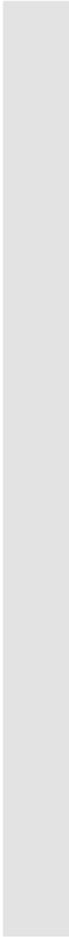


Empreinte carbone de la transmission de données sur le réseau RENATER

Présentation AFNIC 04/07/22 - Marion Ficher
Collaborateur.rices : Françoise Berthoud, Anne-Laure Ligozat,
Patrick Sigonneau, Badis Tebbani, Maxime Wisslé



- Contexte
- Méthode
- Résultats
- Leviers de réduction
- Conclusion



Contexte



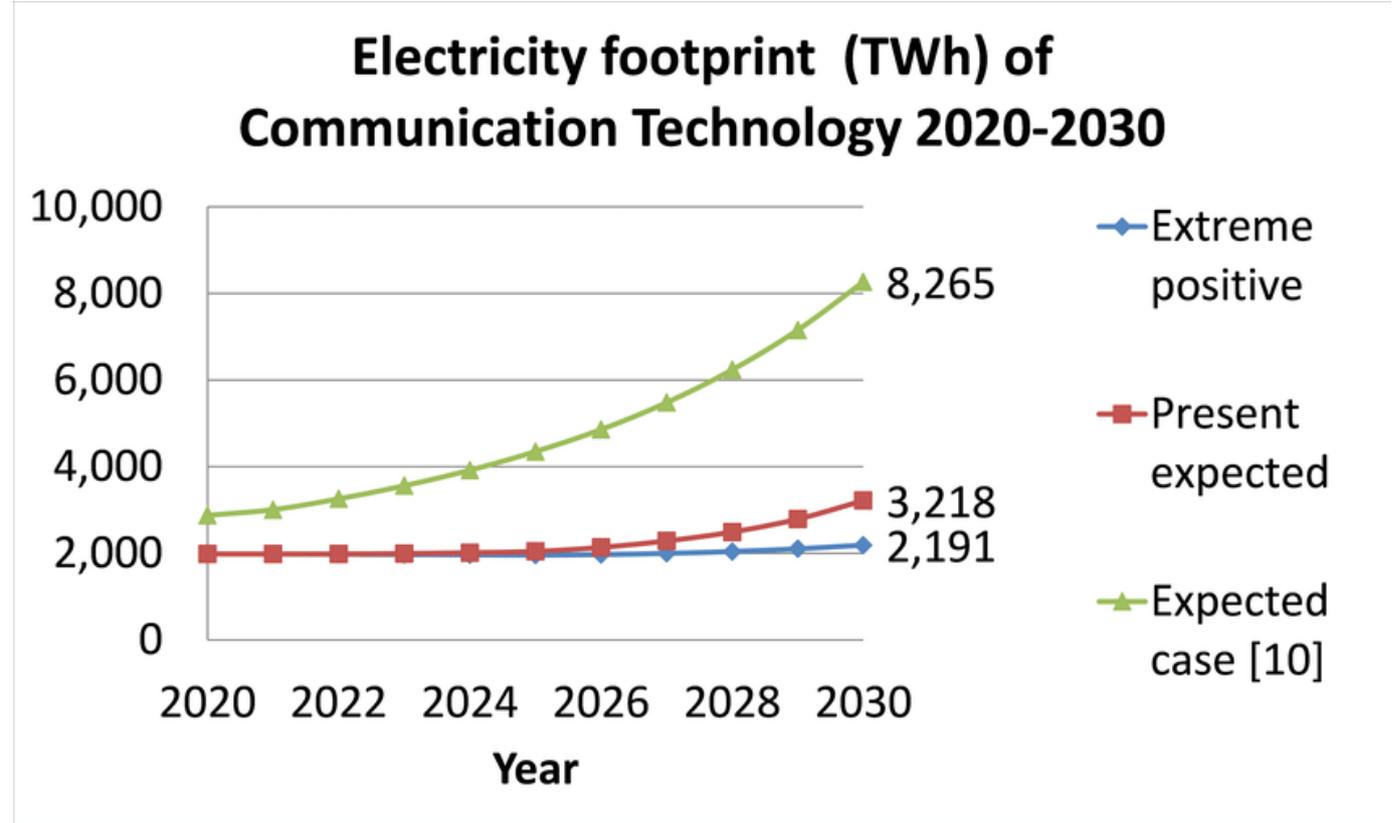
- **NREN** (National Research and Education Network) connecté au réseau mondial
 - Fournisseur d'accès internet dédié aux universités et aux centres de recherches
 - Fournisseur de services numériques pour ses utilisateurs
- **72 nœuds et 12 000 km de fibre optique** en France métropolitaine



