

Consommation d'énergie des réseaux radio



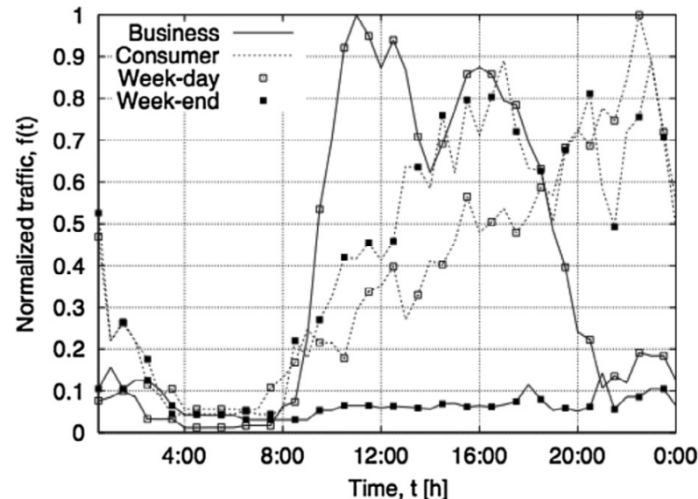
Joël PENHOAT
Orange Labs

Quelques chiffres

- Les infrastructures ITN (Information Technology and Network) contribuent à hauteur des **2/3** de la consommation totale d'énergie du groupe Orange.
- Les réseaux radio contribuent à hauteur de **1/2** de la consommation d'énergie des infrastructures ITN.
- Dans un réseau radio, le cœur contribue à hauteur de **15%** de la consommation d'énergie, et le RAN (Radio Access Network), composé de stations de base et de contrôleurs, contribue à hauteur de **85%** de la consommation totale du réseau, les stations de base et leur environnement technique contribuant à hauteur de **90%** de la consommation totale du RAN.

Compréhension du problème

- Traditionnellement, un réseau fixe ou mobile est dimensionné pour offrir une Qualité de Service optimale pendant **les heures de pointe**.
- Comme l'énergie consommée par une infrastructure n'était pas une contrainte jusqu'au années 2000 (la contrainte est la disponibilité 24H/24H de l'énergie), le dimensionnement a généré une consommation importante d'énergie pendant les heures creuses car la différence entre le débit maximal en heure de pointe et le débit minimal en heure creuse est importante.



Variation du trafic au cours d'une journée

Objectif de l'étude

- L'étude :
 - Décrit une méthode évaluant la puissance électrique consommée à l'échelle d'un pays par les stations de base et leur environnement technique;
 - Examine les actions mises en œuvre pour réduire l'énergie consommée par les stations de base et leur environnement technique.

I) Evaluer la puissance électrique

- Il existe deux méthodes d'évaluation de la puissance consommée par les stations de base et leur environnement technique.
 - Dans la première, appelée "**TOP-DOWN**", l'évaluation se fait à partir des factures d'énergie;
 - Dans la seconde, appelée "**BOTTOM-UP**", elle est évaluée à partir de la connaissance des caractéristiques des équipements déployés dans un pays.
- La méthode retenue pour l'évaluation est la méthode "BOTTOM-UP".

I) Evaluer la puissance électrique

- Dans la méthode "BOTTOM-UP", l'installation de compteurs mesurant la puissance consommée par les équipements radio est la méthode la plus précise pour connaître la consommation électrique.
- Cette démarche est coûteuse à l'échelle d'un pays car elle nécessite l'installation et la maintenance d'un grand nombre de compteurs.
- Une démarche plus économe consiste à connaître les composants **les plus énergivores** des stations de base et leur environnement technique puis à mettre en œuvre :
 - Une régression linéaire;
 - Ou un échantillonnage stratifié;
 - Ou un modèle analytique.

