains organes des équipements
- Sourcer des composants et matériaux bas carbone

➤ Maintenance:

- Améliorer notre expertise terrain afin de permettre des interventions de maintenances globales, fiables et sécurisées.

3

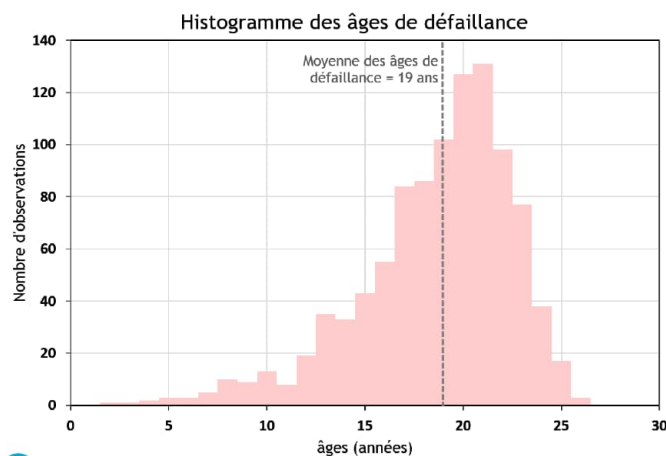
La gestion des actifs chez RTE



La gestion des actifs chez RTE

Une ambition

- ❑ *Historiquement, RTE utilise un critère d'âge pour planifier le renouvellement de ses actifs*
 - Cette méthode, qui contient un certain niveau d'optimisation « à dire d'expert » ne permet pas
 - De prendre en compte les conséquences liées à la perte d'un appareil,
 - De confronter une analyse technico-économique entre différentes stratégies.



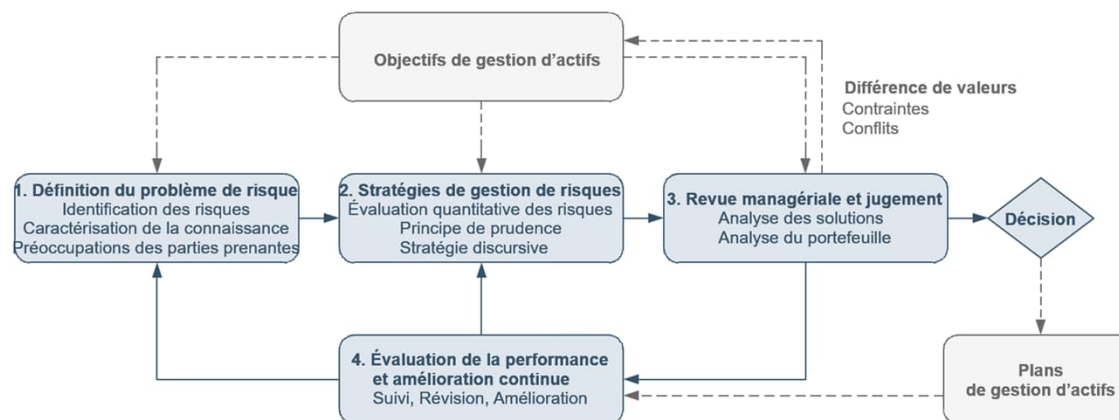
- ❑ *Plutôt que d'avoir une approche uniforme pour le renouvellement d'une typologie de matériel, une méthode de renouvellement optimal est mise en place*

La gestion des actifs chez RTE

Une ambition

- ❑ *Implémenter le processus Risk Informed Decision Making (RIDM) – Normalisation CEI en cours*
 - Mettre en place les structures organisationnelles
 - Se professionnaliser à l'analyse qualitative des risques (AMDEC, nœuds papillons ...)
 - Caractériser la connaissance disponible (modèles de probabilités / conséquences)
 - Réaliser des évaluations quantitatives des risques quand les données sont disponibles
 - Insuffisance de données -> principe de prudence -> Gestion des risques prioritaires sur les conséquences les plus fortes + décider les moyens pour collecter les données manquantes !
 - Revue managériale / décision / plans de gestion d'actifs et boucle d'amélioration continue

La Data Science au service de la gestion des actifs



La gestion des actifs chez RTE

Un changement d'orientation

- ❑ *Par rapport à une politique de renouvellement sur critère d'âge, la méthode « risk based » permet des gains pour la collectivité qui peuvent être de deux natures*
 - Cas n°1 – les coûts complets de la défaillance (coûts RTE + coûts collectivité) sont faibles au regard du coûts du remplacement préventif : les conséquences d'une avarie et sa probabilité d'occurrence ne justifient pas un remplacement à l'âge de remplacement préventif historique. L'âge de remplacement est alors repoussé et une approche « run-to-failure » est adoptée. **L'allongement de la durée de vie du matériel réduit les coûts de RTE et agit comme un amortisseur de croissance facilitant le déploiement du SDDR.**
 - ❑ Cas n°2 - les coûts complets de la défaillance (coûts RTE + coûts collectivité) sont importants au regard du coûts du remplacement préventif : les conséquences d'une avarie et sa probabilité d'occurrence justifient un remplacement préventif. Pour chaque matériel, en fonction des conséquences, l'âge de remplacement préventif optimal est supérieur ou inférieur à l'âge de remplacement historique. **L'âge de remplacement préventif est alors anticipé ou retardé. Les trajectoires de renouvellement optimales résultantes permettent de « lisser » les vagues de renouvellement.**

La gestion des actifs chez RTE

Une méthode et des outils

Méthodologie



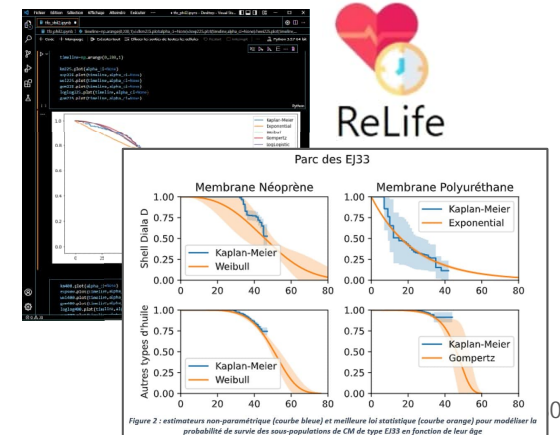
- Travaux R&D de la feuille de route SAGA « Systèmes d'Aide à la Gestion des Actifs »
- Guide méthodologique pour l'élaboration d'une politique technique de gestion des actifs
 - Opérationnel uniquement pour les avaries définitives des actifs,
- Mises à jour 2022, 2023 : méthode pour les pannes récurrentes et les phénomènes de dégradation ...



Outil

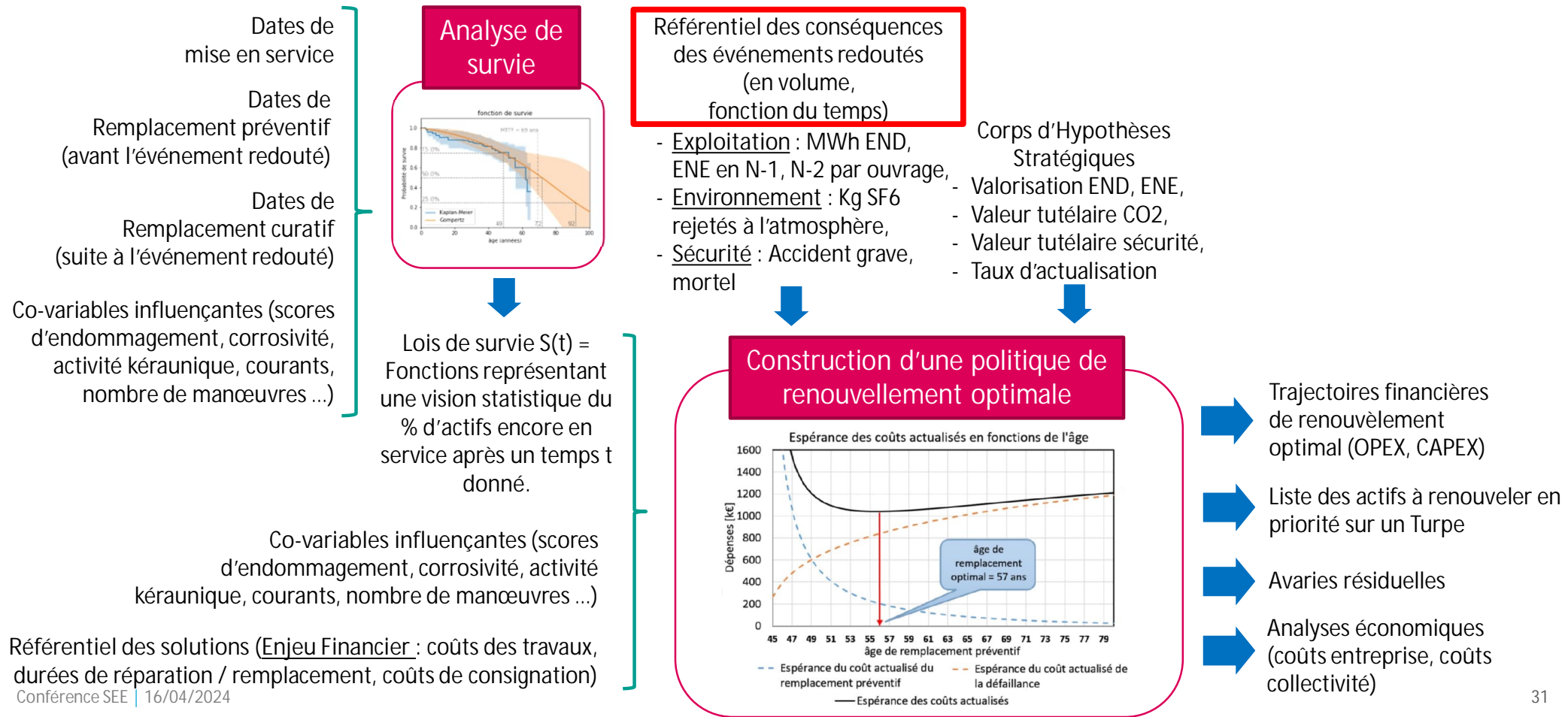


- Bibliothèque algorithmique ReLife développée par R&D en langage Python
- Publication open source en mars 2022,
 - établissement des lois de survie
 - construction de plannings de renouvellement optimaux
 - calculs automatiques de bilans économiques : stratégies de type « run-to-failure », remplacement sur critère d'âge ou remplacement optimal.
- Code source : <https://github.com/rte-france/relife>
- Documentation : <https://rte-france.github.io/relife/>
- PyPI (gestionnaire des packages Python) : <https://pypi.org/project/relife/>