- Groupement de Services du CNRS **dédié à la réduction des impacts environnementaux et sociétaux du numérique**
- Groupe de travail existant depuis 2006

4 à 7%
de l'énergie
consommée
au niveau
mondial
[3,5]

Forte
croissance
de +6%
par an [5]



Source : Andrae (2020) [1]

Pour tenir l'objectif
de +1,5°C des
accords de Paris (2015)



Réduction de 7,6 %
des émissions de
Gaz à Effet de Serre
(GES) par an au
niveau mondial

Aujourd'hui,
les TIC génèrent
1400 Mt CO₂e
par an
Soit 3,5 à 4 % des
GES au niveau
mondial

Infrastructure
TIC (réseau et centres
de données) : en
général impacts
majeurs sur la **phase
d'utilisation**

Terminaux
utilisateurs : impacts
majeurs sur la **phase
de fabrication**

Source : Bol et al. (2021) [3]

- **Pas d'étude publique avec approche ascendante** sur l'évaluation de l'empreinte carbone de la transmission de données
- Très peu d'études publiques dans le domaine d'évaluation environnementale du numérique
- **Plusieurs études sur l'intensité énergétique d'internet centrées sur la partie utilisation** et non le cycle de vie d'un service
- Intensité énergétique d'internet calculée en kWh/Go

Méthode

Modèle de calcul d'empreinte carbone

Unité fonctionnelle :
« Transmettre 1 Go de données entre Orsay et Montpellier
par une liaison en fibre optique »

- Indicateur environnemental : **potentiel de réchauffement climatique exprimé en kg CO₂e**
- Périmètre de l'étude : **backbone et centre de supervision (NOC)**
- **Mesures directes** pour la plupart des équipements (consommation électrique et trafic IP) excepté dans les *shelters*
- **Calculs d'extrapolation** sur l'impact de transport et fabrication de quelques équipements

