

# Calcul des pertes du distributeur



# Calcul des pertes du distributeur

## Trois étapes :

- Calcul des pertes techniques par type d'ouvrage
- Modélisation des pertes non techniques (PNT)
- Modélisation d'une courbe de type  $aP^2+bP+c$  ou  $P$  est la puissance injectée sur le réseau de distribution

# Les Pertes Techniques

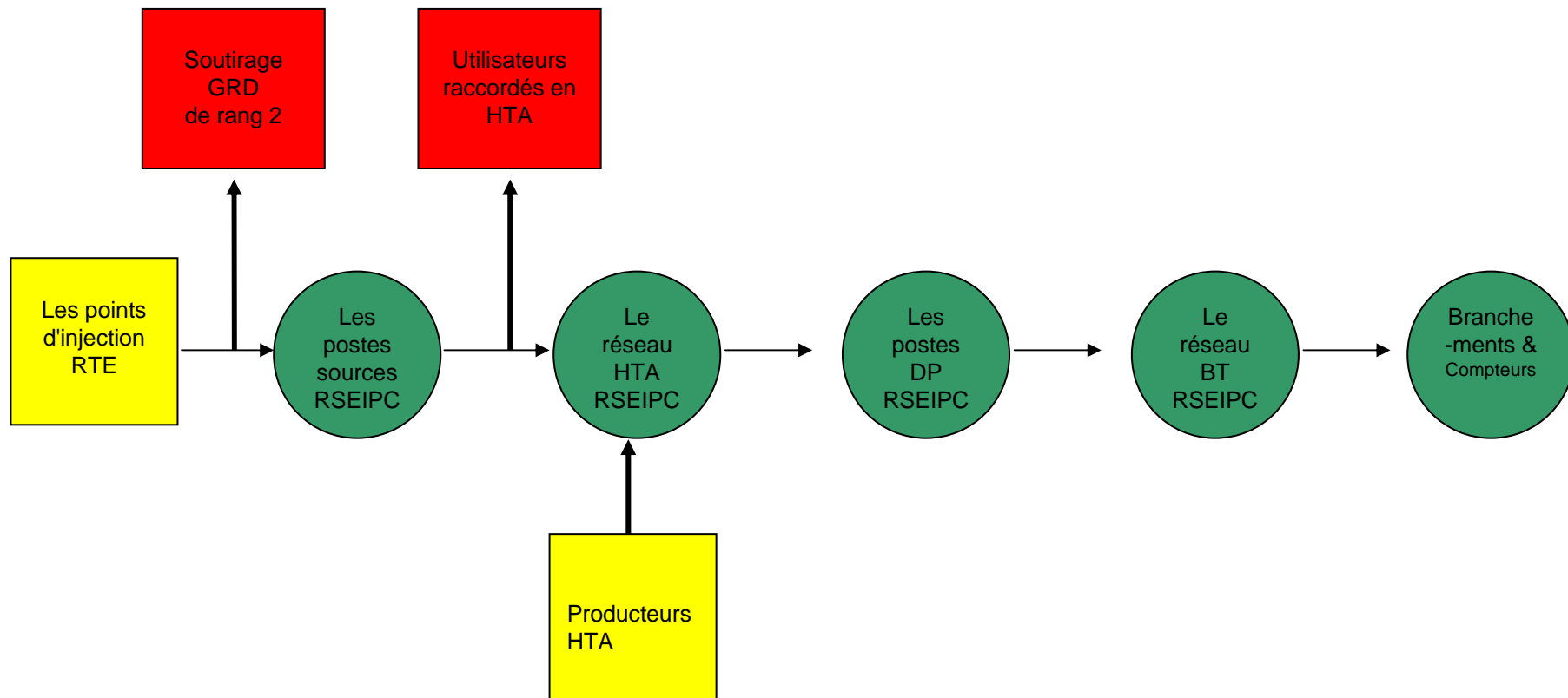
Le réseau de distribution est constitué des niveaux techniques suivants, qui dépendent de la tension et du type d'ouvrage :

- **Les Postes sources** : *Transformateurs* HTB/HTA (on néglige les pertes dans les câbles et les jeux de barres compte tenu des faibles longueurs)
- **Le réseau HTA** : constitué de départs HTA (*lignes* ou *câbles* souterrains)
- **Les postes DP** : *Transformateurs* HTA/BT
- **Le réseau BT** : constitué de départ BT (idem HTA)
- **Les branchements** : constitués de *câble* et de *compteurs* (pertes fixes)

La puissance utilisée pour le calcul à chaque niveau est actualisée en fonction des pertes du niveau précédent et des éventuelles soutirages ou injections.

