



Technologie des câbles : optimisation des caractéristiques électriques et non électriques des câbles

- ✓ Saturation des réseaux : solutions « Light » avant d'installer des nouvelles lignes aériennes ou câblées
- ✓ « Smart Grids » : mise en place de senseurs (« Smart Products ») pour mieux connaître la charge des lignes électriques Haute Tension
- ✓ Enfouissement partiel : application à des nouvelles lignes ou à des lignes existantes
- ✓ Amélioration de l'efficacité énergétique et considérations économiques : pertes de transmission

- **Les opérateurs de réseau de transport cherchent des solutions :**
 - ➔ Pour satisfaire la **demande croissante**
 - ➔ Pour **augmenter la fiabilité** du réseau de transport
 - ➔ Pour **diminuer le temps d'exécution**

- **Difficulté d'obtenir des droits de passage et des autorisations**

- **Particulièrement difficile pour nouvelles lignes**

- **Besoin croissant d'une meilleure utilisation des installations existantes**
 - **Version « Light » : mise en place senseurs** pour connaître en temps réel la capacité réelle des lignes de transport
 - **Version « Medium » : remplacement des conducteurs aériens**
- **Enfin si les moyens « Light » ou « Medium » sont insuffisants, il faut se résoudre à des installations de nouvelles lignes**

Systèmes de surveillance CAT-1









- CAT-1 : mesure de la traction des conducteurs et la température de rayonnement nette, + transmission des données au logiciel du centre de contrôle du réseau (EMS/SCADA).
- Calcul des températures des conducteurs, de la flèche et des capacités de la ligne => informations aux opérateurs. Surveillance thermique en temps réel = assure à la fois la fiabilité et des avantages sur le marché.
- Capacité augmentée de 10 à 30% pour un coût égal de 5 à 10% d'une mise à niveau ou création de ligne.
- Plus de 300 unités en service dans le monde à des tensions pouvant atteindre 500 kV



**Connaître en temps réel la marge en termes de capacité
 Anticiper les goulots d'étranglement afin de les éviter**

- Produits à haute performance => jusqu'à 150% augmentation de capacité (cas d'urgence)
 - ✓ **AAAC** : plus léger, plus longues portées, plus de capacité
 - ✓ **ACCC (cœur en fibre de carbone)** : extrêmement léger, très longues portées
 - ✓ **Conducteurs à haute capacité (T)** : T-ACSR, (H) STACIR, ACSS, T-ACCC
 - ✓ **Design compact pour tous** : Aero-Z[®], TW

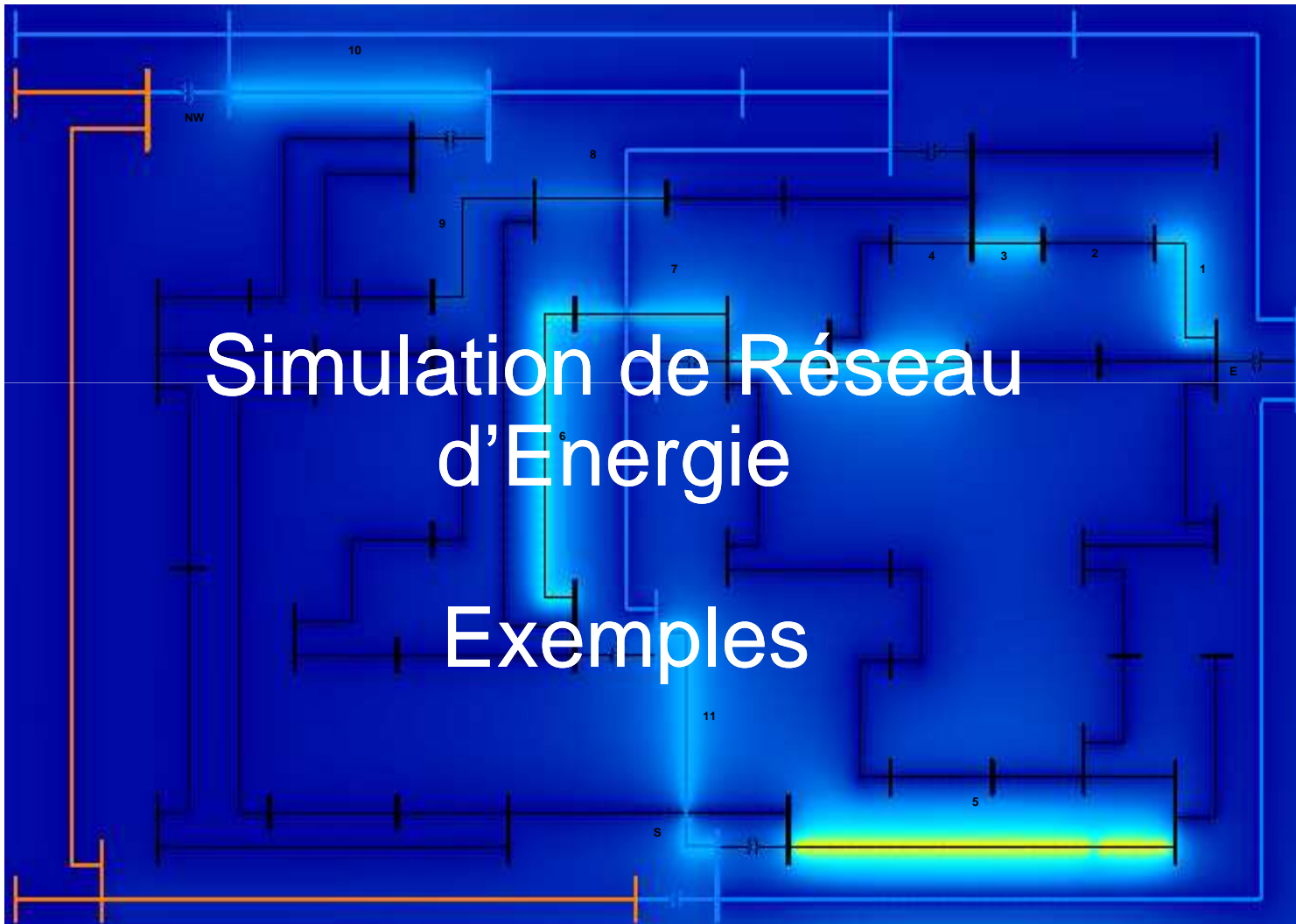


Conducteur haute performance	Type de conducteur Aluminium	Température max de service		Applications réseau
ACSS/TW ou ZW (EHS)	Supporté par coeur en acier renforcé (Résistance à la traction supérieure)	250°C		Haute température Flèche et poids moyens
(H)STACIR/TW	Allié (super) Thermo-Résistant (ZTAL) avec coeur renforcé à l'acier Invar	210°C		Haute température Faible flèche, Poids élevé
(T)ACCC/TW ou ZW	A coeur en matériaux composite (coeur en fibre de carbone)	180-200°C		Moyenne-haute température Faible flèche et faible poids Peut substituer TOUT autre conducteur
T-ACSR	Allié Thermo-Résistant (TAL) avec coeur renforcé à l'acier	150°C		Moyenne température Forte flèche Poids élevé
AACSR-Z AAAC-Z	Allié avec coeur renforcé à l'acier Allié homogène	80-90°C	 <small>AAAC AERO-Z</small>	Température standard / flèche standard / Corrosion réduite/ entretien réduit / faible traînée aérodynamique