I) Evaluer la puissance électrique

- Les composants les plus énergivores des stations de base et leur environnement technique sont:

Composant	Répartition de la puissance consommée par une station de base et son environnement technique
Amplificateur de puissance	65%
Processeur de traitement des signaux numériques-analogiques	10%
Unités de traitement de l'air	17,5%
Unités d'alimentation électriques	7,5%

I) Evaluer la puissance électrique

- Une régression linéaire définit une relation linéaire entre la puissance consommée et des paramètres mesurables.
- Un échantillonnage stratifié répartit les stations de base et leur environnement technique dans plusieurs groupes (les strates) en fonction de leurs composants les plus énergivores, puis répartit les échantillons entre les différentes strates en adoptant des taux de sondage variables ou uniformes d'une strate à l'autre.
- Un modèle analytique définit une fonction mathématique modélisant la puissance consommée par les composants les plus énergivores des stations de base et leur environnement technique.

I) Evaluer la puissance électrique

- Orange a développé un modèle analytique d'évaluation de la puissance consommée par les stations de base et leur environnement technique.

I) Evaluer la puissance électrique

- Dans le modèle analytique, la puissance consommée par une station 2G est :

$$P_{bts}^{2G} = \left(P_{trx}^{2G} + \frac{P_{pa}^{2G}}{\mu_{pa}^{2G}} * \rho^{2G} \right) * N_{trx}$$

Equipement	Paramètre	Description
Station de base 2G	P_{trx}^{2G}	Puissance moyenne nécessaire au traitement des signaux numériques-analogiques
	P_{pa}^{2G}	Puissance maximale d'un amplificateur de puissance. Elle est atteinte lorsque la charge induite par le trafic des utilisateurs est égale à 100%
	μ_{pa}^{2G}	Efficacité énergétique d'un amplificateur de puissance
	ρ^{2G}	Charge d'un amplificateur de puissance induite par le trafic des utilisateurs
	N_{trx}	Nombre d'émetteurs/récepteurs analogiques

I) Evaluer la puissance électrique

- Dans le modèle analytique, la puissance consommée par une station 3G est :

$$P_{bts}^{3G} = P_{bbm}^{3G} * N_{bbm}^{3G} + \left(P_{trx}^{3G} + \frac{P_{pa}^{3G}}{\mu_{pa}^{3G}} * \rho^{3G} \right) * N_{pa}^{3G}$$

Station de base 3G	P_{bbm}^{3G}	Puissance moyenne consommée par un modem baseband
	P_{trx}^{3G}	Puissance moyenne nécessaire au traitement des signaux numériques-analogiques
	P_{pa}^{3G}	Puissance maximale d'un amplificateur de puissance. Elle est atteinte lorsque la charge induite par le trafic des utilisateurs est égale à 100%
	μ_{pa}^{3G}	Efficacité énergétique d'un amplificateur de puissance
	ρ^{3G}	Charge d'un amplificateur de puissance induite par le trafic des utilisateurs
	N_{bbm}^{3G}	Nombre de modem baseband
	N_{pa}^{3G}	Nombre d'amplificateurs de puissance

I) Evaluer la puissance électrique

- Dans le modèle analytique, la puissance consommée par l'environnement technique des stations 2G/3G est :

$$P_{bts}^{power}(2G,3G) = (P_{bts}^{2G,3G}) * loss^{2G,3G}$$

$$P_{bts}^{cool}(2G,3G) = P_{air} * N_{air} + P_{vent} * N_{vent}$$

Environnement technique	P_{air}	Puissance consommé par une unite de traitement d'air
	P_{vent}	Puissance consommé par un ventilateur
	$loss^{2G,3G}$	Pourcentage de pertes des équipements d'alimentation en électricité
	N_{air}	Nombre d'unité de traitement d'air
	N_{vent}	Nombre de ventilateurs

I) Evaluer la puissance électrique

- La mise en œuvre du modèle analytique pour un réseau radio déployé dans un pays nécessite la collecte d'informations parfois difficiles à obtenir sur le terrain.

I) Evaluer la puissance électrique

- Lorsque la collecte des informations est difficile à obtenir, Orange a défini deux modèles évaluant la puissance consommée à partir d'une régression linéaire basée sur un petit nombre d'informations [1].
- Le premier modèle, appelé "**Complete Model**", nécessite une quantité d'informations plus importante que le second, appelé "**Reduced Model**".
- La précision de l'estimation fournie par un modèle est fonction de la longueur de la séquence d'apprentissage du modèle. Plus la séquence d'apprentissage est longue, meilleure est la précision.
 - Par exemple, une longueur d'apprentissage égale à 6% de la totalité des sites radio d'Orange Slovaquie permet d'obtenir une estimation de la puissance avec une erreur relative de 10% et une précision de 0,95 pour les deux modèles.