La gestion des actifs chez RTE

La construction d'une politique de renouvellement optimale



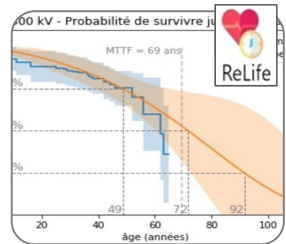
La gestion des actifs chez RTE

Synthèse - La construction de politiques de renouvellement optimales repose sur i) l'évaluation probabiliste des avaries et ii) la quantification de leurs conséquences

Exemple de construction du planning optimal de remplacement des transformateurs de puissance

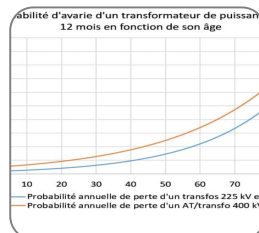
Etablir une vision probabiliste des « évènements redoutés »

Identifiant	Statut	Site ou Poste	Année	Année	Méthode de détection / type d'événement	Impact
30007098	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007099	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007100	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007101	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007102	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007103	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007104	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007105	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007106	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007107	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007108	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007109	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007110	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007111	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007112	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007113	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007114	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007115	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007116	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007117	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007118	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007119	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007120	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007121	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007122	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007123	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007124	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007125	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007126	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007127	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007128	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007129	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007130	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007131	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007132	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007133	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007134	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007135	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007136	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007137	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007138	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007139	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007140	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007141	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007142	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007143	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007144	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007145	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007146	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007147	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007148	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007149	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007150	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1



Estimer et valoriser les conséquences des avaries

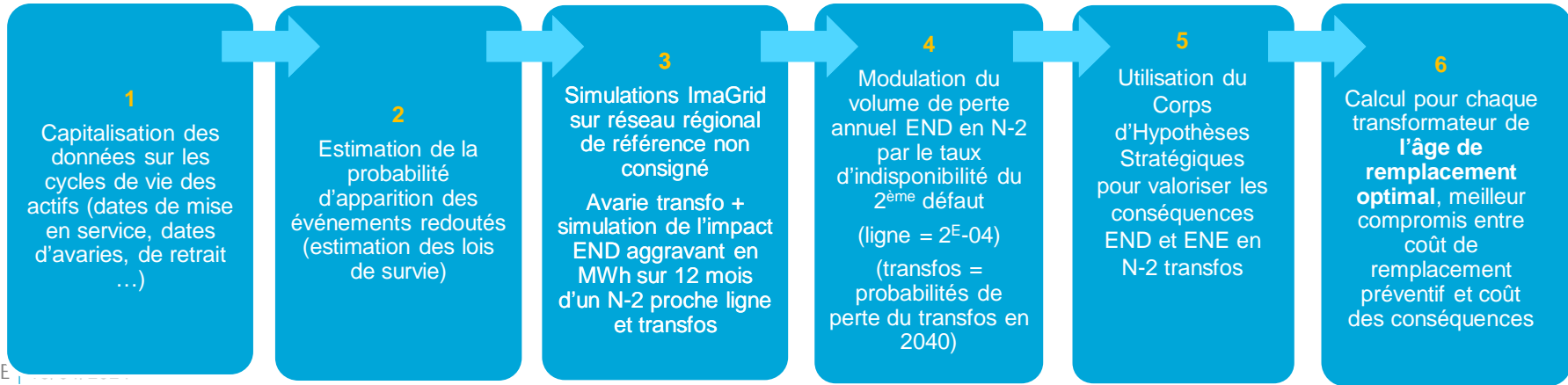
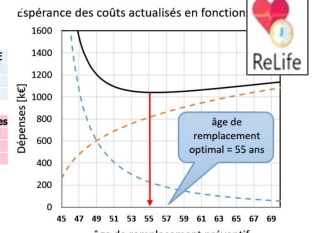
Identifiant	Statut	Site ou Poste	Année	Année	Méthode de détection / type d'événement	Impact
30007151	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007152	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007153	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007154	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007155	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007156	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007157	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007158	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007159	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007160	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007161	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007162	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007163	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007164	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007165	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007166	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007167	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007168	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007169	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007170	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007171	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007172	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007173	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007174	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007175	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007176	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007177	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007178	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007179	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007180	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007181	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007182	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007183	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007184	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007185	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007186	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007187	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007188	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007189	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007190	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007191	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007192	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007193	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007194	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007195	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007196	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007197	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007198	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007199	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1
30007200	AT	LAUREN 1911	1981	2011	Avarie APTTE ACTIVE	1



Avec valeur forfaitaire « Quinnet 1 »			
Valeurs forfaitaires de l'ENE	2025	2030	2035
€/MWh	75	90	105
PPE	75	95	110
BAU	75	(avant: 90)	110

Avec valeur forfaitaire « Quinnet 2a »			
Valeurs forfaitaires de l'ENE	2025	2030	2035
€/MWh	125	165	240
PPE	125	185	260
BAU	120	185	260

Calculer l'âge optimal de remplacement préventif de chaque actif



3

Prolongation de la durée de vie des équipements

Prolongation de la durée de vie des équipements?

L'objectif:

- maintenir les postes électriques fiables, sécurisés, et sans fuites de gaz SF6.

Les moyens :

- Maintenance planifiées/préventives ou réparations
- Solutions de colmatages
- Création d'un écosystème d'économie circulaire
- Régénération du le gaz SF6

La finalité:

- Réduire la construction de nouveaux postes électrique au minimum :
 - L'impact carbone d'une maintenance est très faible par rapport à la construction d'un poste neuf:
 - Pas ou peu d'extraction de matières premières
 - Pas de travaux de génie civil nécessaires

Prolongation de la durée de vie des équipements: Ressources et Process

Afin de permettre une prolongation de la durée de vie des matériels, toute l'organisation doit travailler avec un objectif commun et un process adapté. Il est nécessaire:

- D'expertiser la possibilité de reconditionner du matériel
- D'expertiser la profondeur de reconditionnement
- De démonter le matériel sans l'endommager
- De rénover les pièces (ou piloter des sous-traitants)
- De redesigner des pièces obsolètes et les approvisionner
- De recréer les plans des appareils
- Créer les outillages spécifiques
- Remonter les appareils reconditionnés en usine
- Tester et valider les appareils reconditionnés.
- Remonter et tester les appareils sur site.

— Prolongation de la durée de vie des équipements: Maintenance Constructeur 1/2

Une solution complète:

- Un audit réalisé par un expert permet d'établir précisément l'état de vieillissement du poste électrique

Avantages:

- Si le maillage réseau le permet, peu de perturbations opérationnelles
- Permet une maintenance exhaustive (fuites de gaz, commandes hydrauliques, pièces d'usure)
- Les équipements sont testés avant et après la maintenance.
- Possibilité de mettre en place des améliorations techniques (Monitoring et diagnostic, étanchéité SF6 / corrosion, Retrofit et modernisation de l'automatisme du poste)
- Une garantie est appliquée sur la maintenance réalisée et sur les pièces remplacées.



Prolongation de la durée de vie des équipements: Maintenance Constructeur 2/2

Inconvénients:

- Nécessite des coupures
- Nécessite de la manipulation de SF6
- Les travaux peuvent être long (jusqu'à 12 mois) selon le nombre de travées
- Lorsque le projet est en préparation, les fuites de gaz persistent.
- Besoin d'espace suffisant sur site pour la mise en place d'un atelier

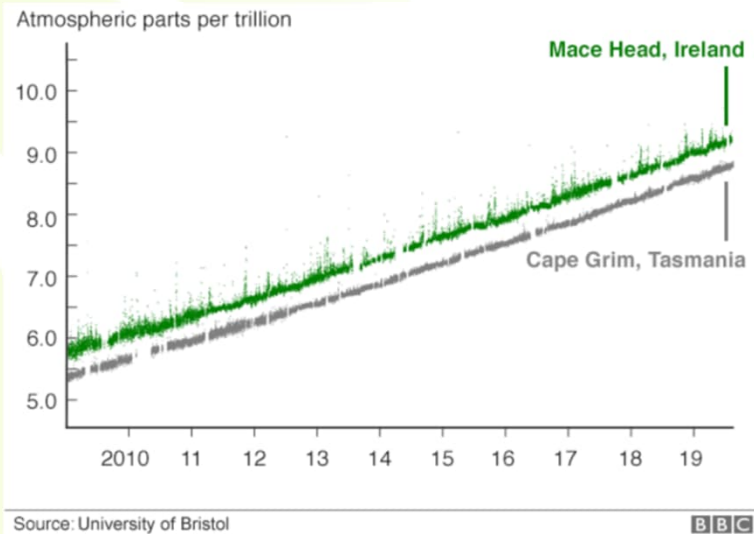
Exemples:

- SEWA 132kV Maintenance 20 ans (Emirats Arabes Unis)
- KARAMA 225kV Maintenance (Qatar)
- San José Maintenance 550kV (Philippines)
- ONEE Maintenance 220kV (Maroc)



Prolongation de la durée de vie des équipements: Solutions de colmatages et captage

❖ Le contexte:



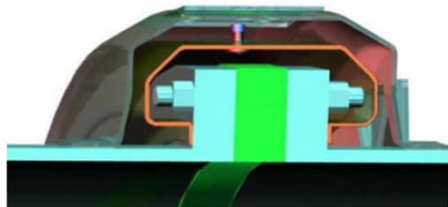
- Le SF6 est globalement très utilisé
- La base installée continue de croître
- Les constructeurs ont apporté des améliorations techniques importantes

Les fuites sont l'origine la plus courante de rejet de SF6 dans l'atmosphère (vs maintenance, fabrication, régénération)