Augmentation de capacité

Problème en Suisse : la limite imposée pour le champ électromagnétique à 1 μ T

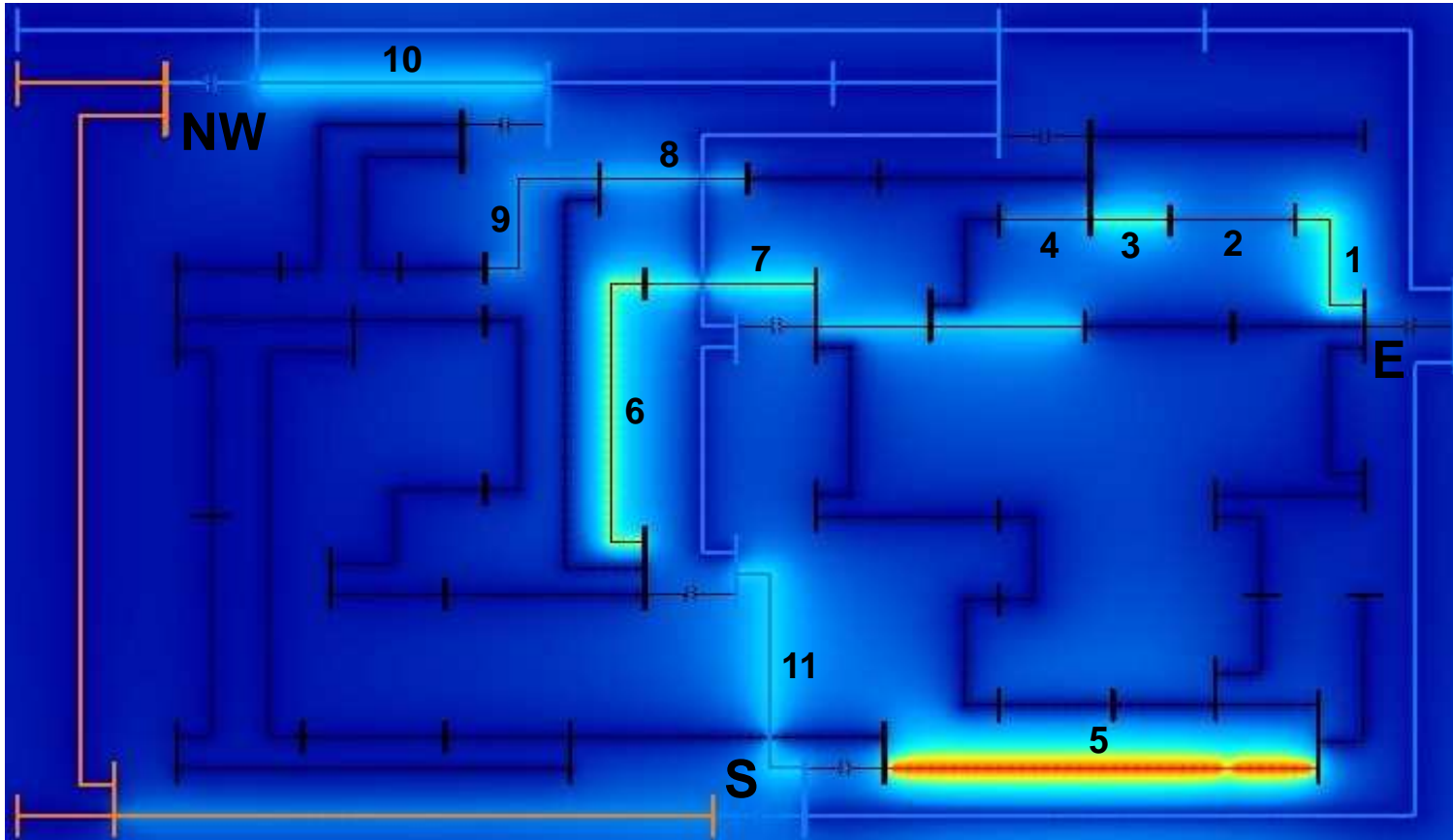
- ✓ Possibilités de simulation de réseau
- ✓ Optimisation des « points chauds » et simulations thermiques
- ✓ Calcul des pertes de transmission pendant la durée de vie
- ✓ Impacts de l'enfouissement partiel de lignes existantes ou nouvelles



Améliorer la sécurité réseau en remplaçant les conducteurs

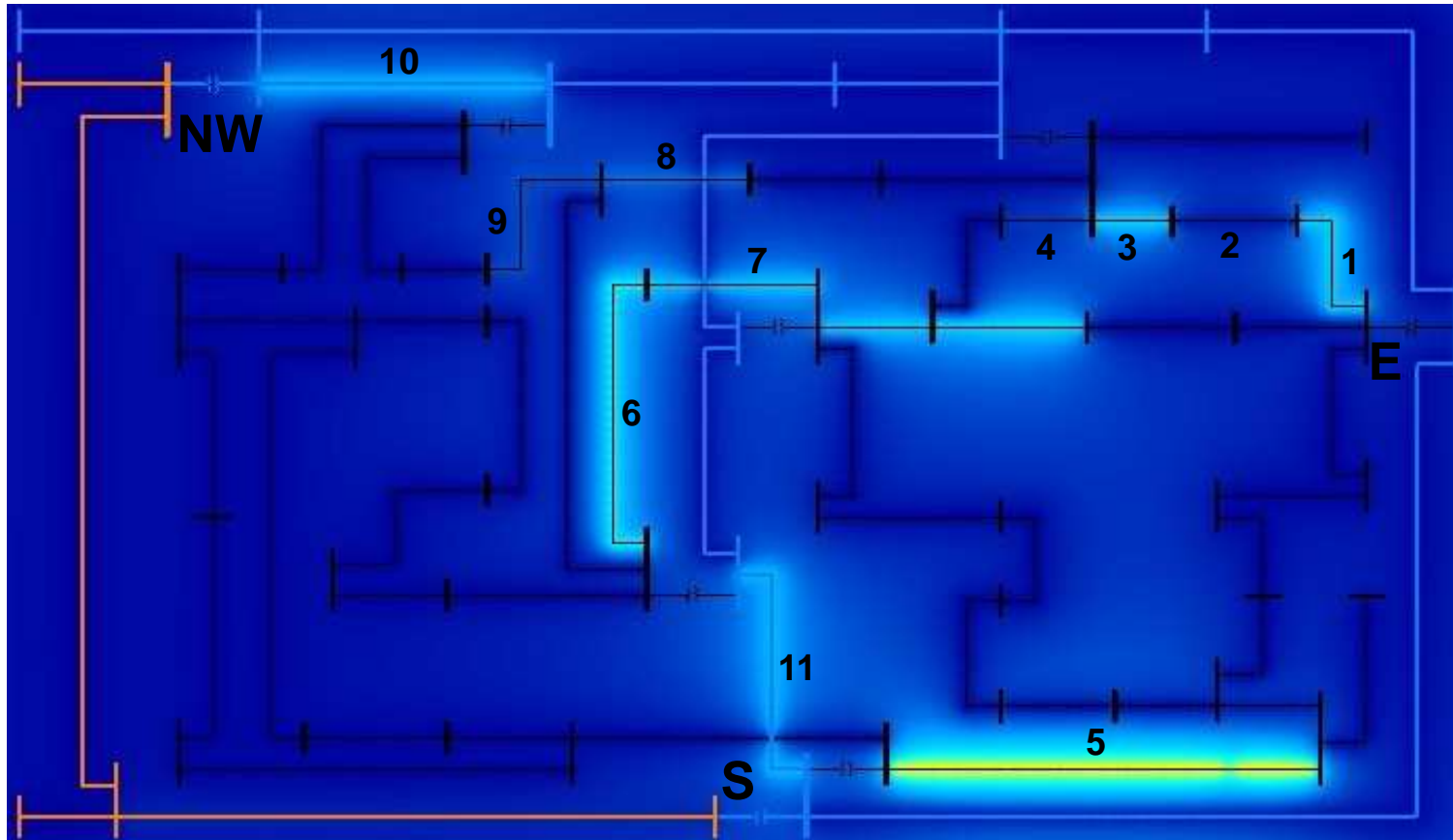
- Conserver la même infrastructure sans renforcement
- Cahier des charges des nouveaux conducteurs
 - ➔ Diamètre plus petit ou égal
 - ➔ Poids plus faible ou identique
 - ➔ Résistance mécanique identique ou supérieure
- Options possibles
 - ➔ T-ACSR et ACSS – capacité augmentée et résistance électrique identique
 - ➔ AAAC-Z – capacité augmentée et résistance électrique plus faible

Conductor Type	Linnet ACSR/RW	242-A2F-189 AAAC-Z	Drake ACSR/RW	538-A2F-284 AAAC-Z
Overall Diameter (mm)	18,31	18,90	28,11	28,35
Rated Strength (kN)	62,7	72,6	139,9	161,0
Weight (kg/km)	689	688	1628	1552
AC Resistance at 25 °C (Ω/km)	0,1695	0,1379	0,0724	0,0638



Line	Load
1	80,6 %
2	58,9 %
3	80,1 %
4	61,8 %
5	103,4 %
6	85,6 %
7	79,4 %
8	67,5 %
9	62,5 %
10	72,5 %
11	72,5 %

50% \geq Utilisation des lignes \leq 110%



Line	Load
1	70,9 %
2	52,0 %
3	70,8 %
4	54,9 %
5	91,9 %
6	75,8 %
7	70,1 %
8	60,1 %
9	56,9 %
10	67,1 %
11	67,1 %

Le remplacement des conducteurs classiques avec du AAAC-Z réduit les pertes de 21.2 %