[1] Vu T.T., El Tabach M., En-Najjary, T., and Gati, A., "Statistical Power Consumption Assessment of Mobile access Networks at Country Level", 20th European Wireless Conference; Proceedings of European Wireless

I) Evaluer la puissance électrique

- Le modèle analytique a été appliqué au réseau **d'Orange Slovaquie** pour évaluer l'énergie consommée entre 2006 et 2020.
- L'estimation, réalisée en 2012 pour **sept scénarios**, prend en compte les prévisions d'évolution du parc d'équipements entre 2013 et 2020.

I) Evaluer la puissance électrique

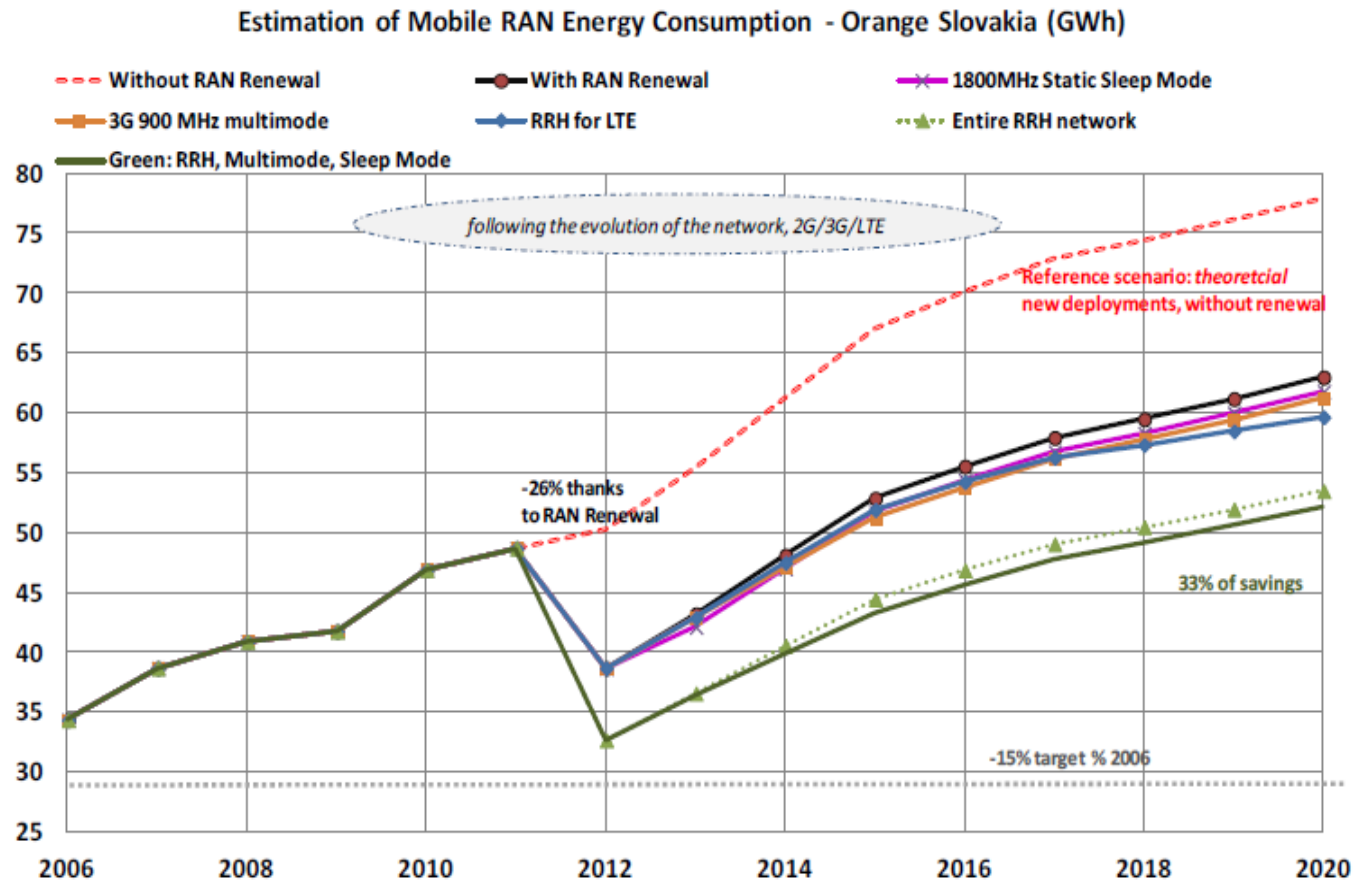
- Le premier scénario, appelé "**Without RAN Renewal**", évalue la consommation d'énergie en prenant en compte l'évolution du parc 3G et 4G à l'horizon 2020 et en supposant que le programme de renouvellement des stations de base 2G n'a pas été réalisé.
- Le second scénario, appelé "**With RAN Renewal**", prend en compte le renouvellement des stations de base 2G.
- Le troisième scénario, appelé "**With 1800 MHz sleep mode**", désactive les amplificateurs de puissance 1800 MHz des stations de base 2G 900 MHz/1800 MHz lorsqu'il y a peu de trafic à écouler, typiquement entre minuit et cinq heures du matin.