Différentes solutions de colmatages

Colmatage Epoxy

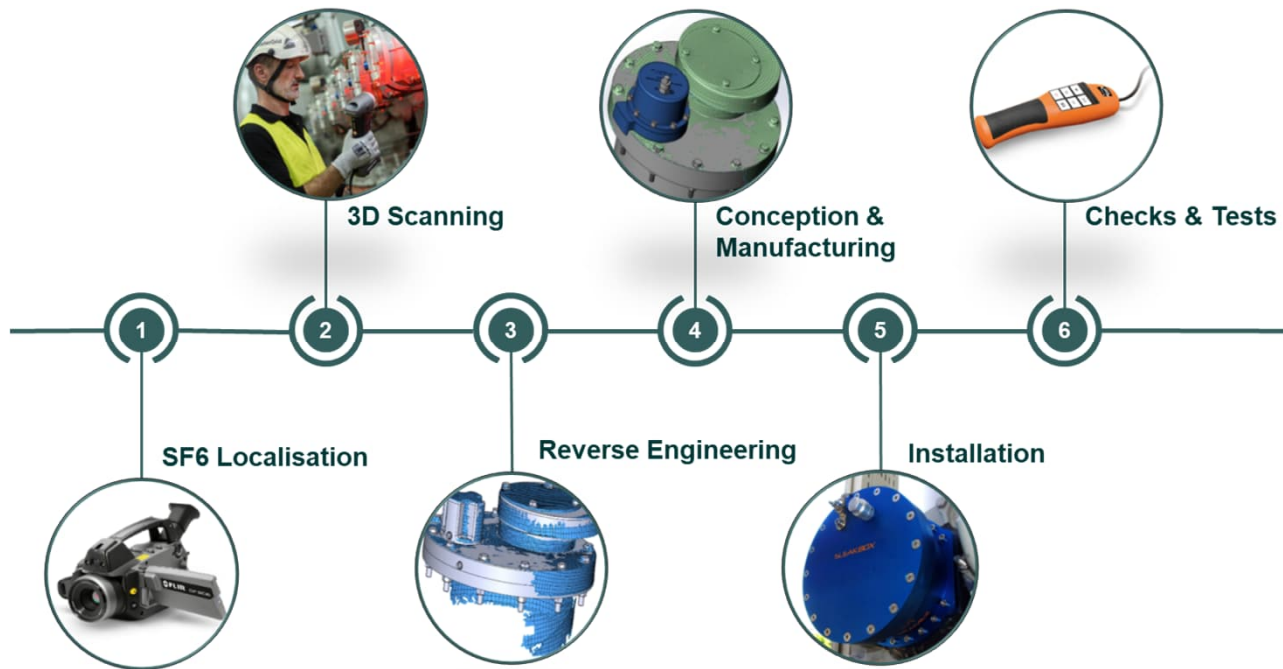
- Double membrane
- Toutes les fuites sont colmatées
- Nombre d'interfaces limitées
- La dépose est un élément problématique ne permettant pas toujours de garder l'intégrité de l'interface en état.



Film Adhésif ou enveloppe industrielle

- Simple d'utilisation et facile à installer sur site.
- Les Revêtements adhésifs ne permettent pas d'arrêter les fuites lorsqu'ils sont appliqués directement sur une fuite sous pression.
- Le taux de réussite est limité et la tenue est à court terme.

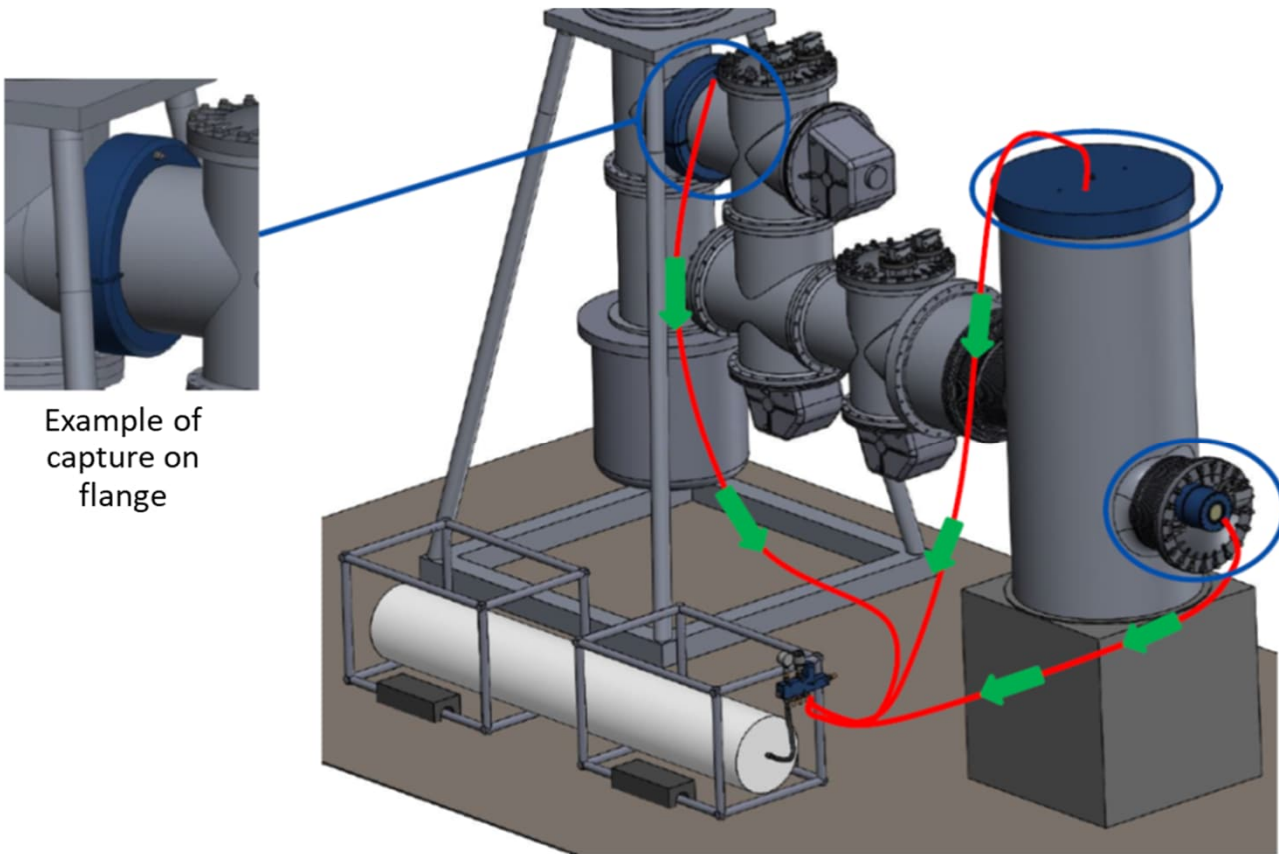
Solutions MasterGrid 1/2



Colmatage sur mesure

- Pas de coupure nécessaire
- Combinaison d'une enveloppe, d'un polymère et d'un joint circulaire
- Multi-marque et multi interfaces
- Solution permanente
- Déposable et réutilisable

Solutions MasterGrid 2/2



Example of capture on flange

Systeme de captage

- Pas de coupure nécessaire
- Le gaz est capté et stocké dans un container adapté
- Besoin de poursuivre le remplissage du(es) compartiment(s) fuyard(s)
- Solution temporaire
- Arrête les émissions de SF6
- Le SF6 capté peut être régénéré

4 Réduction de l'empreinte environnementale des matériels HT

Réduction de l'empreinte environnementale des matériels HT

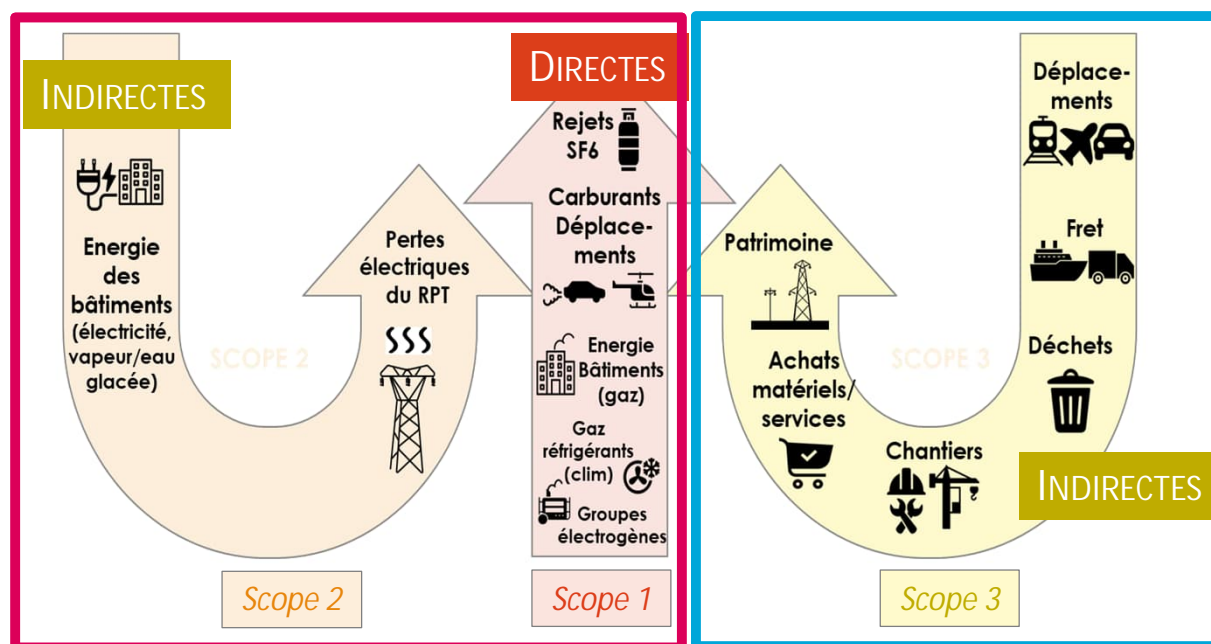
Un Bilan des Emissions de Gaz à Effet de Serre (BEGES) articulé autour de 3 scopes

Scope 1 : les émissions de GES directes : Pour RTE - SF6 et autres gaz à effet de serre, émissions liées à la combustion directe d'énergies dans les bâtiments, véhicules et groupes électrogènes

Scope 2 : les émissions indirectes et liées à l'énergie : les émissions associées aux consommations d'électricité, de chaleur ou de vapeur de l'entreprise dans ses installations ou flottes de véhicules et les pertes électriques

Scope 3 : les émissions indirectes de l'entreprise, ayant lieu en amont ou en aval dans la chaîne de valeur de l'entreprise.

