

Réglage primaire et secondaire des centrales

Le réglage de la fréquence

Les centrales doivent à tout instant **produire la quantité d'électricité nécessaire à l'alimentation de la consommation. Pour répondre à cet impératif, les centrales** sont interconnectées grâce au maillage du réseau de transport, et peuvent se secourir mutuellement en cas de panne. Pour que le réseau interconnecté fonctionne, il existe **une obligation commune à toutes**

les centrales :

leurs alternateurs doivent tourner à la même vitesse électrique, afin de **produire une tension de fréquence uniforme dans tout le réseau. C'est ce qu'on appelle le synchronisme des alternateurs.**

Qu'est-ce que la fréquence?

La fréquence correspond au nombre de cycles que fait le courant alternatif en une seconde . Pour un alternateur, elle correspond au nombre de tours que fait l'arbre de la turbine en une seconde, multiplié par le nombre d'électro-aimants placés dans le rotor.

Réglage primaire et secondaire des centrales

L'évolution de la fréquence est l'image directe du déséquilibre entre la production et la consommation :

- la fréquence augmente, lorsque le bilan production - consommation est excédentaire ;
- la fréquence diminue, lorsque le bilan production - consommation est déficitaire.

Réglage primaire et secondaire des centrales

Face aux **évolutions** normales de la **consommation** et aux divers aléas rencontrés en exploitation (pertes de groupes de production ou de charge...), le maintien de l'équilibre **production - consommation** et le maintien d'une valeur satisfaisante de la **fréquence** nécessitent d'agir en permanence sur le niveau de la production ou celui de la consommation.

Pour réaliser cette adaptation du bilan production - consommation, il faut disposer, au niveau des installations de production ou de consommation, de réserves de puissance mobilisables soit par le biais d'automatismes (réglages primaire et secondaire), soit par l'action des opérateurs (réglage tertiaire).

Le réglage primaire de fréquence

Le réglage primaire de fréquence est indispensable à la sûreté du système électrique. En effet, face aux aléas et incidents tels que fluctuations rapides de la consommation et déclenchements de groupes de production, c'est le dispositif qui rétablit automatiquement et très rapidement l'équilibre production - consommation et maintient la fréquence à une valeur proche de la fréquence de référence.

Le temps de réponse doit être compris entre 15 s et 30 s pour un écart de fréquence de 200 mHz.

Le réglage primaire de fréquence

Le **réglage primaire** est mis en œuvre par les utilisateurs du réseau, principalement par les installations de production.

Pour les installations de production, le réglage primaire est mis en œuvre par **l'action des régulateurs de vitesse des groupes de production** qui agissent en général sur les organes d'admission du fluide moteur à la turbine lorsque la vitesse du groupe (image de la fréquence) s'écarte de la vitesse de consigne par suite d'un déséquilibre entre la production et la consommation de l'ensemble du système national.

Pour chaque groupe j participant au réglage primaire de fréquence, la loi de réglage statique de la variation de puissance mécanique résultant de l'action du régulateur de vitesse doit être de la forme :

$$P_j - P_{c_j} = -K_j \cdot (f - f_0)$$

avec :

- P_j [MW] = Puissance réelle fournie par le groupe j en mode quasi stationnaire.
- P_{c_j} [MW] = Puissance de consigne du groupe j à la fréquence de référence f_0 .
- f [Hz] = fréquence déduite de la mesure de vitesse du groupe j .
- f_0 [Hz] = fréquence de consigne, généralement égale à la fréquence de référence (50 Hz).
- K_j [MW/Hz] = « Energie réglante » du groupe j .

Le réglage primaire de fréquence

Toute installation de production de puissance supérieure à 40 MW qui sollicite un raccordement en HTB doit disposer d'une capacité de réglage primaire conforme.

Toute installation de production ayant la capacité constructive de participer au réglage primaire de fréquence doit pouvoir mettre à disposition, en cas de baisse de la fréquence, une réserve de puissance active, dite « réserve primaire, R_p », au moins égale à 2,5 % de P_{max} .

En cas de hausse de la fréquence, elle doit pouvoir réduire sa puissance de façon à atteindre tout point de fonctionnement situé au delà de P_{min} , puissance minimale technique, et en deçà de P_{max} .

Le réglage secondaire de fréquence

L'action du réglage primaire laisse subsister un écart de fréquence par rapport à la fréquence de consigne f_0 . Elle provoque également des écarts sur les échanges entre les pays du système interconnecté synchrone : en effet, toutes les entités des différents pays du système interconnecté synchrone participant au réglage primaire réagissent à la variation de fréquence commune, que la perturbation se produise sur le système électrique du pays ou en dehors de celui-ci.