I) Evaluer la puissance électrique

- Le quatrième scénario, appelé "**With 3G 900 MHz multimode**", mutualise les amplificateurs de puissance des stations de base 2G 900 MHz et 3G 900 MHz.
- Dans les cinquième et sixième scénarios, respectivement appelés "**With RRH for LTE**" et "**Entire RRH network**", les Radio Head Units des stations de base sont déportés aux sommets des pylônes au lieu d'être colocalisés à leurs bases avec les Base Band Units.
- Le septième scénario est la somme des scénarios deux à six.

I) Evaluer la puissance électrique

- La compilation des scénarios deux à six montre une augmentation de la consommation d'énergie de **148% par rapport à 2006** en raison du déploiement des réseaux 3G et 4G malgré une diminution de 33% par rapport au premier scénario.



I) Evaluer la puissance électrique

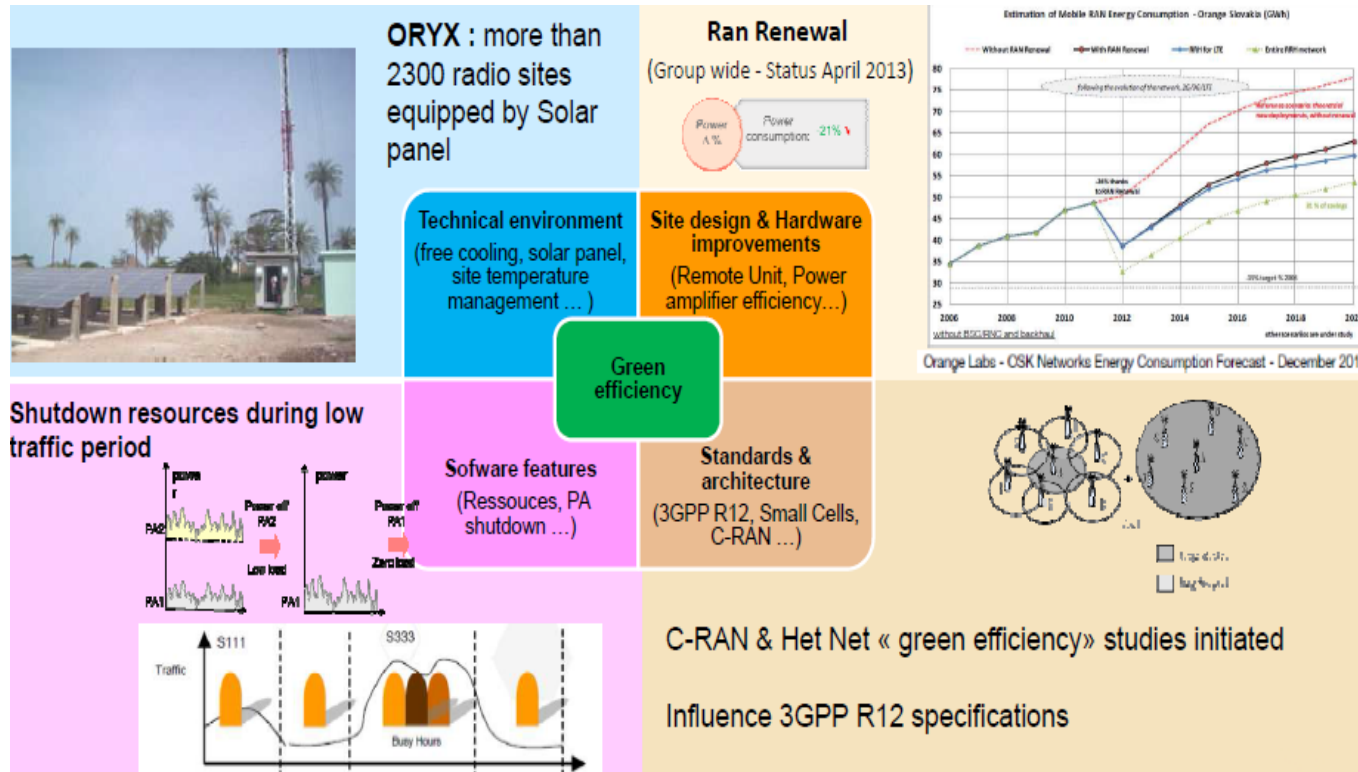
- L'augmentation de la consommation d'énergie due à **l'accroissement du nombre de stations de base** nécessite d'examiner les actions possibles pour améliorer leur efficacité énergétique.