Calcul annuel publié dans le Rapport de gestion :
Scope 1 : émissions directes
Scope 2 : émissions indirectes liées aux consommations énergétiques électriques

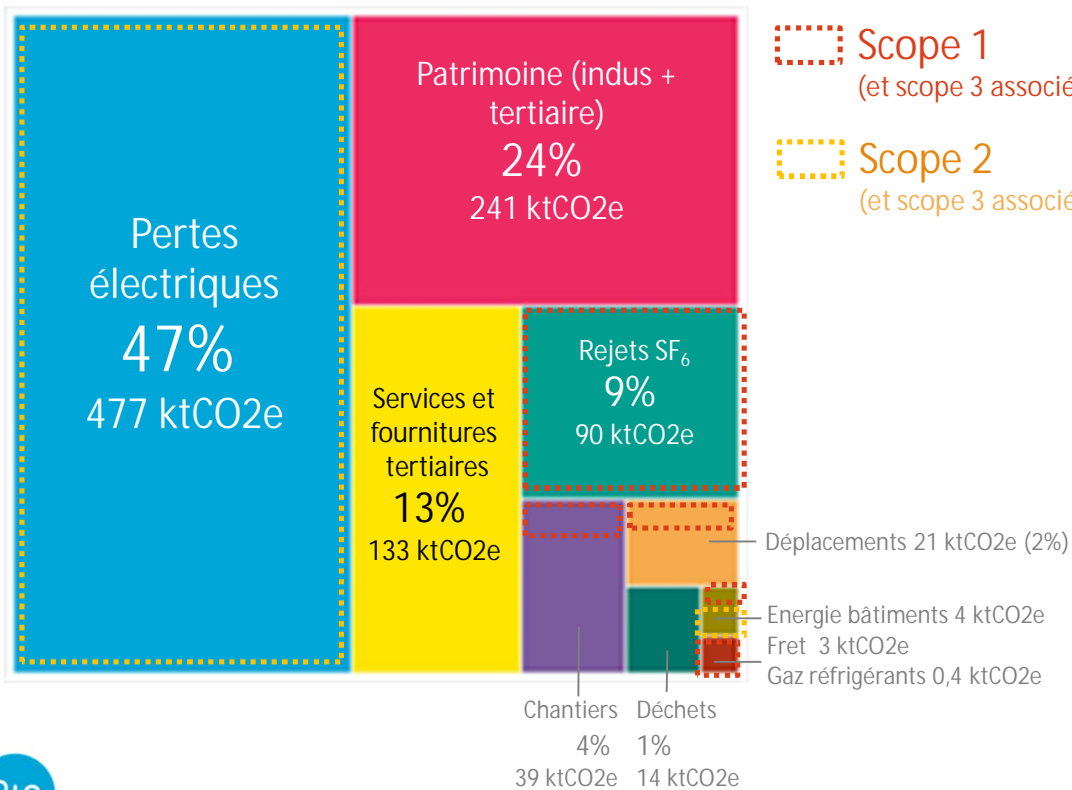


Un bilan réglementaire obligatoire depuis 2022 tous les 4 ans

Réduction de l'empreinte environnementale des matériels HT

Notre bilan global 2022

En 2022, RTE a émis 1 022 kteqCO₂



Les émissions directes représentent 11% des émissions

EMISSIONS DIRECTES 11% *Scope 1*

Les émissions directes comprennent l'entièreté ou une partie des postes suivant :

- Rejets de SF₆
- Chantiers : kérosène hélicoptère
- Flotte : carburant pour la flotte de véhicule RTE
- Energie des bâtiments : consommation de gaz
- Gaz réfrigérants des climatisations

EMISSIONS INDIRECTES 89%

Les émissions indirectes constituent la majorité des émissions de RTE

Scope 2 47% Pertes électriques + électricité des bâtiments + consommation vapeur d'eau et eau glacée

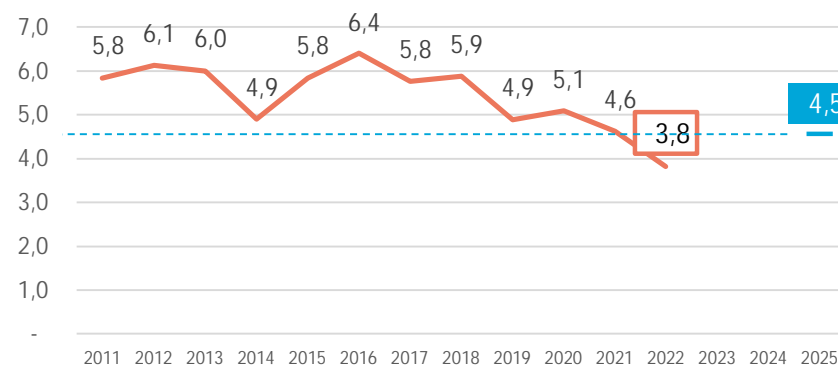
Scope 3 41% Patrimoine + fournitures et services tertiaires + prestations chantiers + déplacements + déchets + fret

Réduction de l'empreinte environnementale des matériels HT

Nos actions sur les matériels HT

Les fuites de SF6 constituent le principal gisement d'émissions sur lequel RTE a la main et agi déjà

- Les postes sous enveloppe métalliques (PSEM), les disjoncteurs et les extrémités de câble, contiennent un gaz isolant, le SF6, qui est un puissant gaz à effet de serre.
- Avec un pouvoir réchauffant 24 300 fois plus élevé que le CO2, les fuites de SF6 constituent le 3^{ème} poste d'émissions lié à l'activité de l'entreprise, soit 90 kteqCO2 pour 3,8 t SF6 en 2022.
- Grâce à une politique d'entreprise ambitieuse portant sur la résorption des fuites SF6 par le remplacement/rénovation de certains matériels fuyards, RTE a réussi à initier une tendance baissière de ses émissions SF6 (baisse de 0,4t de SF6 / an entre 2016 et 2021).
- En juin 2022, le Directoire a validé un plan de réduction du SF6 :



Evolution des rejets de SF6 (en tonnes) depuis 2011

A court terme > Une politique pour résorber les fuites des matériels qui se maintient avec des objectifs ambitieux

A moyen terme > Plan PSEM : Plan de renouvellement des PSEM les plus fuyards.

Réflexion et positionnement sur des technologies alternatives au SF6.

Réduction de l'empreinte environnementale des matériels HT

Nos actions sur les matériels HT

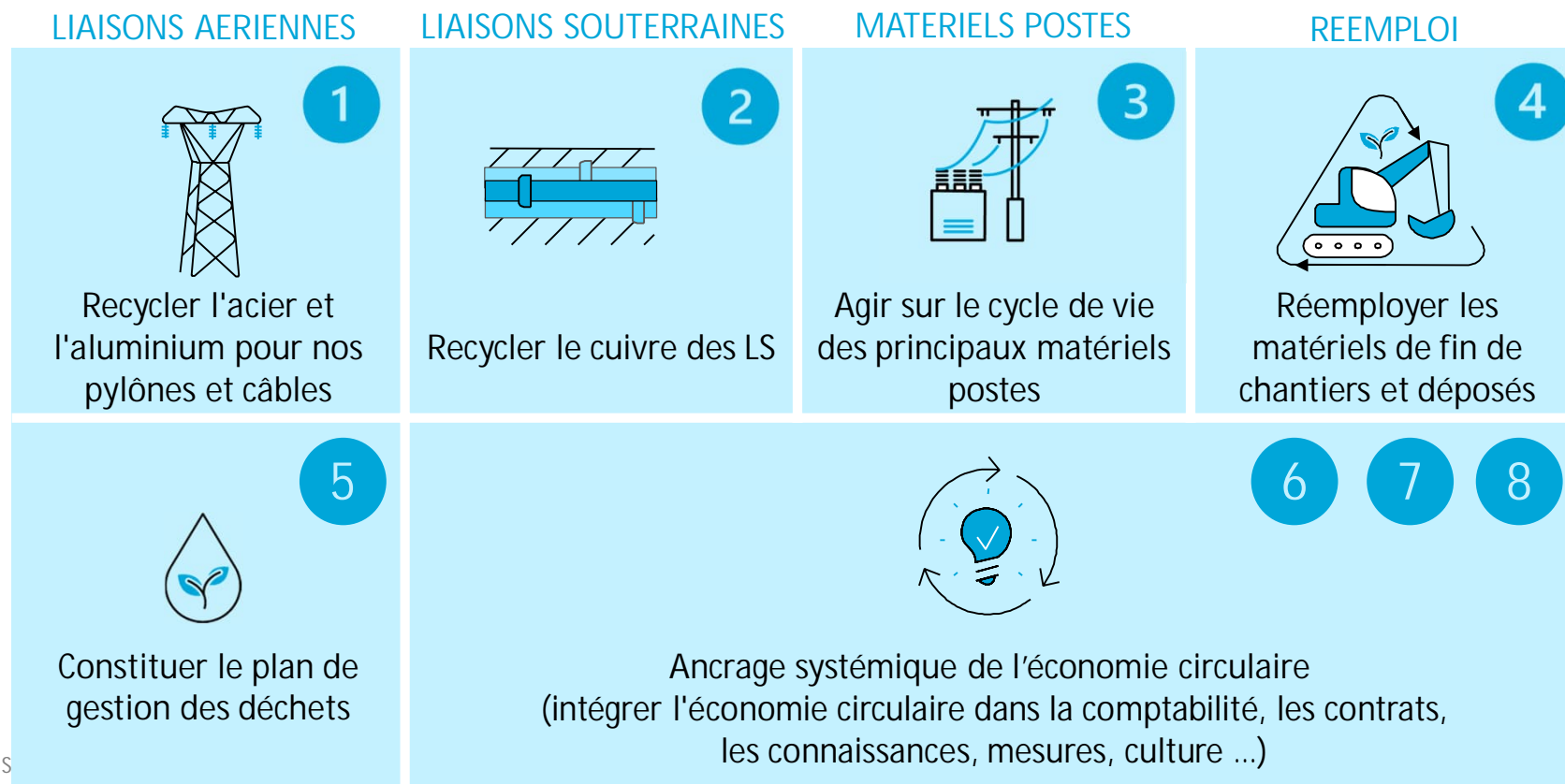
- ❑ *RTE a un besoin croissant de matières et matériels pour réussir la transition énergétique...*
- ❑ *...un besoin croissant qui pose des questions d'approvisionnement, ainsi que de soutenabilité économique et environnementale*
 - Des questions d'approvisionnement à horizon 2030 dans un contexte de concurrence mondiale très dure
 - Cuivre : déficit de 30% entre la demande mondiale et l'offre minière à 2030
 - Aluminium : chaîne d'approvisionnement dominée par la Chine et la Russie
 - Acier : chaîne d'approvisionnement affectée par le Covid, le prix de l'énergie et la guerre en Ukraine
- ❑ *avec des questions de coûts et d'impacts environnementaux*
 - D'après le BEGES 2022, le patrimoine est le 2ème poste d'émissions de gaz à effet de serre (24% pour 241 kTCO₂e)
 - L'exploitation de ressources naturelles, du fait des pollutions et de l'artificialisation qui en découlent, est la principale pression sur la biodiversité au global

L'économie circulaire est une opportunité ... et un incontournable pour RTE

Réduction de l'empreinte environnementale des matériels HT

Nos actions sur les matériels HT mais pas que

- 4 actions spécifiques à des actifs, 4 actions transverses pour un ancrage systémique de l'économie circulaire