50%≥

Utilisation des lignes

≤110%

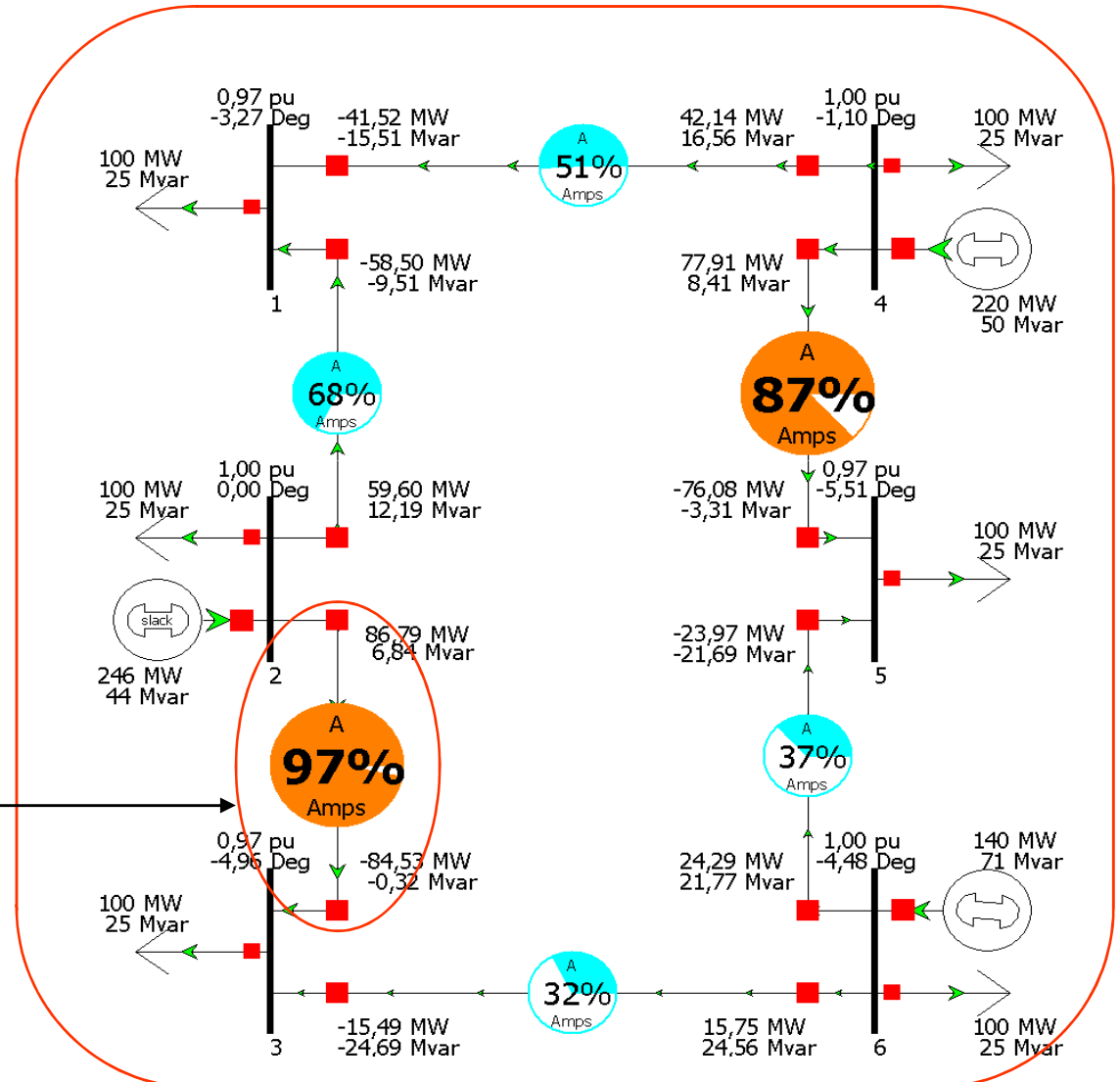
- Simulation utilisant le logiciel **Power World**
- Remplacement ligne ACSR d'un réseau de référence réaliste par autres solutions :

- ✓ *Conducteurs aluminium renforcé acier (ACSS)*
- ✓ *Câble enterré (UGC)*
- ✓ *Enfouissement partiel*

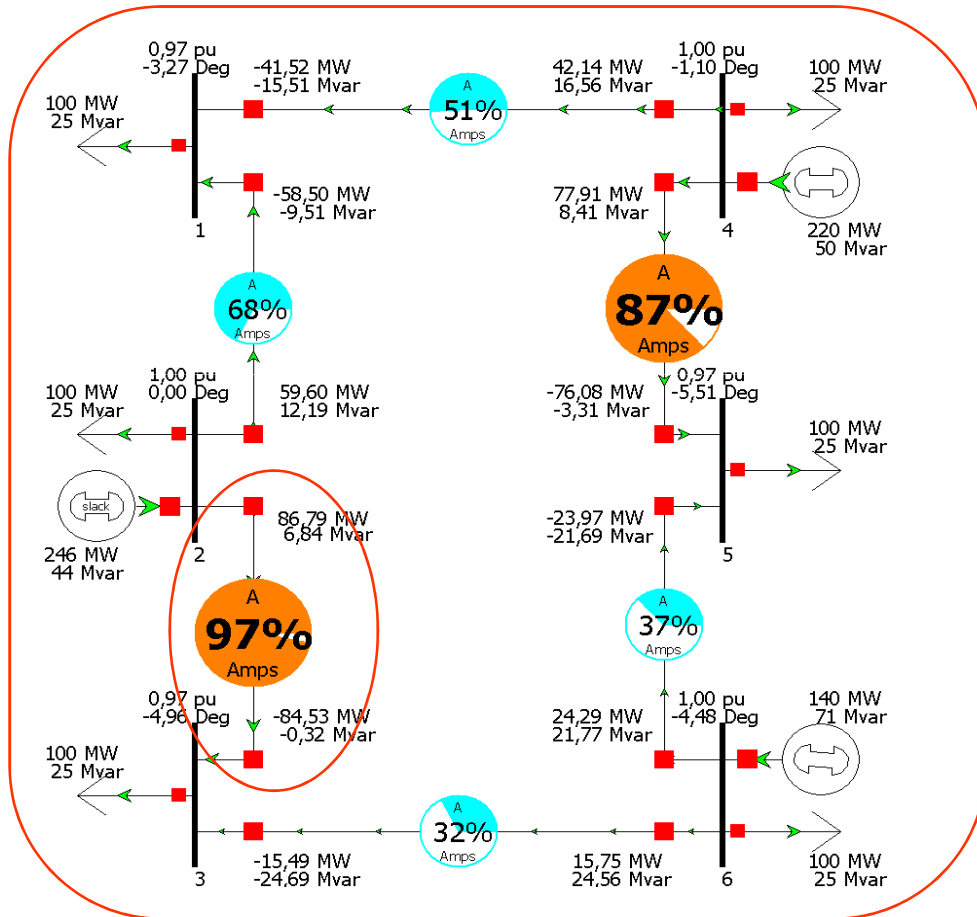
- Objectif : évaluer l'influence sur la charge et les pertes réseau

- Réseau 110 kV en anneau avec 6 „bus“, 3 generateurs, 6 charges & 6 lignes aériennes ACSR (chacune de 30 km)
- Pertes calculées= 6.4MW