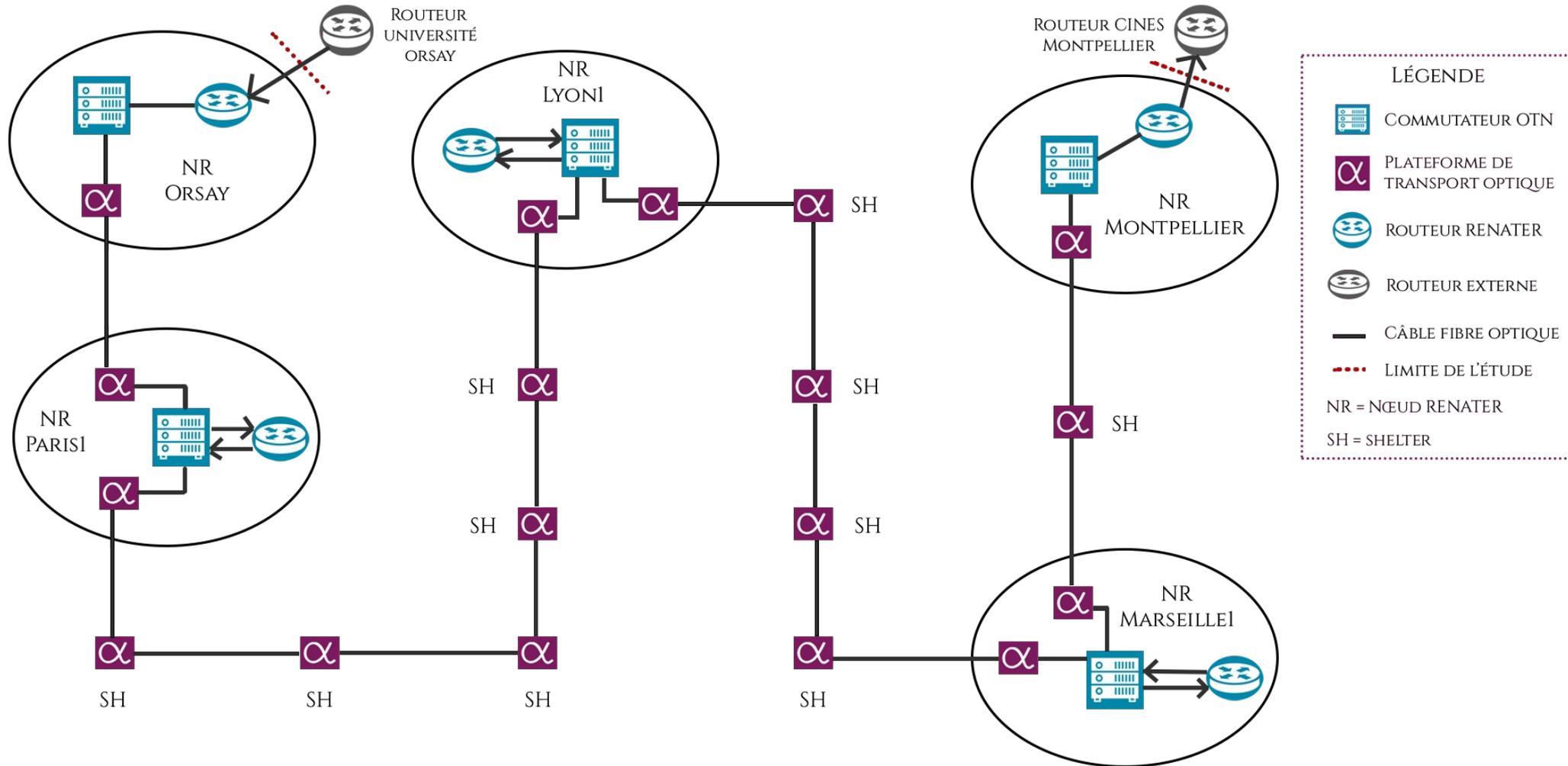
**Prend en compte les
émissions de GES
générées par :**

- L'extraction des matières premières et la fabrication des équipements
- Le transport des équipements
- L'utilisation des équipements
- La supervision par le NOC
- La fabrication, distribution, installation et utilisation des câbles de fibre optique

**Exclut les émissions
de GES générées par :**

- La fabrication des bâtiments hébergeant les équipements
- La fin de vie des équipements