4

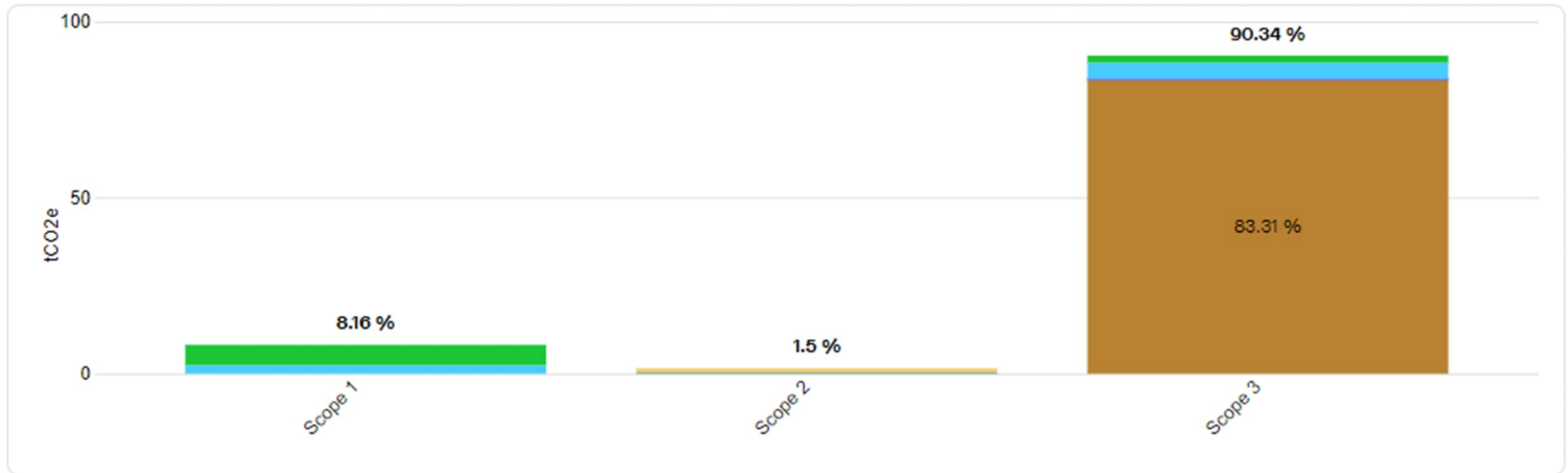
Réduction de l'empreinte environnementale des matériels HT

Bilan Carbone Groupe MG 2022 - 1/2

Emissions per scope and categories of the GHG Protocol (tCO2e)



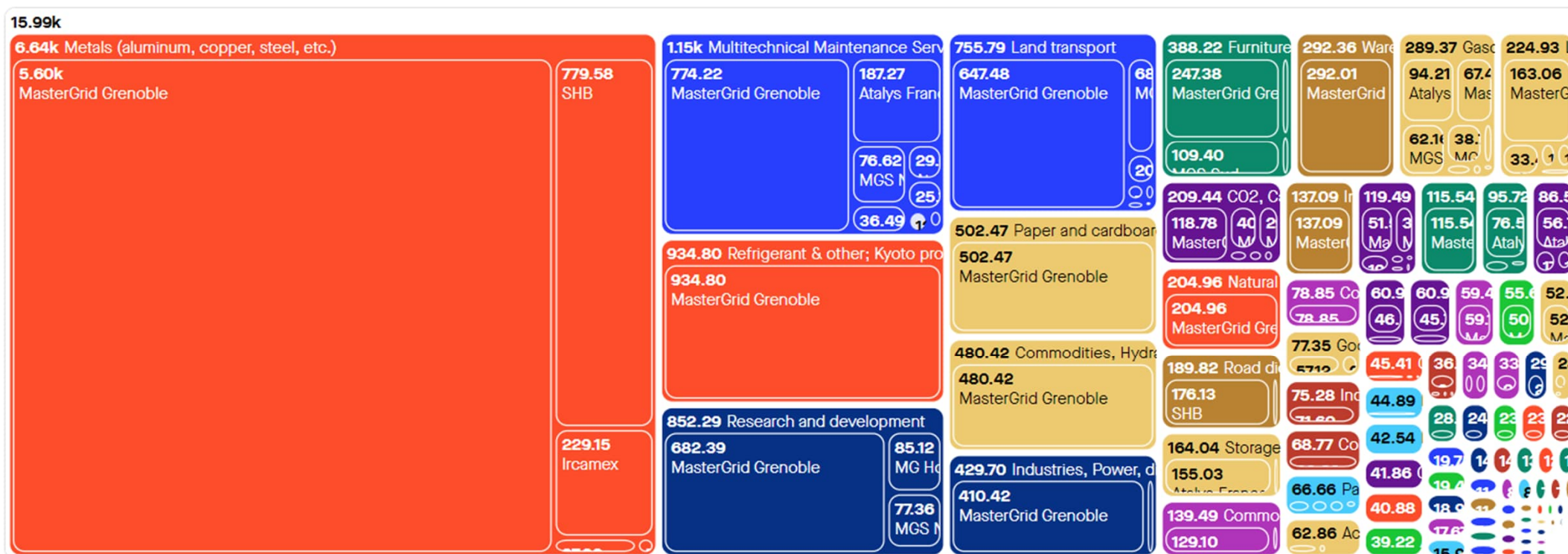
Emissions in tCO2e categorized by Scopes and by categories of the GHG Protocol.



- 1.1 Direct GHG emissions from stationary combustion
- 1.2 Direct GHG emissions from mobile combustion
- 1.4 Direct fugitive GHG emissions
- 2.1 Indirect GHG emission from imported electricity
- 2.2 Indirect GHG emission from imported energy other than electricity (steam, heating, cooling, and compressed air)
- 3.1 Purchased goods and services
- 3.3 Fuel- and energy-related activities not included in scope 1 or scope 2
- 3.5 Waste generated in operations
- 3.6 Business travel
- 3.7 Employee commuting
- 3.8 Upstream leased assets

Bilan Carbone Groupe MG 2022 - 2/2

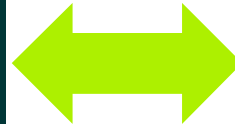
Emissions par facteur



— Prolongation de la durée de vie des équipements: Economie Circulaire: Construire l'écosystème

Entreprises industrielles / Constructeurs

- Redesigner et refabriquer les pièces obsolètes
- Recréer les plans des équipements
- Développer des solutions de démontages et de remontage des équipements et des pièces
- Développer des Nouvelles solutions pour reconditionner des pièces critiques



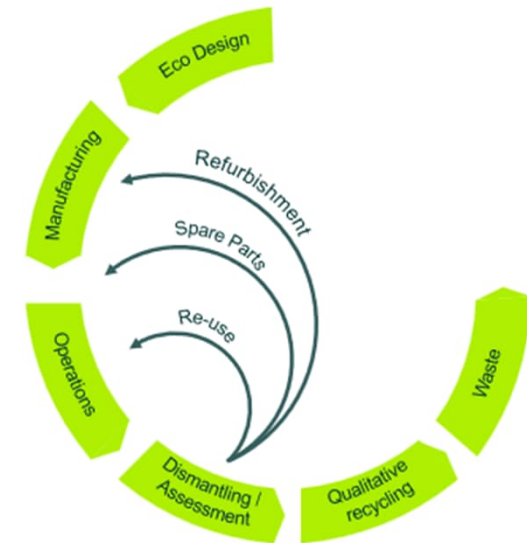
Entreprises étatiques / Exploitants de postes

- Influencer les choix d'approvisionnement ou de reconditionnement d'équipement
- Adapter les spécifications techniques
- Adapter les critères de mieux disance des appels d'offres
- Alimenter la chaîne d'économie circulaire avec de l'équipement déposé

— Prolongation de la durée de vie des équipements: Economie Circulaire ++

Process déjà existant: 148 pôles DJ reconditionnés en 2023 chez MasterGrid:

- ❖ Septembre 2023: Lancement du projet pilote MAIAT ++, portant sur PFA1/FA1/FA2/FA4 : 54% du périmètre
- ❖ Les objectifs:
 - ✓ Augmenter le périmètre technique réutilisable
 - ✓ Ne pas jeter de pièces réutilisables, et contribuer à la décarbonation de MasterGrid
 - ✓ Répondre aux nouvelles et futures demandes de nos clients
 - ✓ Inclusion possible
 - ✓ Réduction des déchets



MasterGrid's Process for circular Economy

- Pre-requisite: technical expertise
- Create the industrial Ecosystem
- Identify the potential of reuse
- Perform efficient expertise
- Create an alternative offer (Pros, warranties etc.)



Economie Circulaire: Projet RTE & MasterGrid: l'exemple Belle-De-Mai

- ❑ Une sous-station à démanteler:

Belle-de-Mai

- ❑ Des éléments critiques du PSEM sont identifiés pour être déposés et rénovés



- ❑ Préparation et études
- ❑ Démontage / Expertise / approvisionnement des pièces
- ❑ Reconditionnement / Essais

- ❑ Prêt pour une remise en place sur le réseau!

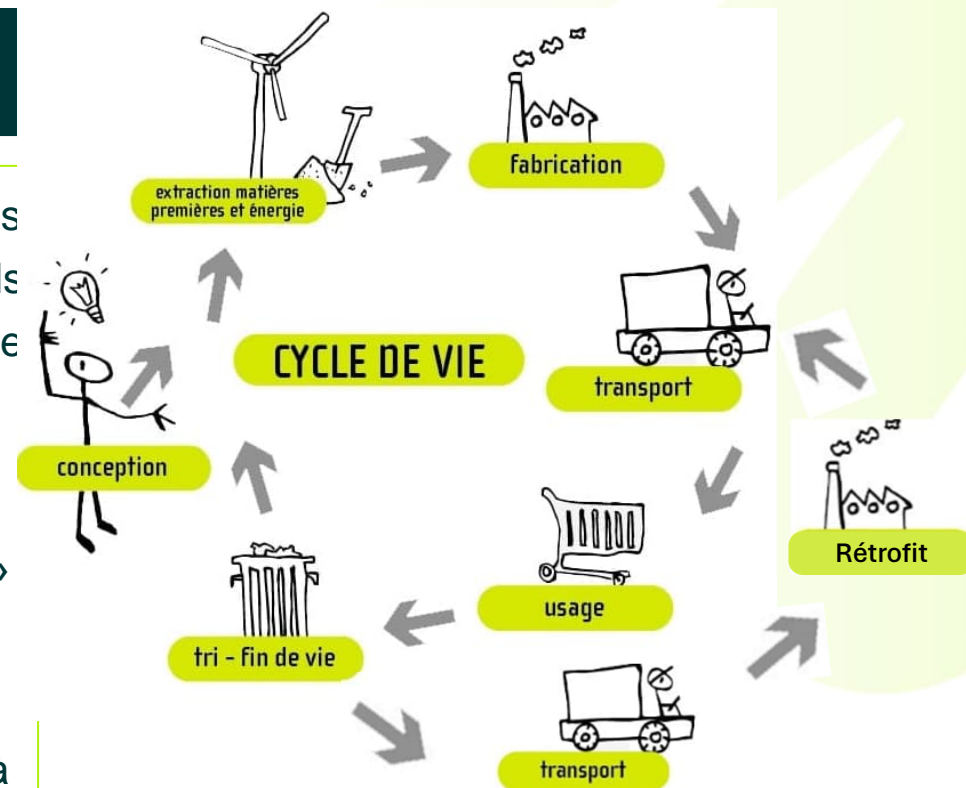
Empreinte environnementale : actions

ACV sur produits neufs / retrofités

Un travail sur le calcul de l'ACV entre les GRT Européen et les fabricants doit être mené. La cohérence des critères de calculs de l'ACV doit d'une part être commun et d'autre part intégrer le réemploi des produits arrivant en fin d'usage.