Ligne aérienne ACSR à remplacer



Référence ACSR Pertes= 6,4 MW



ACSR

ACSS

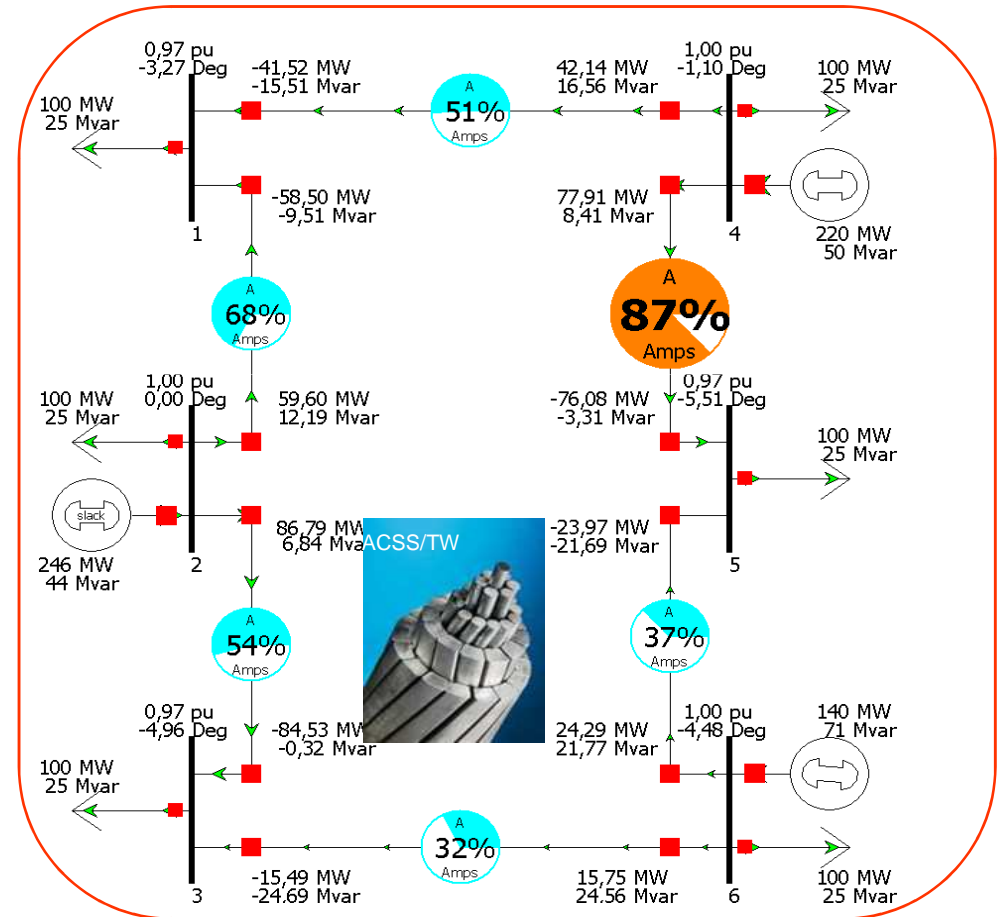
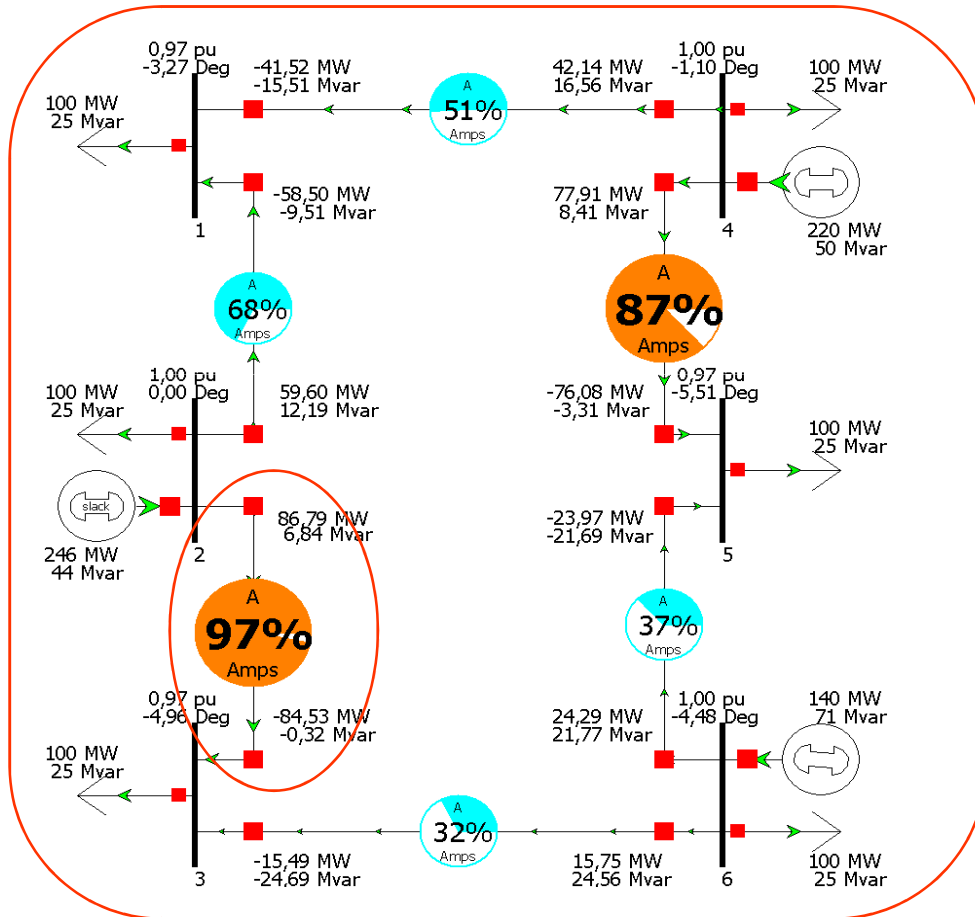
I_r	470 A	R'	0,12 Ω /km
		X'	0,40 Ω /km
l	30 km	C'	9,0 nF/km
I_r	850 A	R'	0,12 Ω /km
		X'	0,40 Ω /km
l	30 km	C'	9,0 nF/km

Résistance ACSS ~ ACSR (0,12 Ω /km)
mais la capacité de la ligne est 100%
plus élevée (850A vs. 470A)

ACSS en remplacement de ACSR

Référence ACSR
Pertes= 6,4 MW

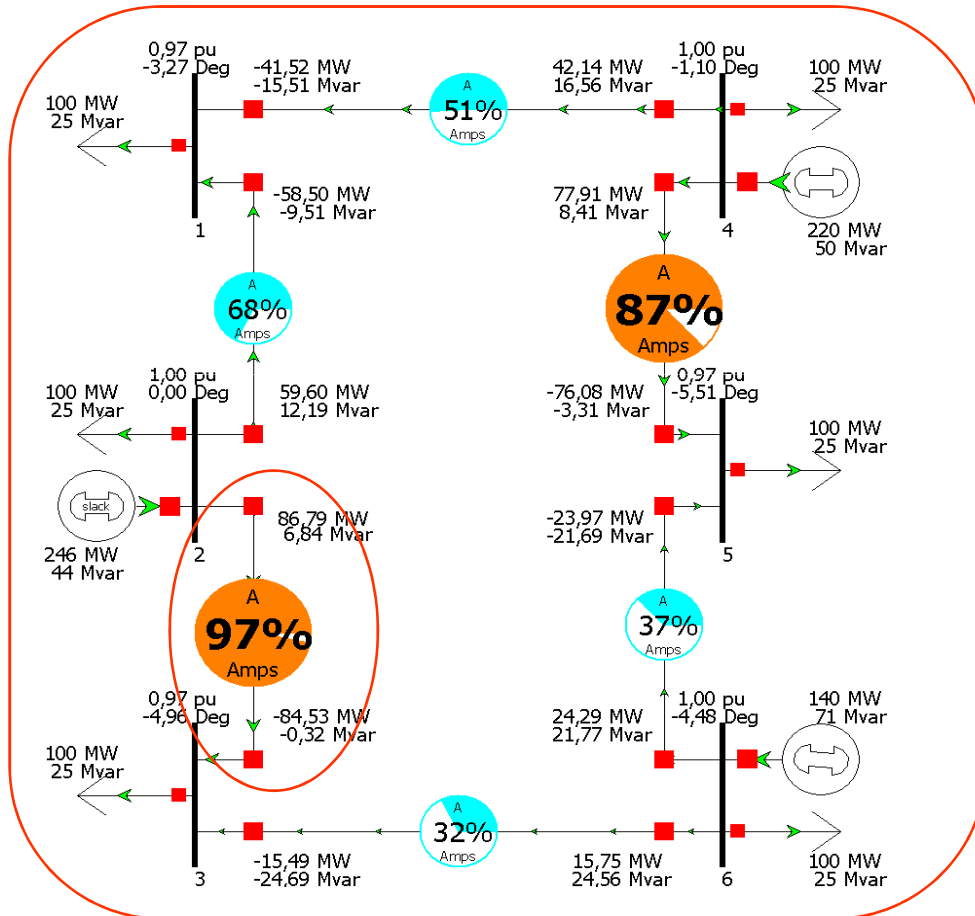
ACSS en remplacement de ACSR
Pertes réseau = 6,4 MW (=)



Amélioration de la SECURITE DU RESEAU, aucune réduction des pertes

Câble enterré (UGC) en remplacement de la ligne aérienne ACSR

Référence ACSR
Pertes= 6,4 MW



ACSR

UGC

I_r	470 A	R'	0,12 Ω /km
		X'	0,40 Ω /km
l	30 km	C'	9,0 nF/km
I_r	700 A	R'	0,02 Ω /km
		X'	0,16 Ω /km
l	30 km	C'	222 nF/km