# Les Pertes Techniques

## Bilan de puissance par niveau



# Pertes dans les Transformateurs

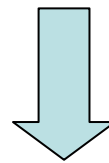
à vide :

$$P = P_0 = P_{fer}$$

en court - circuit :

$$P_{joules} \gg P_{fer} \Rightarrow P_{joules} = P_{cc} = 3 \cdot R_s I_{2N}^2 \Rightarrow P_{joules}(t) = 3 \cdot R_s \cdot I_2^2 = \frac{P_{cc}}{I_{2N}^2} \cdot I_2^2(t)$$

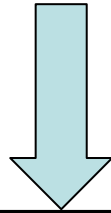
$$\text{Or } \frac{I_2(t)}{I_{2N}} = \frac{P(t)}{P_N} \Rightarrow P_{joules}(t) = \left( \frac{P_{cc}}{P_N^2} \right) \cdot P^2(t)$$



$$Pertes(t) = P_{joules}(t) + P_{fer} = \left( \frac{P_{cc}}{P_N^2} \right) \cdot (P(t) - P_{fer})^2 + P_{fer} = \underbrace{\left( \frac{P_{cc}}{P_N^2} \right)}_A \cdot P^2(t) - \underbrace{\frac{2P_{fer}P_{cc}}{P_N^2}}_B \cdot P(t) + \underbrace{P_{fer} \cdot \left( 1 + \frac{P_{fer}P_{cc}}{P_N^2} \right)}_C$$

# Pertes dans les Transformateurs

Hypothèse : On néglige les pertes fer devant la puissance soutirée



$$Pertes(t) = \underbrace{\left( \frac{P_{cc}}{P_N^2} \right)}_A \cdot P^2(t) + \underbrace{P_{fer}}_c$$