Cette démarche permettra aux fabricants et utilisateurs.

- Intégrer dans le calcul d'ACV le réemploie en « fin de vie »
- Diminutions des extractions des matières premières et besoins en energie.
- Remplacement de la fabrication par le rénovation-remise à niveau.
- Orienter les choix d'innovations technologiques et maintenabilités-reparabilité.



Les enjeux

1

Pour les Nouvelles générations de postes électriques (PSEM ou conventionnels)

Alternatives au SF6

2

Pour les postes électriques existants

Maintenances et réparations

Solutions de colmatages ou captage

Solutions de Rétrofil

Empreinte environnementale : actions

Mise en oeuvre des gaz alternatifs

Au delà de la mise en œuvre de gaz alternatifs au SF6 dans la conception des nouveaux équipements électriques répondant au besoin de décarbonation du secteur de l'énergie, le retrofit des PSEM représente une piste sérieuse.

Diverses initiatives voient le jour afin de remplacer le SF6 tout en conservant les caractéristiques techniques constructives des matériels électriques avec un minimum d'impact sur les équipements.

Projet innovant : SF6 retrofit

Hitachi Energy - NG UK, Manchester University- NG UK, GE Vernova ou encore RTE – SuperGrid Institute et MasterGrid ont mené ou mené des initiatives de recherches et qualifications de retrofit SF6 dans les PSEM d'ancienne génération 245 et 400 KV.

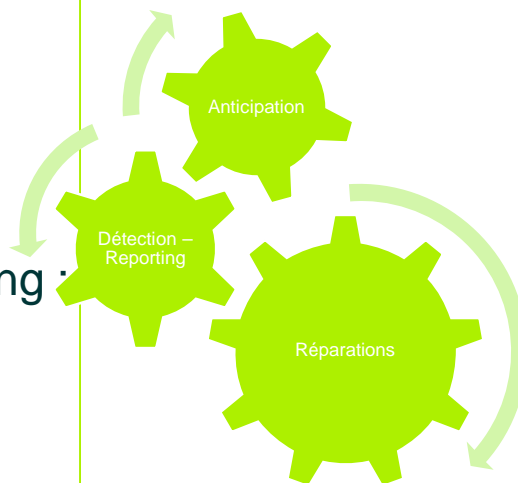
Les gains:

- Baisse des émissions de SF6 (fuite ou maintenance).
- Réutilisation du SF6 retiré vs destruction permet la non-production de nouvelle quantité de SF6.

Empreinte environnementale : actions

Initiatives et projets innovants

- Anticipations :
 - Protection des interfaces notamment pour les équipements extérieurs
- Détections et Reporting :
 - Monitoring SF6
 - Maintenances préventives
- Réparations:
 - Traditionnelles
 - Solutions de confinements / captages



Product Lifecycle Management et ACV

La capacité des constructeurs d'assurer le support et l'innovation sur leurs produits pour des durées d'utilisations supérieures à 50 ans constitue un challenge opérationnel et stratégique aussi bien pour les constructeurs que pour les utilisateurs.

PLM et ACV (analyse de cycle de Vie) doivent s'imbriquer dans une démarche unique d'accompagnement dans la décarbonation des réseaux électriques.

Colmatages futurs – Postes conventionnels



- La base installée mondiale est très importante et vieillissante
- Permettrait d'éviter le remplacement d'appareils ou de prévenir des fuites SF6.



5 - Filière électrique

« Métiers de l'électricité »

16/05/2024

Les enjeux

“INVENTER UN AVENIR DURABLE” :

- Montrer que l'industrie s'adapte et répond aux grands enjeux sociétaux
- Un avenir prometteur pour les métiers de l'industrie... lutter contre les idées reçues

Comprendre l'électricité et sa place aujourd'hui et demain...

Valoriser la filière technique de « l'électricité » et ses métiers en évolution :

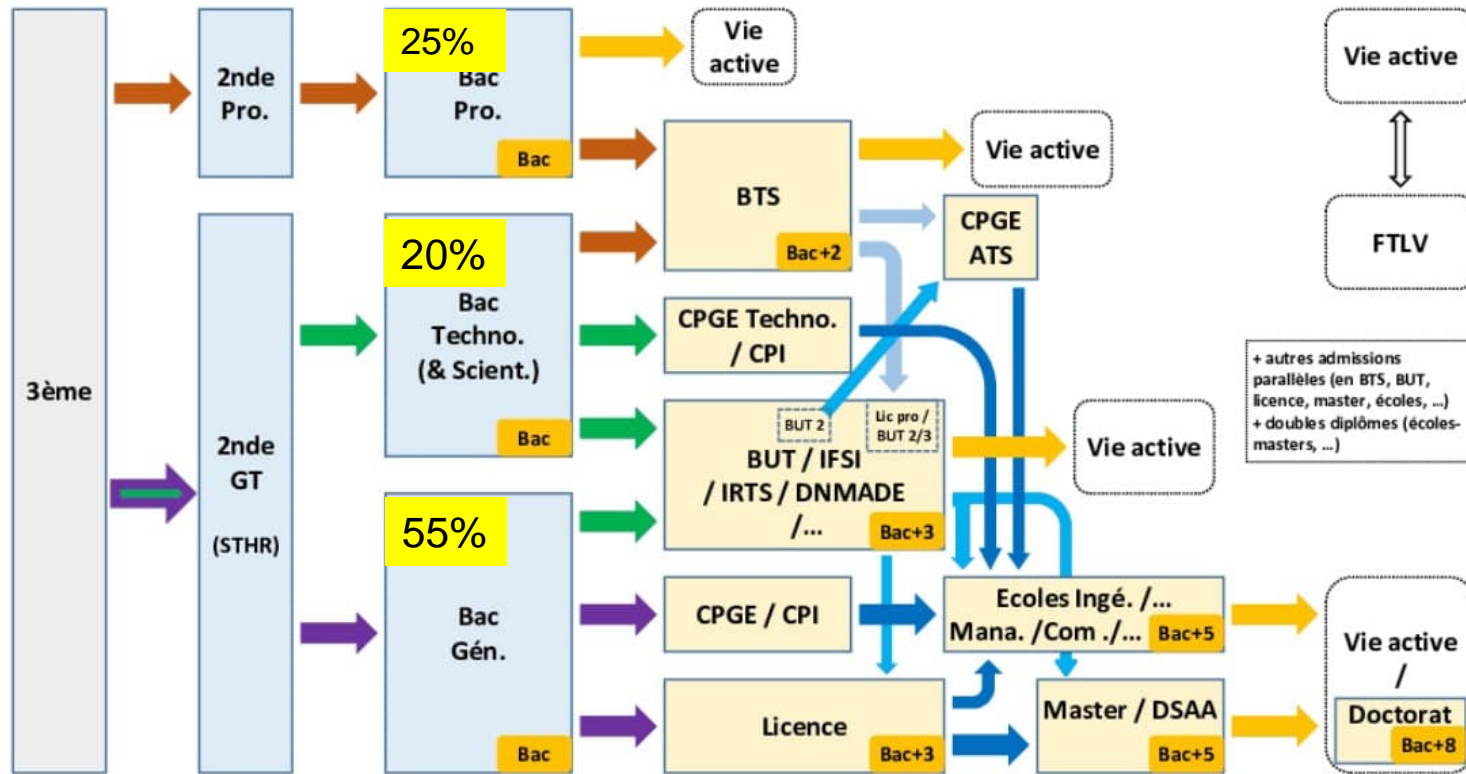
- Faire connaître les techniques ou innovations de « l'électricité aujourd'hui » et pour « demain »
- Montrer sa contribution aux enjeux du développement durable

Présenter les organisations de l'enseignement scientifique pour répondre aux besoins d'aujourd'hui et de demain.

Renforcer les liens entre les industriels du secteur électrique et les jeunes à la recherche d'orientation ou de perspectives de métiers pour décider de leurs études.

Les cursus de formation

- Grande diversité de parcours – Principaux flux



*A titre indicatif

Comprendre l'électricité et sa place aujourd'hui et demain...

Différents degrés de communication vers les élèves :
=> Pour ou par les enseignants et les professionnels

➤ **Cycle 3** (CM1, CM2 et 6^{ième}) + **Cycle 4** (5^{ième}, 4^{ième} et 3^{ième}),

Découvrir l'électricité et ses usages

Faire connaître la Filière électrique et découvrir les activités

➤ **Lycée** (2^{ième}, 1^{ère} et Terminale),

Faire la promotion des métiers et préparer à l'orientation

➤ Postbac : **BTS/BUT + Classes préparatoires voire Ecoles d'ingénieurs**

Aider dans les choix de spécialisation

La filière électrique est présente dans tous les secteurs de l'économie



Systeme électrique

- Production d'électricité
- Réseaux de transport et de distribution d'électricité
- Fourniture et marché de l'électricité
- Services numériques pour le système électrique
- Stockage et batteries

Bâtiment

- Nouvelles constructions
- Rénovation des bâtiments résidentiels, tertiaires et à usage transport
- Equipements et services d'efficacité énergétique
- Data Centers
- Services numériques pour le bâtiment
- Stockage et batteries

Industrie

- Procédés industriels
- Régulation et modulation d'énergie
- Équipements et services d'efficacité énergétique
- Services numériques pour l'industrie
- Stockage et batteries

Infrastructures pour villes et mobilité

- Infrastructures de transport:
 - Routier et autoroutier
 - Ferroviaire
 - Aérien et maritime
- Infrastructures urbaines
- Services numériques pour les villes et la mobilité
- Stockage et batteries



Des perspectives d'avenir très favorables

Un engagement pour le futur pour réussir la transition énergétique en France :

- **La Production décarbonée** du secteur énergétique avec le transfert des énergies fossiles vers l'électricité
- **La Répartition et la Décentralisation** de la production avec le développement des énergies renouvelables et des **réseaux**
- **L'électrification croissante des usages** et la réindustrialisation.
- **La Digitalisation** et intégration des supports numériques,
- **Le Développement de nouveaux usages**

Une présence actuelle forte dans tous les secteurs :

- Infrastructures et installations existantes qui font appel à **l'exploitation et à la maintenance**
- **Développements** qui demandent des **études, fabrication et construction et l'installation d'équipements**

La filière électrique est en évolution rapide

Etude prospective emplois et compétences de la filière électrique



Que s'y passe-t-il ?