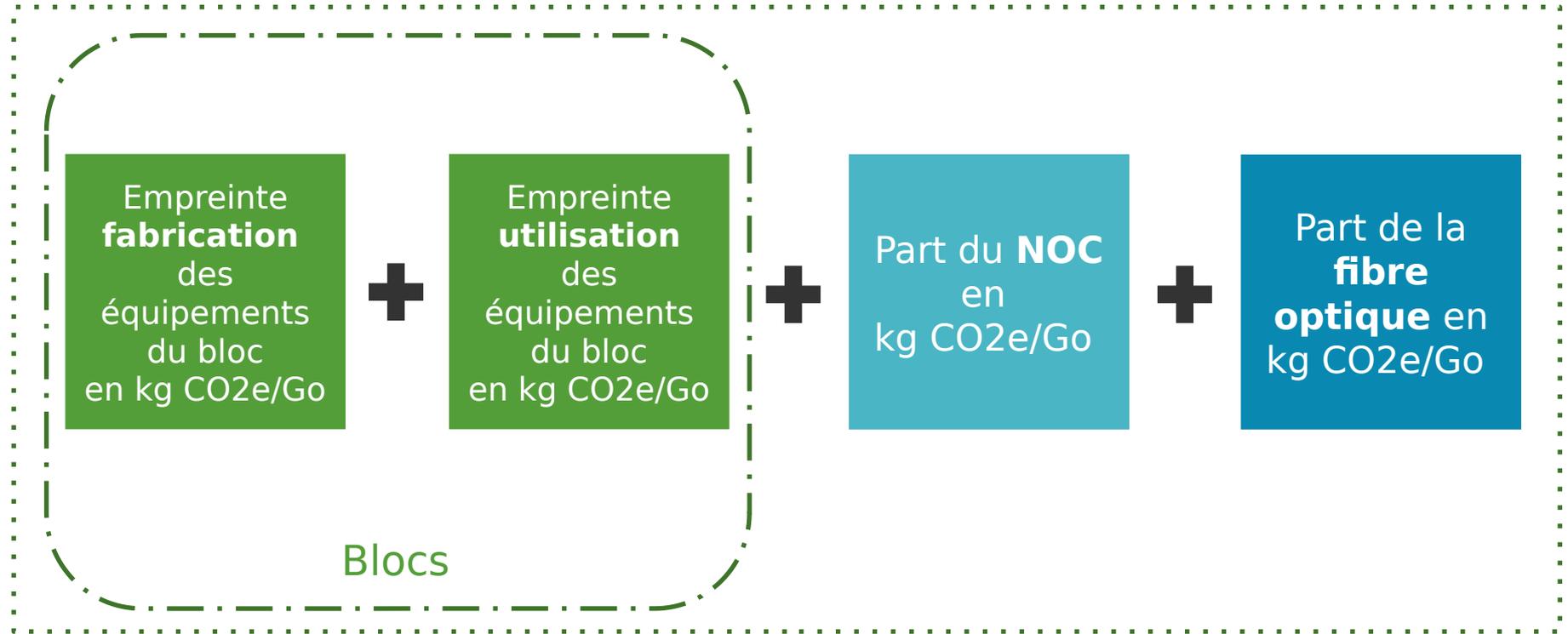
- Le **PUE** des sites des nœuds du réseau (NR et shelters) est de **1,8** [2].
- La durée de vie des équipements correspond à la durée d'utilisation sur le réseau RENATER en années.
- Le trafic IP transitant sur un équipement n'évolue pas au cours de son utilisation.
- Le trafic IP sur le réseau RENATER n'évolue pas au cours des années.
- Le mix énergétique retenu est le mix énergétique français.