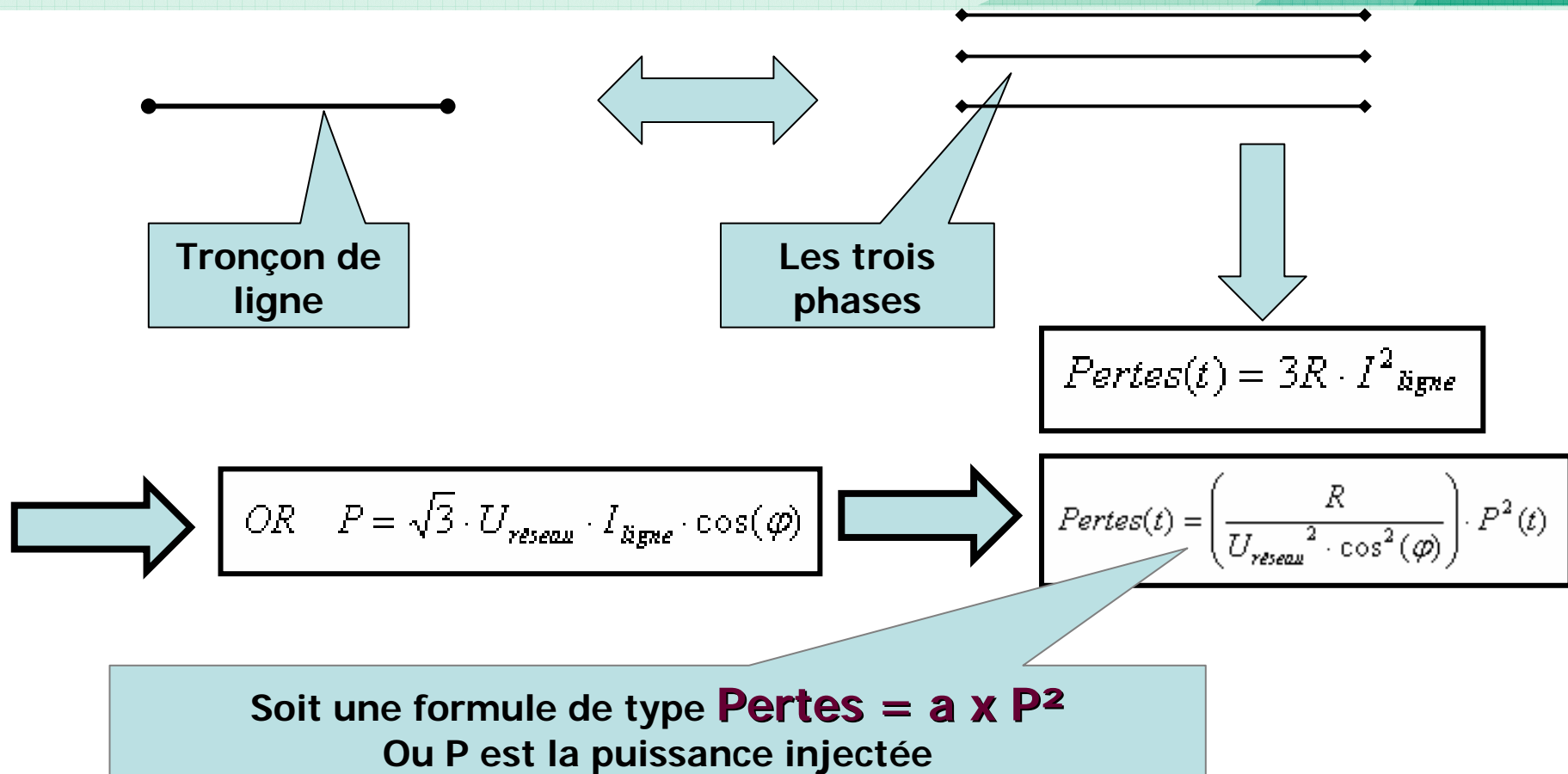
Avec :

- $P_{cc}$  = Puissance de court-circuit
- $P_N$  = Puissance nominale
- $P_{fer}$  = Pertes « fer »

Toutes ces données sont fournies par le constructeurs

Soit une formule de type **Pertes = a x P<sup>2</sup> + c**  
Ou P est la puissance injectée

# Pertes dans les câbles



# Les postes sources

## Données d'entrée :

- Les caractéristiques techniques des transformateurs
- La répartition de la puissance injectée  $\alpha_i$  (estimation annuelle par le système de téléconduite temps réel), avec  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$

## Calcul :

$$Pertes_{\text{poste source}}(t) = \sum_{i=1}^p \left[ P_{cci}(t) \times \left( \frac{\alpha_i}{S_{ni} \times \cos(\varphi)} \right)^2 \right] \times (P_{RTE}(t))^2 + \sum_{i=1}^p P_{fer\ i}$$

$$\text{Soit } Pertes_{PS} = A_{PS} \times P^2 + C_{PS}$$

où P est la puissance soutirée à RTE



# Le réseau HTA

## Données d'entrée :

- La perte à Pmax par départ, calculée à partir des caractéristiques techniques des câbles et lignes à l'aide du logiciel PRAO.
- La répartition de la puissance injectée  $\alpha_i$  (estimation annuelle par le système de téléconduite temps réel)

## Calcul :

$$Pertes_{HTA}(t) = \sum_{i=1}^n \left[ Pertes_{i\max} \left( \frac{\alpha_i}{P_{i\max}} \right)^2 \right] \times P^2_{soutirée}(t)$$

$$\text{Soit } Pertes_{HTA} = A_{HTA} \times P^2$$

où P est la puissance soutirée à ce niveau

# Les Transformateurs HTA/BT

## Données d'entrée :

- Les caractéristiques techniques des transformateurs
- La puissance de chaque transformateur : la répartition  $\alpha_i$  de la puissance soutirée par transformateur est calculée au prorata de la puissance des transformateurs et des  $\alpha_i$  des départs HTA.