Digitalisation et intégration des outils numériques, analyse des données et supports digitaux



Décarbonation du secteur énergétique par la maîtrise de la demande et l'évolution du mix énergétique



Développement de nouveaux usages : stockage, mobilité, bâtiments et villes connectés...



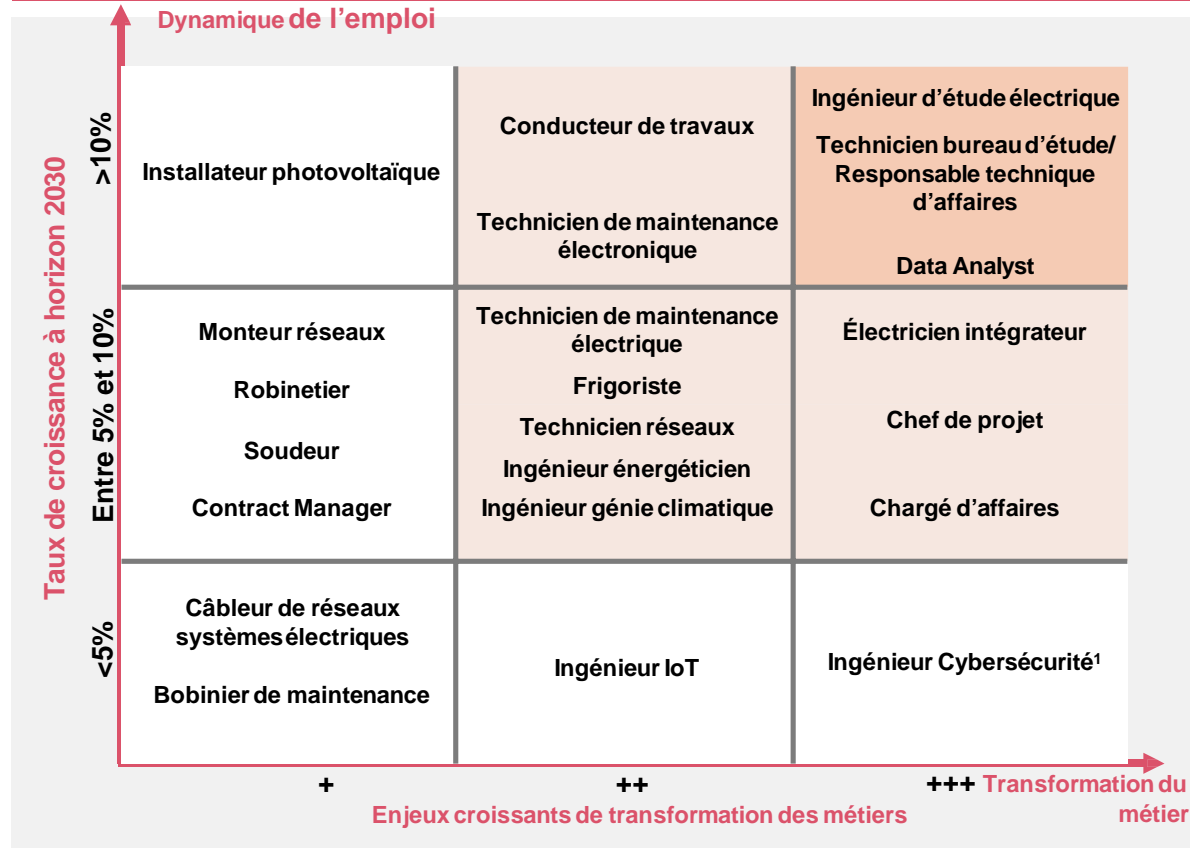
Décentralisation de la production électrique avec le développement des renouvelables, de l'autoconsommation, etc.



« EDEC » de la filière électrique

De très nombreux métiers existent ... On manque de candidats

Les métiers en tension représentent près de 30% des emplois de la filière = des opportunités pour les professionnels



Susciter des vocations vers l'électricité pour demain...

Quelles Actions et quelle Communication : QUI et COMMENT ?

Mise à disposition de documentation : Brochures, bandes dessinées, vidéos, fonds documentaire
...

Des passerelles d'échanges entre Enseignants et industriels, les formations et les écoles

- *Présentations par l'enseignant OU Interventions dans des Expositions, Forum, ...*
- *Organisation de formations pour les professeurs (des écoles ou scientifiques)*
- *Insertion d'articles dans les revues ou diffusion dans les réseaux*
- *Mise à disposition sur les sites internet*
- *Visites pour découvrir les métiers....*

5

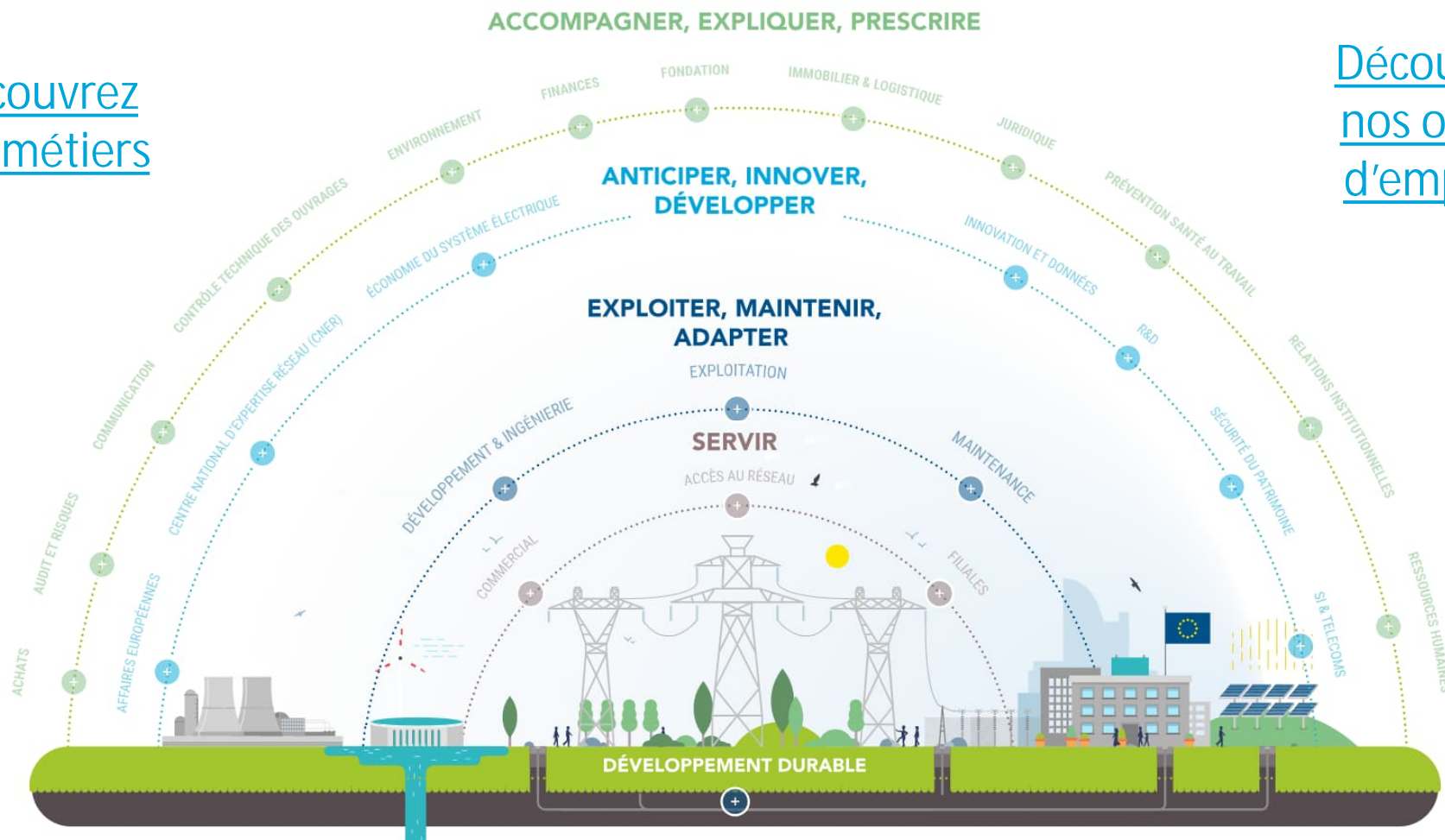
Nos métiers et perspectives



Nos métiers

[Découvrez nos métiers](#)

[Découvrez nos offres d'emplois](#)



du Développement & Ingénierie du réseau

Pour quoi faire ?

Conduire les études et les projets de développement ou de renouvellement du réseau.

Les différents métiers

- Ingénieur-e d'études
- Chargé-e d'études
- Assistant-e d'études
- Chef-fe de projet
- Chargé-e de concertation

Il faut savoir parler technique, maîtriser des applications de calcul complexes, négocier avec les prestataires les coûts et les délais, obtenir l'adhésion des riverains et des élus, piloter des études autant que des chantiers.

Tu es intéressé.e ?