II) Améliorer l'efficacité énergétique

- L'analyse des actions à mettre en œuvre pour améliorer l'efficacité énergétique des réseaux radio classe les actions en **quatre groupes**.

II) Améliorer l'efficacité énergétique

- Les quatre groupes sont représentés dans le schéma suivant :



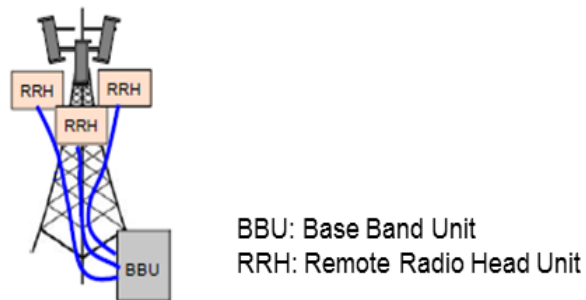
Classification des actions améliorant l'efficacité énergétique

II) Améliorer l'efficacité énergétique

- Le premier groupe d'actions concerne les équipements de l'environnement technique.
 - Le déploiement dans les pays Africains de panneaux photovoltaïques alimentant des stations de base fonctionnant à des températures de l'ordre de 55° Celsius, est un exemple d'actions.

II) Améliorer l'efficacité énergétique

- Le deuxième groupe d'actions concerne l'amélioration de l'efficacité énergétique des composants des stations de base.
 - Le programme RAN Renewal consistant à remplacer les équipements 2G et 3G par des plates-formes 2G/3G/4G implémentant les nouveaux standards radios, est un exemple d'actions de ce groupe;
 - Un autre exemple d'actions est l'étude de l'impact du déport des RRHs vers le sommet des pylônes et des BBUs vers le cœur du RAN sur la consommation d'énergie d'un réseau 4G.



Déport des RRHs et des BBUs

II) Améliorer l'efficacité énergétique

- Le troisième groupe d'actions concerne l'implémentation logicielle de fonctions activant ou la désactivant des composants d'une station de base en fonction du trafic à transmettre.
- Le quatrième groupe concerne les actions menées en normalisation, telles que le draft préconisant l'intégration de télémesures dans les équipements pour obtenir des valeurs fiables des consommations d'énergie des équipements radio.

Conclusion

- L'évaluation de la consommation d'énergie d'un réseau radio déployé dans un pays peut se faire sans déployer des compteurs d'énergie. Il existe des modèles analytiques qui prennent en compte les composants les plus énergivore d'un RAN.
- Il est possible de définir quatre axes d'amélioration de l'efficacité énergétique d'un RAN.