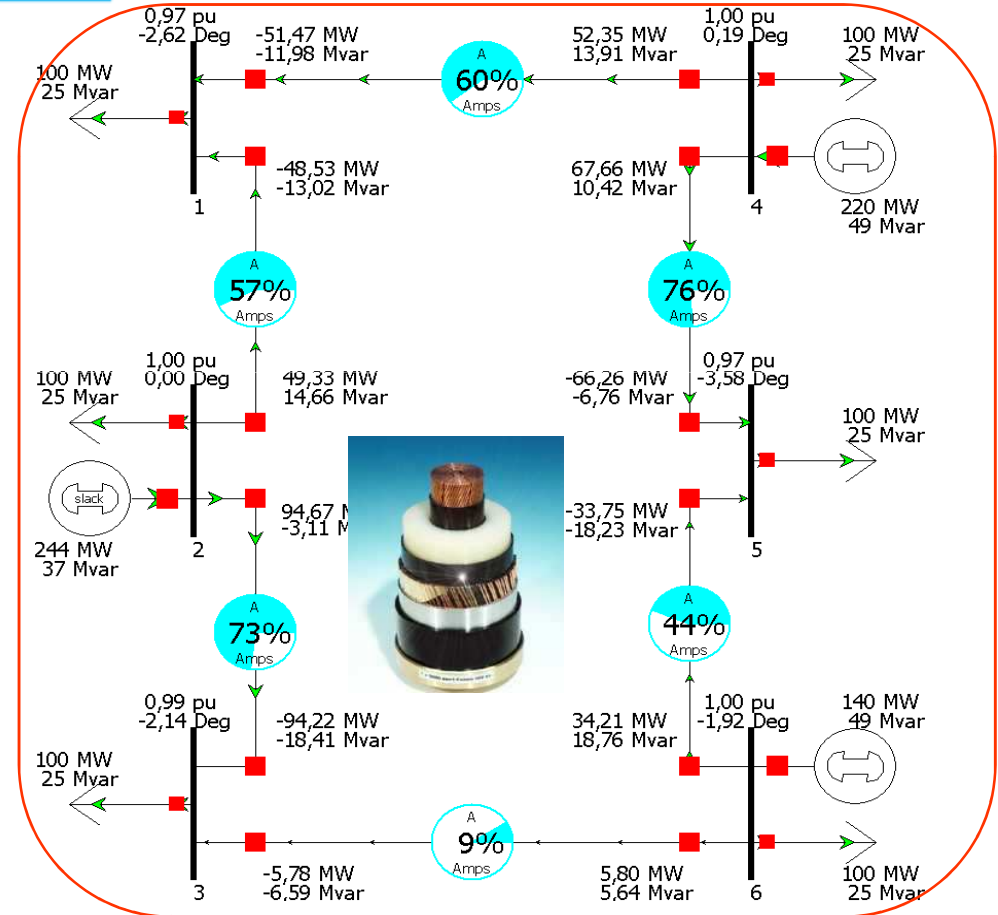
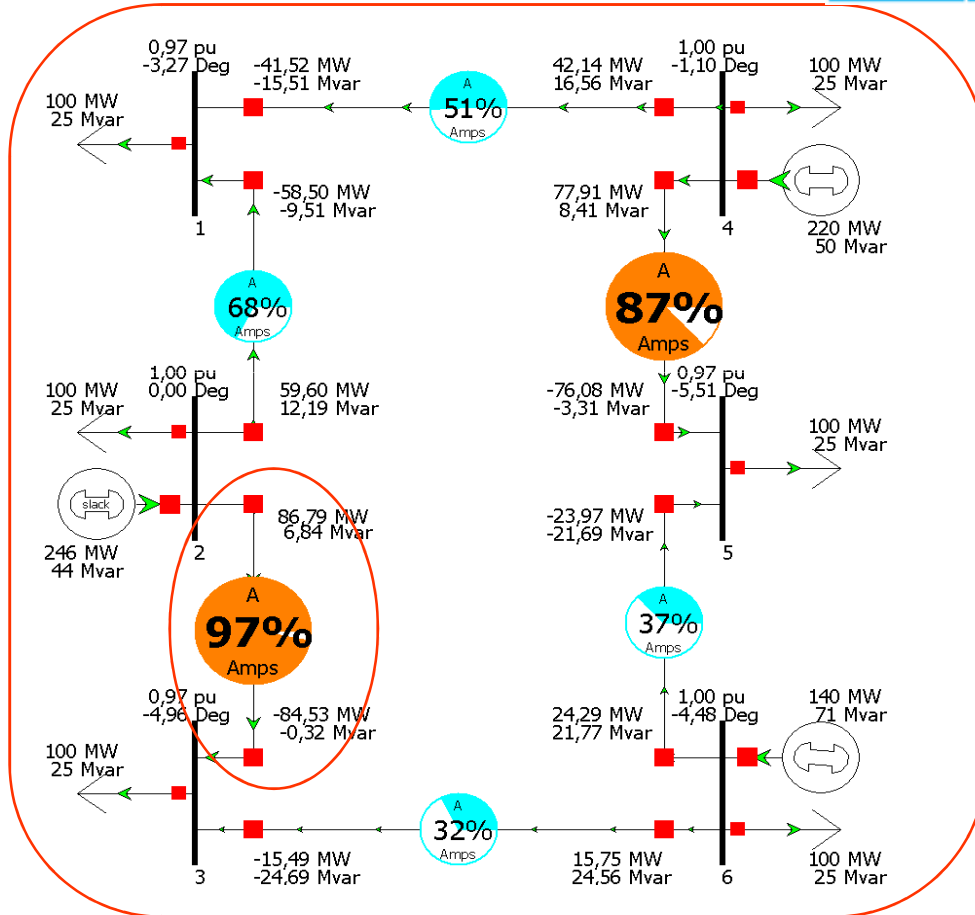
Résistance & impédance plus faibles que pour une ligne en ACSR. Capacité nettement supérieure (700A vs. 470A)

Câble enterré (UGC) en remplacement de la ligne aérienne ACSR

Référence ACSR
Pertes = 6,4 MW



UGC en remplacement de ACSR
Pertes réseau: - 38% (4 MW)



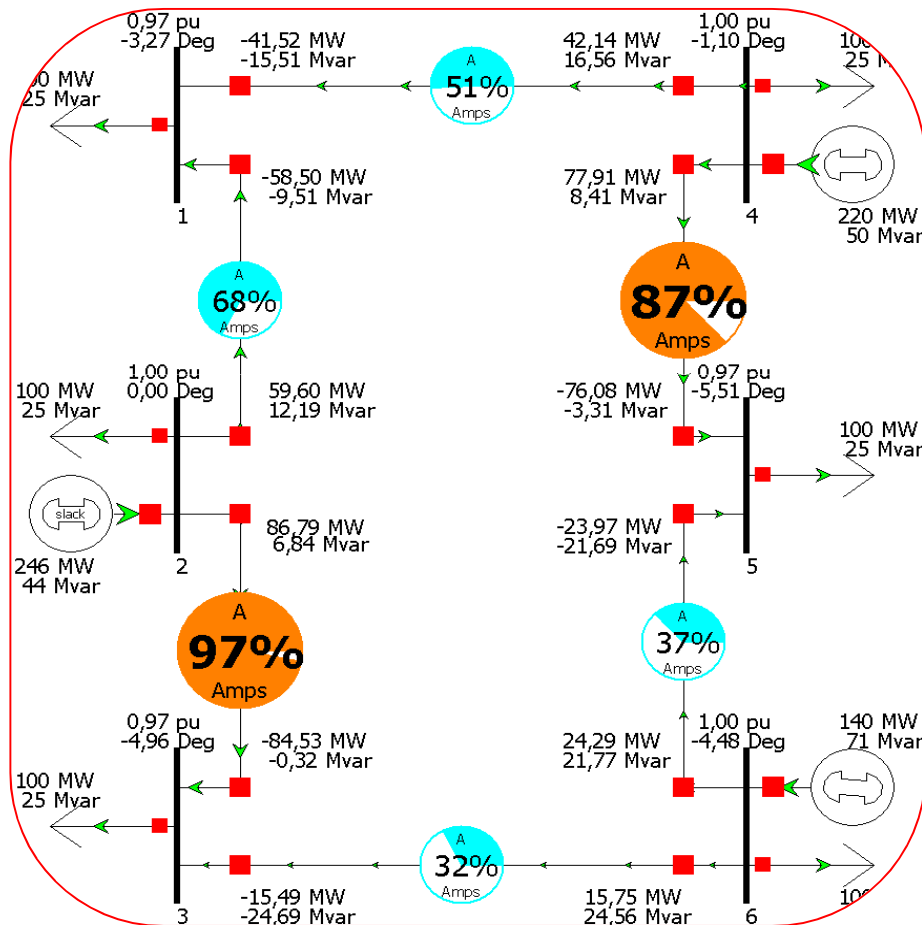
Amélioration de la SECURITE et des PERTES RESEAU