## Calcul :

$$Pertes_{HTA/BT}(t) = \sum_{i=1}^p \left[ P_{cci}(t) \times \left( \frac{\alpha_i}{S_{ni} \times \cos(\varphi)} \right)^2 \right] \times (P_{soutirée}(t))^2 + \sum_{i=1}^p P_{fer\ i}$$

$$\text{Soit } Pertes_{HTA/BT} = A_{HTA/BT} \times P^2 + C_{HTA/BT}$$

où P est la puissance soutirée à ce niveau

# Le réseau BT

## Données d'entrée :

- La perte à «  $P_{Ps}$  = Sommes des Puissances souscrites » par départ BT, calculée à partir des caractéristiques techniques des câbles et lignes à l'aide du logiciel *Visit-Elec*
- La répartition de la puissance injectée  $\alpha_i$  (estimation à partir de la somme des puissances souscrites)

## Calcul :

$$Pertes_{BT}(t) = \sum_{i=1}^n \left[ Pertes_{iPs} \left( \frac{\alpha_i}{P_{iPs}} \right)^2 \right] \times P^2_{soutirée}(t)$$

$$\text{Soit } Pertes_{BT} = A_{BT} \times P^2$$

où P est la puissance soutirée à ce niveau

# Les Branchements et Compteurs

## Données d'entrée :

- Listes des puissances souscrites des clients BT
- Modélisation d'un branchement « type » par catégorie de client
- nombre de compteur BT (hypothèse = pertes fixes par compteur)

## Calcul :

Calcul par catégorie de client (tri ou mono, puissance souscrite, collectif ou individuel), avec une répartition de la puissance au prorata de la puissance souscrite.

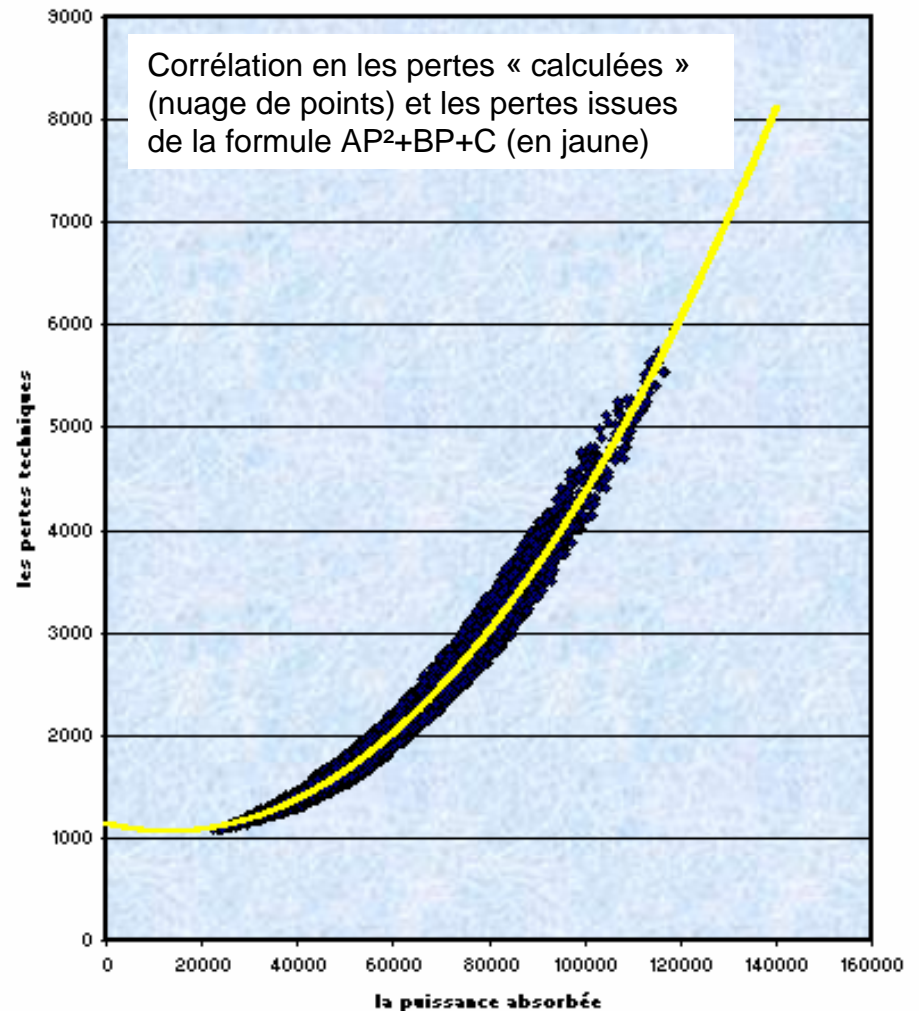
$$\text{Soit Pertes}_{\text{Brcht}} = A_{\text{Brcht}} \times P^2$$