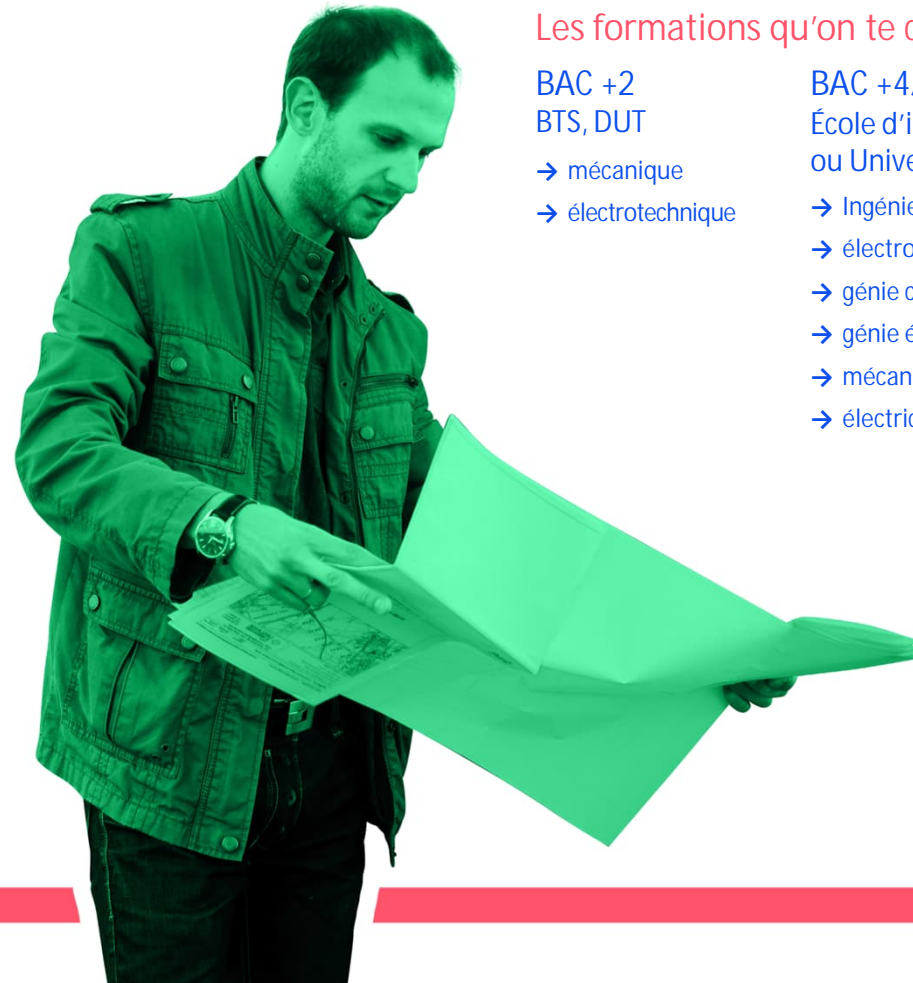
Les formations qu'on te conseille

BAC +2
BTS, DUT

- mécanique
- électrotechnique

BAC +4/5
École d'ingénieur
ou Université

- Ingénierie généraliste
- électrotechnique
- génie civil
- génie électrique
- mécanique
- électricité télécoms



de la maintenance du réseau

Pour quoi faire ?

Surveiller, entretenir et dépanner les installations du réseau : postes électriques, lignes, équipements numériques et télécoms.



Surveiller les lignes par hélicoptère, avec un drone ou devant un ordinateur, escalader un pylône pour changer une chaîne d'isolateurs, contrôler le niveau des disjoncteurs dans un poste électrique, entretenir la végétation près des lignes tout en veillant à préserver la biodiversité... La maintenance c'est une multitude de métiers et de savoir-faire présents sur plus de 190 sites.



Les différents métiers

- Technicien-ne de maintenance ligne/poste/automatismes et systèmes industriels
- Ingénieur-e d'études
- Agent-e environnement

Tu es intéressé.e ?

Les formations qu'on te conseille

BAC Pro

→ MELEC
Métiers de l'électricité et de ses environnements Connectés

→ MEI
Maintenance des équipements industriels

BAC +2

→ BTS Électrotechnique
→ BTS MS
Maintenance des systèmes
→ DUT GEII
Génie Électrique et Informatique Industrielle

BAC +3

→ Licence 3EA
électronique, énergie électrique et automatique



de l'exploitation du réseau

Pour quoi faire ?

Garantir l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité à chaque instant et piloter les flux et la tension électriques en temps réel.



250 dispatchers ont l'oeil rivé sur les flux 24h/24 et 7j/7.

En cas d'écart entre l'offre et la demande d'électricité, ils demandent à une unité de production de monter son programme d'un cran ou à un industriel de lever le pied sur la consommation. Et si ça marche, c'est parce que 200 prévisionnistes compilent des milliers de données pour prévoir la consommation électrique à court, moyen et long terme.



Les différents métiers

- Chargé-e de conduite et études (dispatcher)
- Ingénieur-e d'exploitation
- Technicien-ne exploitation
- Ingénieur-e prévisionniste

Tu es intéressé.e ?

Les formations qu'on te conseille

BAC +2

BTS,

DUT

→ mécanique

→ électrotechnique

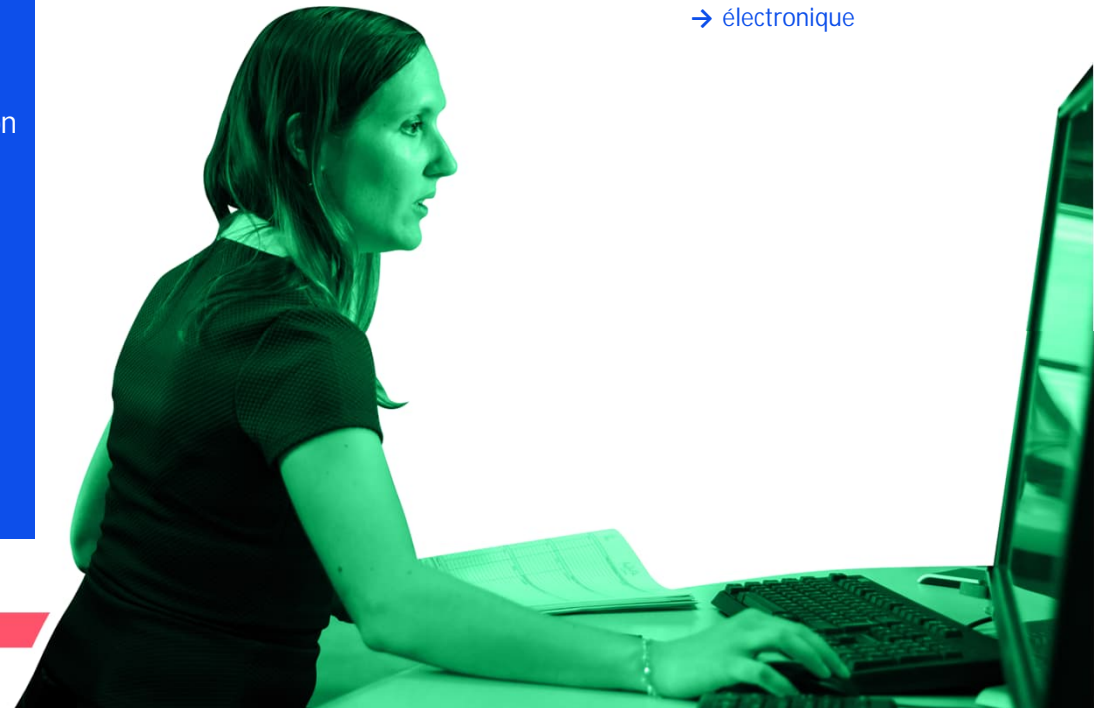
BAC +4/5

École d'ingénieur
ou Université

→ Ingénierie généraliste

→ électrotechnique

→ électronique



Systemes d'information & Télécoms

Pour quoi faire ?

Concevoir, maintenir et exploiter des solutions numériques et informatiques innovantes au service des besoins des métiers pour accompagner la transformation de l'entreprise et de l'outil industriel.

Les différents métiers

- Développeur·euse-concepteur·rice
- Chef·fe de projet SI
- Superviseur·euse réseaux télécoms
- Administrateur·rice réseaux/datas centers
- Analyste cybersécurité
- Designer

Les Systèmes d'information & Télécoms de RTE, ce sont plus de 300 applications en service, 200 projets, 4 data centers et 500 experts des SI, des réseaux IP et Télécoms, de la cybersécurité et des projets informatiques.

Tu es intéressé.e ?

Les formations qu'on te conseille

BAC +4/5

École d'ingénieur ou Université

- ingénierie généraliste
- systèmes & réseaux
- mathématiques appliquées
- data analyse
- développement Back-End
- gestion de projet



Les perspectives

En quelques chiffres

- ❑ *Un plan de recrutement sans précédent*
- ❑ *En 2023*
 - 703 arrivés, + 40% par rapport à 2022
 - 89 embauches d'alternants en CDI
 - + 40% de candidatures spontanées
- ❑ *Cette tendance va se poursuivre*
 - 800 salariés/an à minima jusqu'en 2025
- ❑ *Le renforcement des relations avec les écoles est un levier pour nous faire connaître*
- ❑ *Pour nous rejoindre : RTE recrutement*

4 filiales pour valoriser notre savoir-faire et nos actifs

RTE INTERNATIONAL

valorise l'expertise, assure la promotion et la commercialisation de notre savoir-faire en matière de gestion du réseau électrique à l'étranger.

ARTERIA

valorise les 25 500 km de liaisons optiques déployées sur le réseau électrique ainsi que les pylônes pour accueillir des antennes de téléphonie mobile.

AIRTELIS

fait la promotion et commercialise des services et des travaux héliportés en France comme à l'étranger.

CIRTEUS

développe et propose à ses clients – industriels, producteurs, distributeurs – des prestations de services, de formation d'ingénierie, de maintenance pour l'exploitation de leurs installations électriques haute tension.

5

Métiers et perspectives

MasterGrid : nos métiers

- ❖ Chefs de projets, chargés d'études
- ❖ Experts / service technique / Ingénieurs ACV
- ❖ Concepteurs
- ❖ Chefs de chantiers, directeurs de chantier
- ❖ Coordinateurs Chantiers
- ❖ Assurance qualité / amélioration continue
- ❖ Acheteurs responsables
- ❖ Responsables Industriels / méthodiste industrielle
- ❖ Technico-commerciaux
- ❖ Manager de contrats



— MasterGrid : les avantages de nos métiers

- Travail en équipe, souvent exercé sur le terrain chez les clients ou dans les ateliers ;
- Contact direct avec les clients sur les chantiers ;
- Interventions sur des systèmes électriques variés ;
- Métier de passion, alliant curiosité, expertise et apprentissage permanent ;
- Possibilité de travailler partout dans le monde à court terme ;
- Multiples opportunités d'évolutions et de promotions internes ;



- **Votre métier contribuera à améliorer l'impact environnemental des systèmes électriques, en prolongeant la durée de vie des équipements de nos clients.**
- **Chez MasterGrid, vous interviendrez au cœur des enjeux de la transition énergétique.**

Merci!

 **MasterGrid**
AlwaysOn



INSA | INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

Appendix

Sources:

_ Icônes (1 sur 2)

Icônes Business



Icônes Teamwork



_ Icônes (2 sur 2)

Icônes SEO & Marketing