Enfouissement partiel

Liaison partiellement enterrée (UGC+OHL) en remplacement d'une ligne aérienne ACSR

Référence ACSR
Pertes= 6,4 MW



ACSR



AAAC
(80%)

+

UGC
(20%)

I_r	470 A	R'	0,12 Ω /km
		X'	0,40 Ω /km
l	30 km	C'	9,0 nF/km

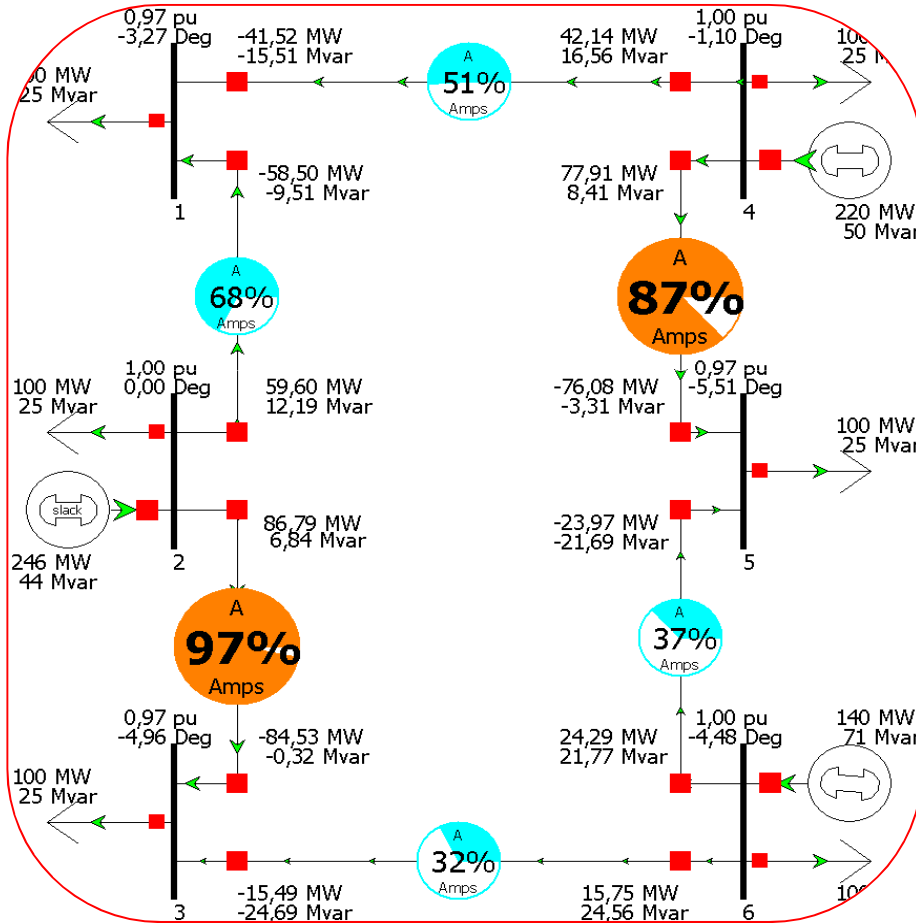
I_r	550 A	R'	0,1 Ω /km
		X'	0,40 Ω /km
l	24 km	C'	9,0 nF/km

I_r	700 A	R'	0,02 Ω /km
		X'	0,16 Ω /km
l	6 km	C'	222 nF/km

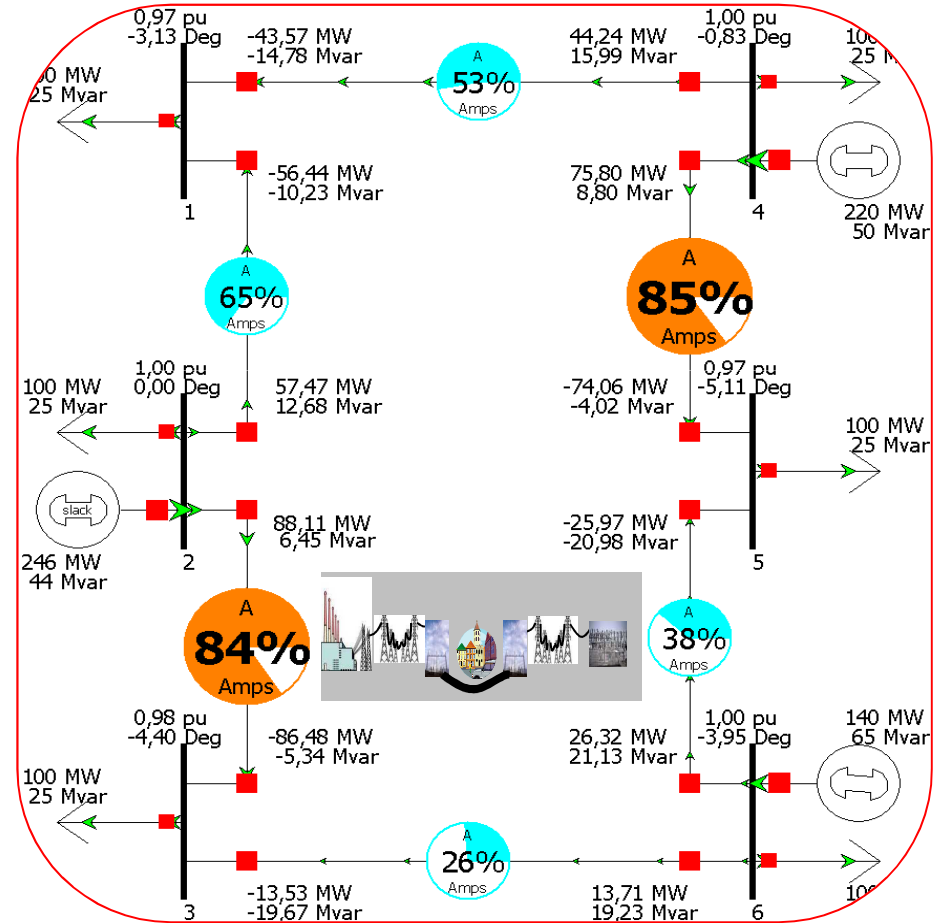
Résistance & impédance plus faibles
que pour une ligne en ACSR. Capacité
supérieure (550A vs. 470A)

Liaison partiellement enterrée (UGC+OHL) en remplacement d'une ligne aérienne ACSR

Référence ACSR
Pertes= 6,4 MW



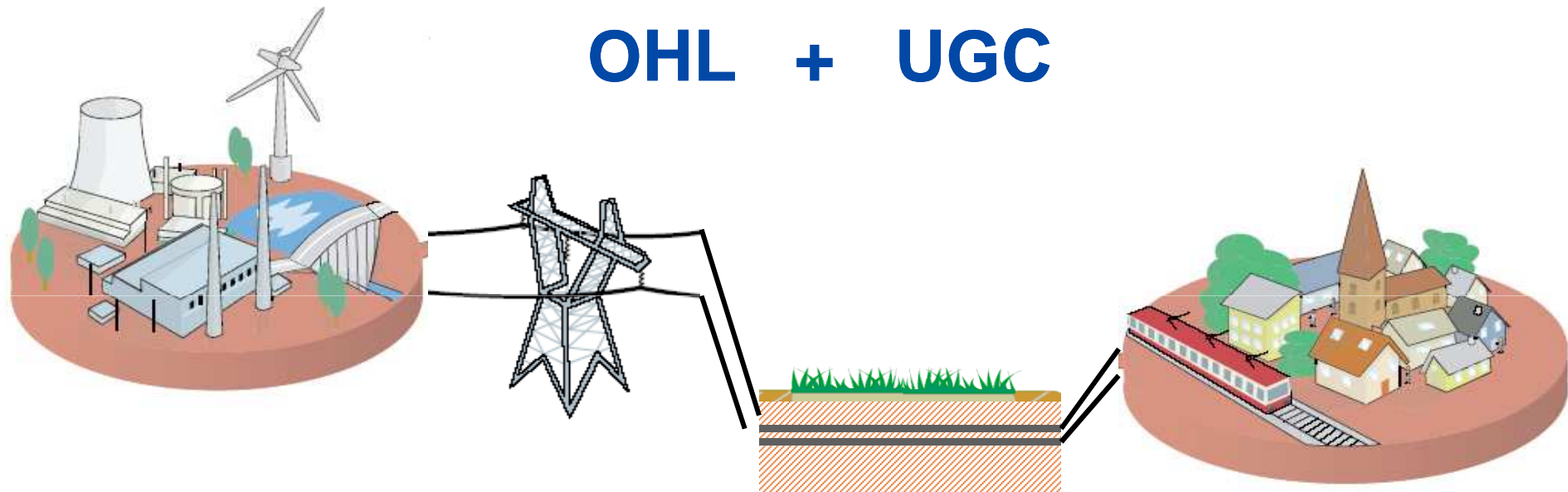
(UGC+OHL) en remplacement de ACSR
Pertes réseau : - 13 % (5,6 MW)