Inventaire des équipements du *backbone*

Empreinte carbone de la transmission de 1 Go de données en kg CO2e / Go

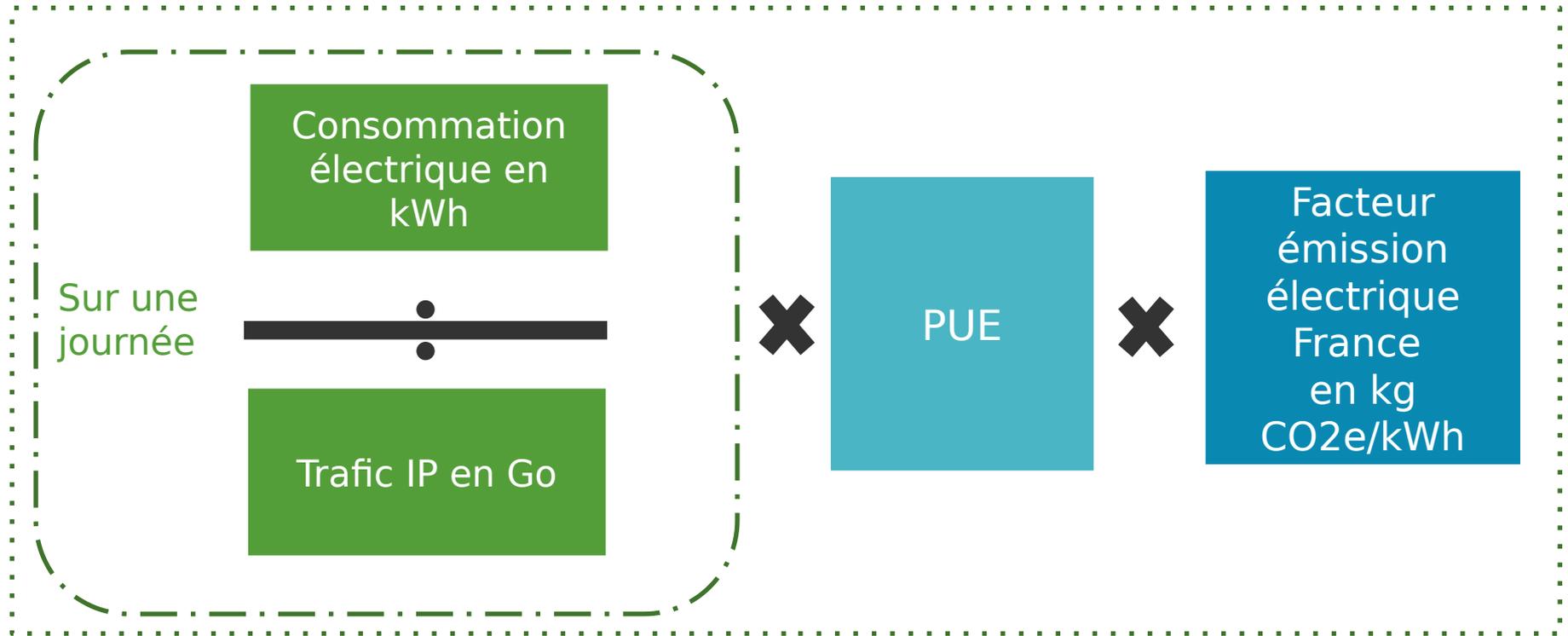
=



Modèle de calcul de l'empreinte carbone : formule générale

Empreinte liée à l'utilisation d'un équipement en kg CO2e/Go

=



Modèle de calcul de l'empreinte carbone : phase utilisation

Empreinte liée à la fabrication d'un équipement en kg CO2e/Go

=

Émissions GES
production en
kg CO2e

+

Émissions GES
transport en kg
CO2e

÷

Trafic IP sur 1
an en Go

×

Durée de vie
en année

Modèle de calcul de l'empreinte carbone : phase fabrication

Part du NOC en kg CO2e/Go

=

Sur l'ensemble des équipements

Consommation
électrique sur 1
an en kWh

×

PUE

×

FE
électrique
en kg CO2e
/kWh

÷

Trafic IP sur le réseau RENATER
en 1 an en Go

Empreinte utilisation

Par équipement

Émissions GES
production
en kg CO2e

+

Émissions GES
transport
en kg CO2e

÷

Durée de
vie
en année

×

Trafic IP sur le
réseau
RENATER
en 1 an en Go

Empreinte fabrication

+

Modèle de calcul de l'empreinte carbone : part du NOC

Part de la fibre optique en kg CO2e/Go

=

Nombre de km
sur le réseau
RENATER

×

FE fibre optique
en kg CO2e/km

÷

Trafic IP sur le
réseau RENATER
en 1 an en Go

×

Durée de vie
en année

Modèle de calcul de l'empreinte carbone : part de la fibre optique

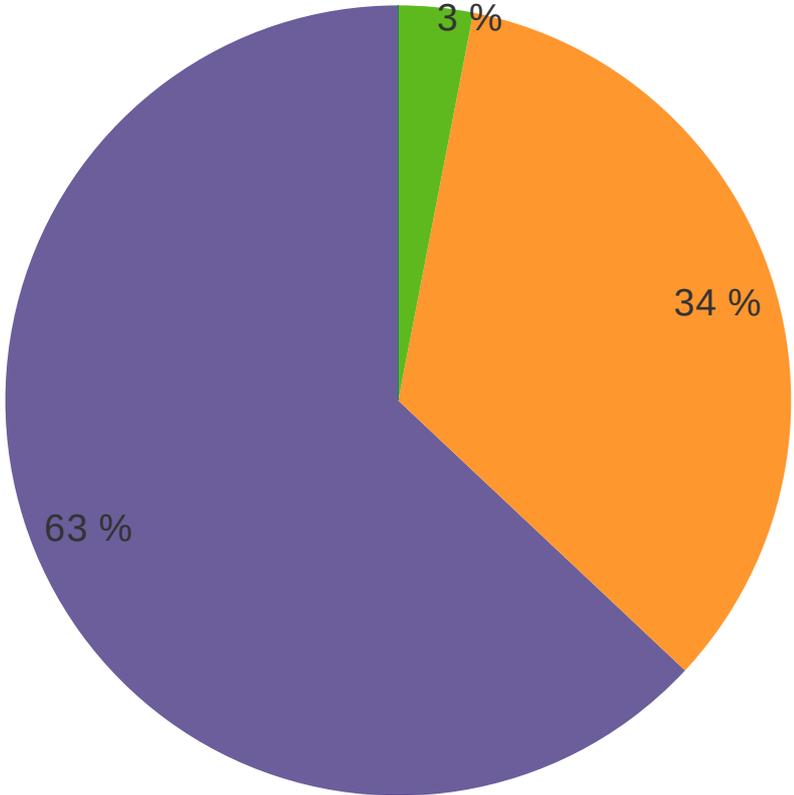


Résultats

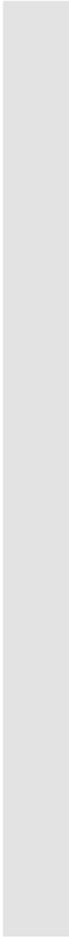
Intensité énergétique moyenne sur le réseau RENATER entre Orsay et Montpellier	0,005 kWh/Go
Fourchette d'intensité énergétique de Aslan et al. (2018) [2]	Entre 0,004 et 0,136 kWh/Go

Répartition de l'empreinte carbone entre Orsay et Montpellier

Empreinte carbone moyenne : 1,5 g CO2e/ Go



■ Part utilisation ■ Part fabrication ■ Part NOC ■ Part fibre



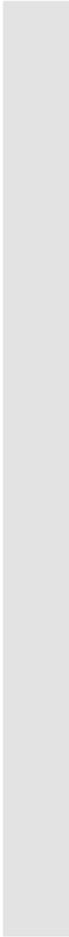
Leviers de réduction

- **Contrôle de la consommation** en cas de redondance des équipements
- **Réduction du temps** entre l'insertion d'une nouvelle carte d'interface sur un équipement et son activation
- **Optimisation** des chemins de routage, réduction des nœuds et augmentation des points de *peering*

- **Sensibilisation** des utilisateurs et des décideurs
- **Demande systématique des empreintes** aux fournisseurs
- **Lutte contre l'obsolescence programmée**

- Intégration systématique de modules permettant l'**accessibilité à la consommation électrique** d'un équipement