où P est la puissance soutirée à ce niveau

# Les Pertes Techniques

## Calcul des pertes techniques :

- à partir des points 10mn télérelevés (Postes sources, Producteurs HTA, Consommateurs HTA, GRD de rang 2) calcul des pertes à chaque niveau
- Modélisation d'une courbe de perte par la méthode des moindres carrés.



# Les pertes non techniques

## Modélisation des pertes non techniques (PNT)

- Bilan énergétique de l'année N-1
- Pertes techniques (PT) de l'année N-1 (en énergie)

Hypothèse : les PNT sont proportionnelle à l'énergie soutirée en basse tension, d'où :

À partir des points 10mn BT (soutirage du niveau BT), calcul du coefficient  $B_{PNT}$  tel que :

$$Pertes_{NT} = B_{PNT} \times P_{BT}$$

$$E_{PNT} = \text{énergie injectée} - \text{énergie soutirée} - PT$$

# Modélisation des pertes

À partir des éléments des éléments précédents, construction d'un tableau des pertes globales en points 30mn, et application de la méthode des moindres carrés.

Ce calcul est actualisé une fois par an, en prenant en compte :

- Les nouvelles caractéristiques techniques du réseau
- Le bilan énergétique de l'année précédente

# ANNEXE

## la méthode des moindres carrée

Cette méthode consiste à déterminer une fonction approximative tout en réduisant la somme des carrés des écarts entre l'ensemble des ordonnées et l'ensemble des images des abscisses par la fonction prédéterminée.

Soit E un nuage de points formé de n couples  $(x_i, y_i)$  :

approximation d'un nuage par un polynôme d'ordre deux : la dérivé de la différence doit être nul (détermination des coefficient a, b et c pour minimiser l'écart entre le nuage de point et la fonction.

$$E(a, b, c) = \sum_{i=1}^{i=n} (y_i - a - bx_i - cx_i^2)^2$$

$$\frac{\partial E}{\partial a} = (-2) \times \sum_{i=1}^{i=n} 1 \cdot (y_i - a - bx_i - cx_i^2)$$

$$\frac{\partial E}{\partial b} = (-2) \times \sum_{i=1}^{i=n} x_i \cdot (y_i - a - bx_i - cx_i^2)$$

$$\frac{\partial E}{\partial c} = (-2) \times \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 \cdot (y_i - a - bx_i - cx_i^2)$$

$$\frac{\partial E}{\partial a} = \frac{\partial E}{\partial b} = \frac{\partial E}{\partial c} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^{i=n} 1 \cdot (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \\ \sum_{i=1}^{i=n} x_i \cdot (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \\ \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 \cdot (y_i - a - bx_i - cx_i^2) = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 \\ 1 & x_2 & x_2^2 \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ 1 & x_n & x_n^2 \end{bmatrix}}_A \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \bullet \\ y_n \end{bmatrix}}_B \Rightarrow A \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = B \Rightarrow A^T \cdot A \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = B$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot B$$