Permis ACCELERE, Amélioration de la SECURITE & des PERTES RESEAU

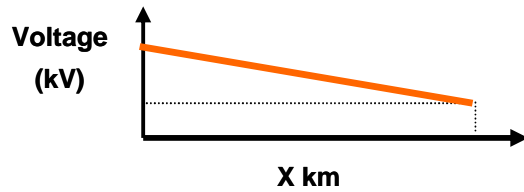
UTILISABLES AUSSI BIEN POUR DES LIGNES EXISTANTES QUE DES NOUVELLES LIAISONS

- LIGNES EXISTANTES
 - Amélioration de la fiabilité du réseau existant
 - Réduction des pertes de transmission
 - Possibilités de panacher la mise en place de portions câblées en souterrain dans les zones comportant des Lieux d'Utilisation Sensibles (LUS) et en nouveaux conducteurs aériens au dehors de ces zones.
- NOUVELLES LIGNES
 - Fiabilité accrue et pertes de transmission nettement réduites
 - Possibilité de gagner un temps considérable dans les procédures d'autorisation des lignes par rapport aux lignes aériennes pures



OHL + UGC

OPTIMISATION



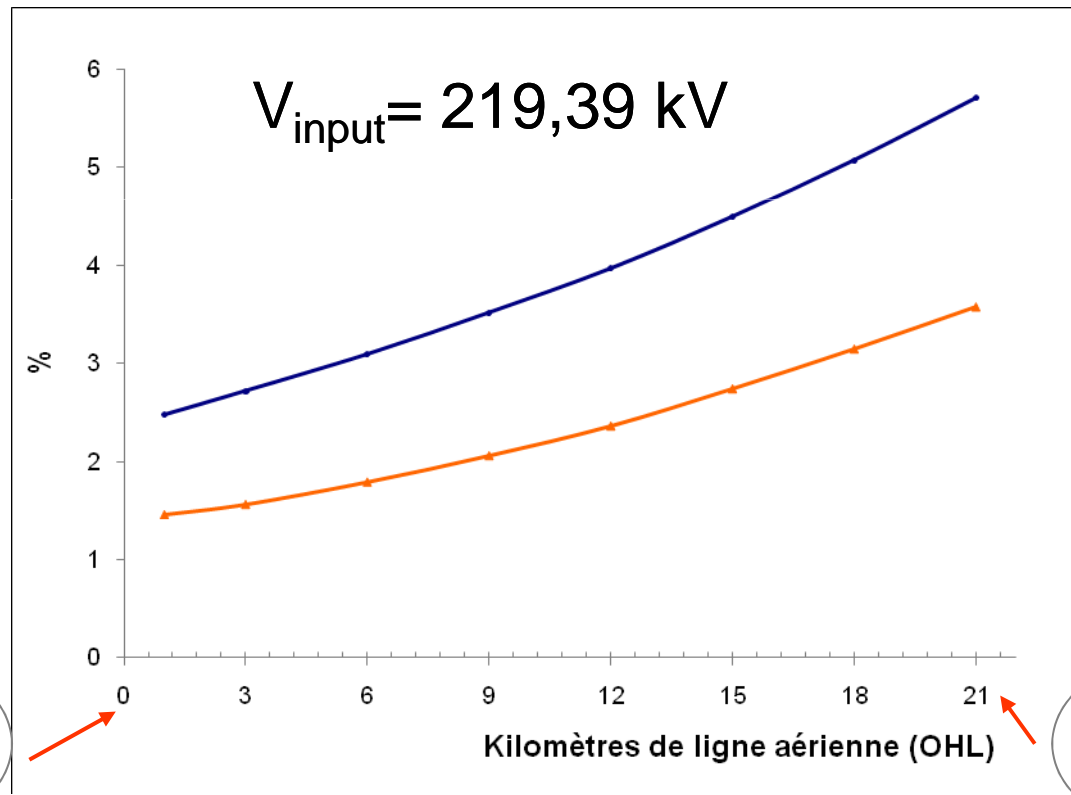
$$V\% = 100 \times (V_{\text{input}} - V_{\text{output}}) / V_{\text{input}}$$