- Production d'équipements dont la **consommation électrique est proportionnelle au trafic transitant**
- **Augmentation de la durée de garantie** des équipements

- **Envoi systématique des données**
concernant les empreintes de fabrication et
des autres phases du cycle de vie
- **Transparence** des méthodes de calculs
employées
- Production d'**autres critères
environnementaux**



Conclusion

Empreinte carbone moyenne de
1,5 g CO2e / Go entre Orsay et Montpellier

1 342 465 Go / jour en moyenne sur le
réseau RENATER en 2019

Masse des données générées en 2020 sur
Internet [4] :
60 zettaoctets
Soit 60.000.000.000.000 Go

- Résultat d'empreinte carbone inférieur au résultat réel

- Créer une **étude de bout en bout**, en incluant les terminaux utilisateurs et réseaux d'accès utilisateurs
- Intégrer les **impacts liés à la fin de vie, aux bâtiments, aux équipes participant à la conception et à l'installation**
- Reproduire cette étude sur **l'ensemble du backbone**
- Faire une **étude multicritère**
- Calculer les **incertitudes**



Merci beaucoup pour votre attention

- [1] Andrae, A. S. (2020). New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letters*, 3(2), 19-31.
- [2] Aslan, Joshua, et al. "Electricity intensity of internet data transmission: Untangling the estimates." *Journal of Industrial Ecology* 22.4 (2018): 785-798.
- [3] Bol, David, Thibault Pirson, and Rémi Dekimpe. "Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene." 2021 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE). IEEE, 2021.
- [4] Mallarino, Didier et al. " Les impacts environnementaux et sociétaux des données : un défi pour l'avenir " (2022), https://conf-ng.jres.org/2021/document_revision_2468.html?download
- [5] Rapport du Shift project Lean ICT publié en 2019 : https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf

Publications sur les travaux présentés :

Ficher, Marion, et al. "Assessing the carbon footprint of the data transmission on a backbone network." 2021 24th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks and Workshops (ICIN). IEEE, 2021.

Ficher, Marion, et al. Rapport: évaluation de l'empreinte carbone de la transmission d'un gigaoctet de données sur le réseau RENATER. Technical report, RENATER, 2021. <https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2020/12/Rapport-revise-1Go-VF02-2021.pdf>