Surcharge

Total puissance = 5265 MVA

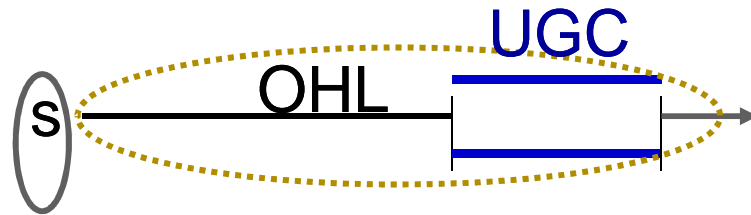
Exploitation

Total puissance = 3475 MVA



0 km OHL
22 km UGC

22 km OHL
0 km UGC



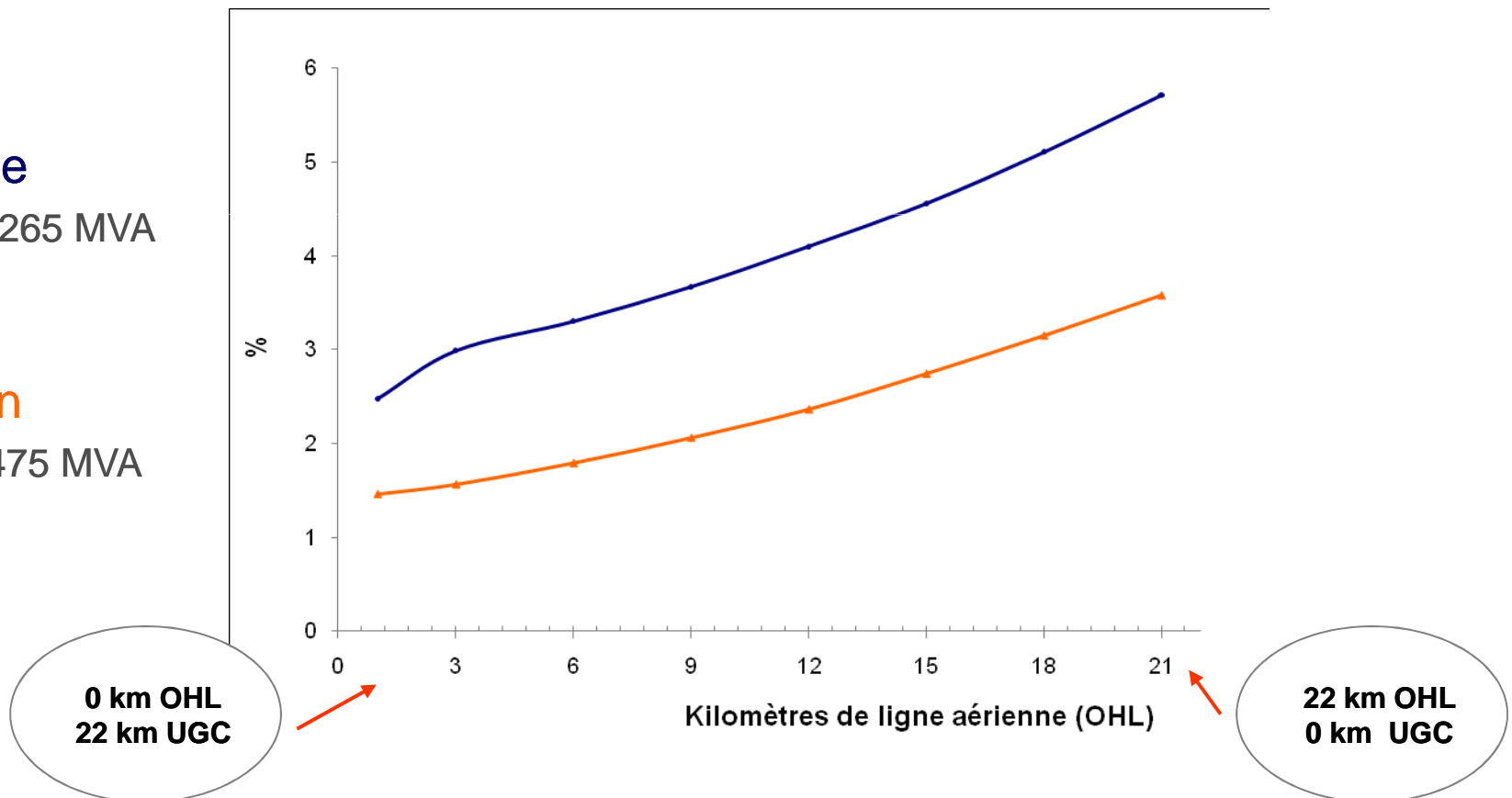
Conducteur équivalent
1 OHL + 2 UGC

Surcharge

Total puissance = 5265 MVA

Exploitation

Total puissance = 3475 MVA



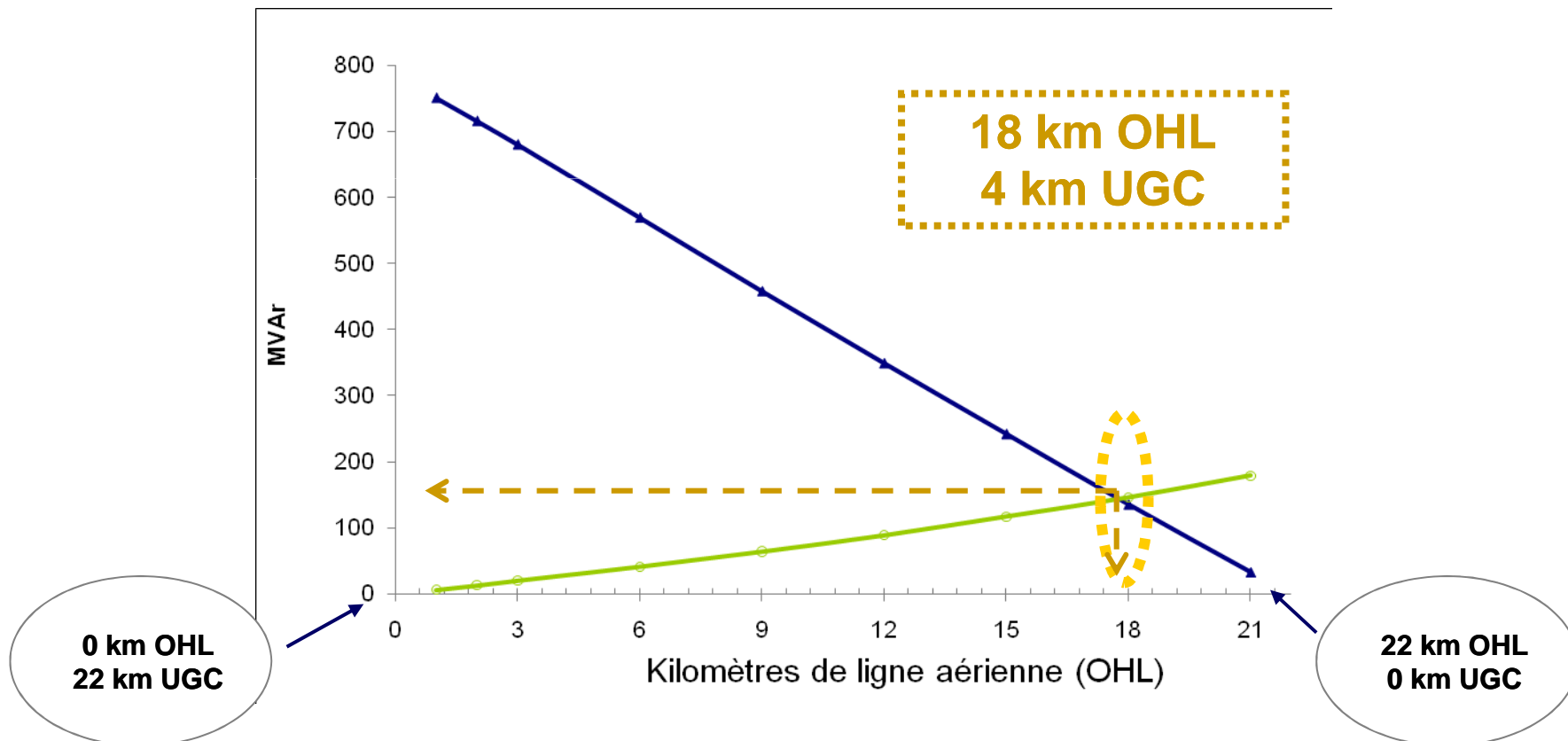
0 km OHL
22 km UGC

22 km OHL
0 km UGC

Compensation partielle

Régime normal

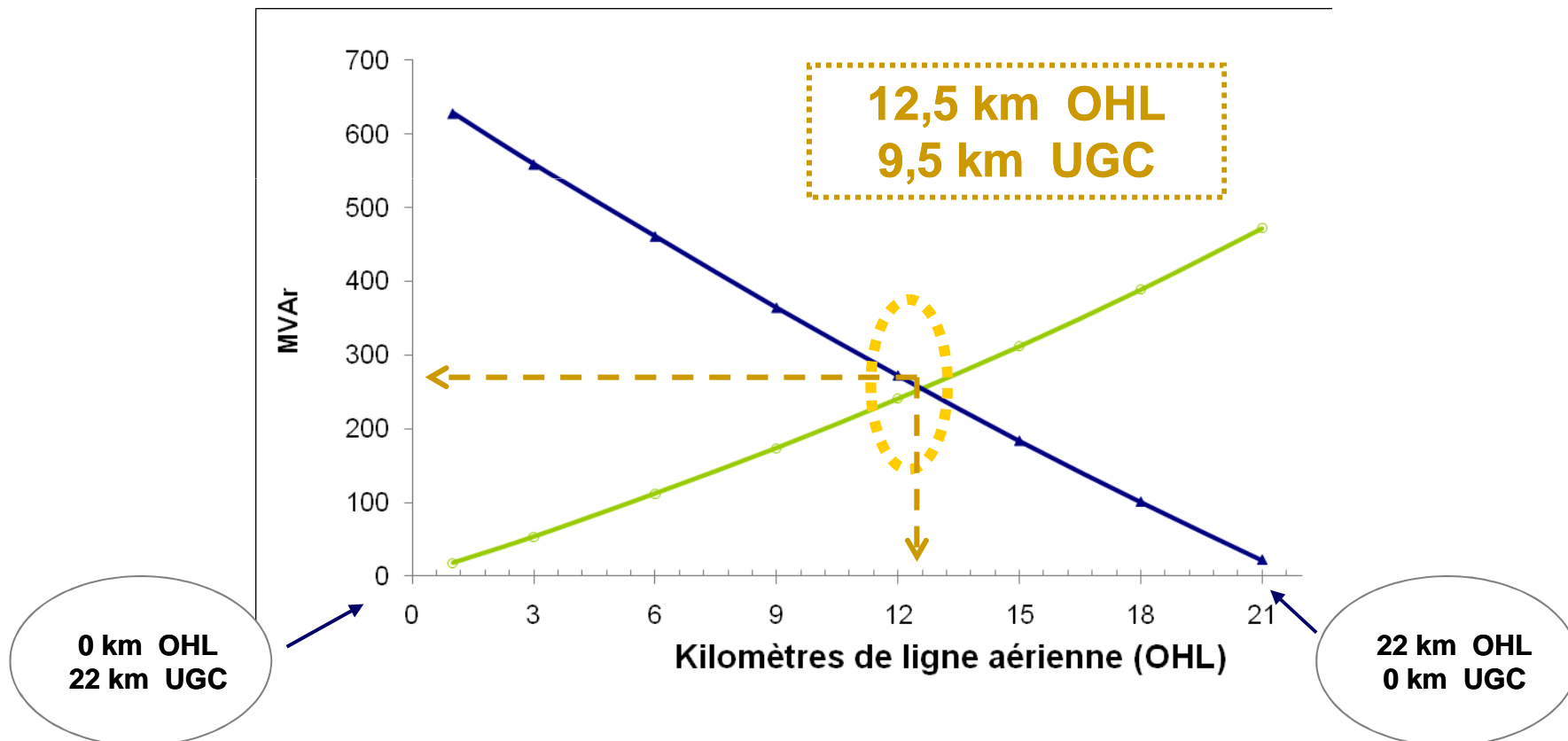
Total puissance = 3475 MVA



Compensation partielle

Régime de surcharge

Total puissance = 5265 MVA



- Les logiciels de simulation aujourd'hui disponibles sur le marché constituent une aide puissante à la décision pour planifier des enfouissements partiels ou complets de lignes HT.
- Les techniques d'enfouissement partiel permettent d'accroître la capacité, la fiabilité et le comportement réactif des lignes existantes au lieu de devoir en construire de nouvelles.
- Pour des nouvelles lignes, l'enfouissement partiel permet également d'envisager des procédures d'autorisation de construire nettement plus courtes.

Merci de votre
attention