Le réglage secondaire d'une zone de réglage a donc pour but :

- ❑ de solliciter essentiellement la réserve secondaire de la seule zone de réglage où est apparu ce déséquilibre ;
- ❑ de retrouver le programme d'échange initialement convenu entre la zone origine de la perturbation et l'ensemble des zones voisines auxquelles elle est interconnectée, et de ramener la fréquence du système synchrone à sa valeur de référence ;
- ❑ et ainsi, de restaurer l'intégralité de la réserve primaire engagée par l'ensemble des sources du pays pour pallier tout nouveau déséquilibre production - consommation.

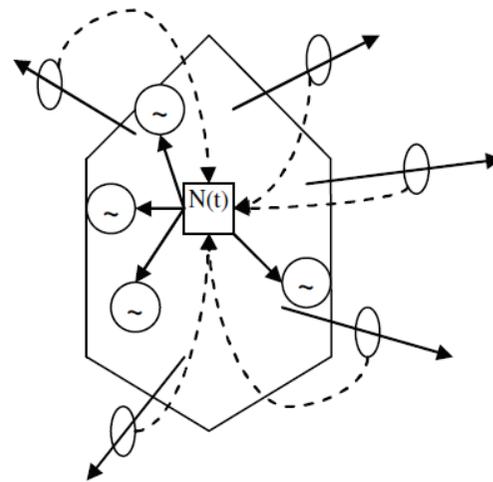
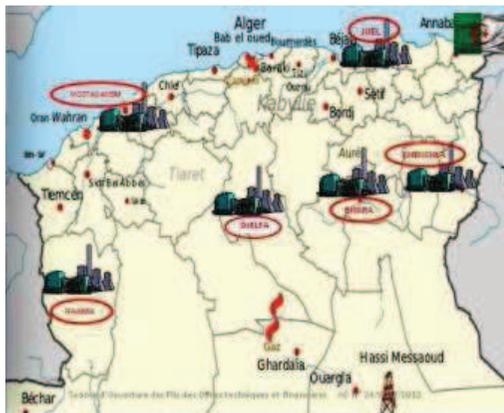
Le réglage secondaire de fréquence

Soit ΔP_i l'écart entre le programme d'échange et les échanges réels entre deux pays

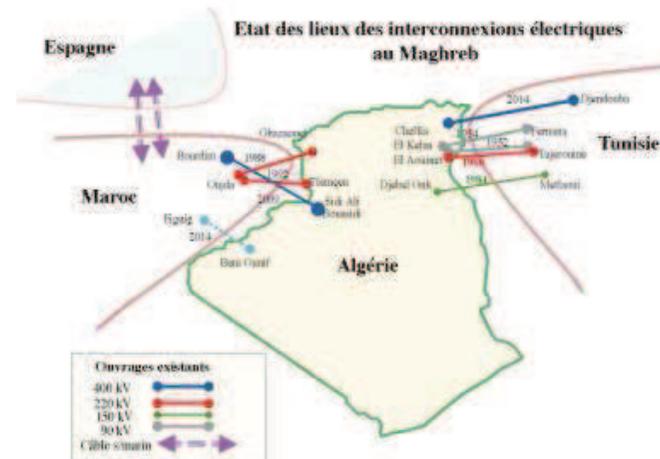
$$\Delta P_i = P_i - P_{i0}$$

P_i est la puissance sur les lignes d'interconnexions du pays considéré

P_{i0} sont les échanges contractuels à respecter



Réglage secondaire centralisé



Paramètre de réglage

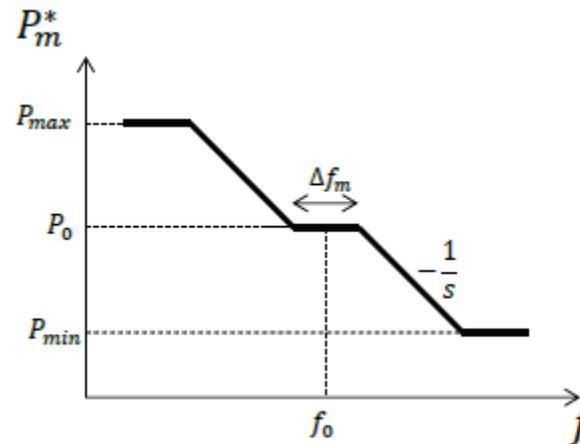
Le choix des paramètres des régulateurs de chaque zone de réglage i est déterminant pour permettre que seul le régulateur de la zone perturbée réagisse et mette en œuvre la puissance de réglage secondaire nécessaire.

Pour cela, il faut tout d'abord un bon découplage temporel entre l'action du réglage primaire et celle du réglage secondaire (généralement la constante de temps du réglage secondaire est de l'ordre de 100 à 200 s).

Paramètre de réglage

- une pente dite « normale » correspondant à une variation du niveau entre -1 et $+1$ en 800 secondes ;
- une pente dite « d'urgence », utilisée dès lors que l'écart de réglage ΔE devient supérieur à un seuil de MW fixé préalablement (soit plus que la perte du plus gros groupe connecté sur le réseau du pays et correspondant donc à des aléas multiples), correspondant à une variation du niveau entre -1 et $+1$ en 133 secondes.

Paramètre de réglage

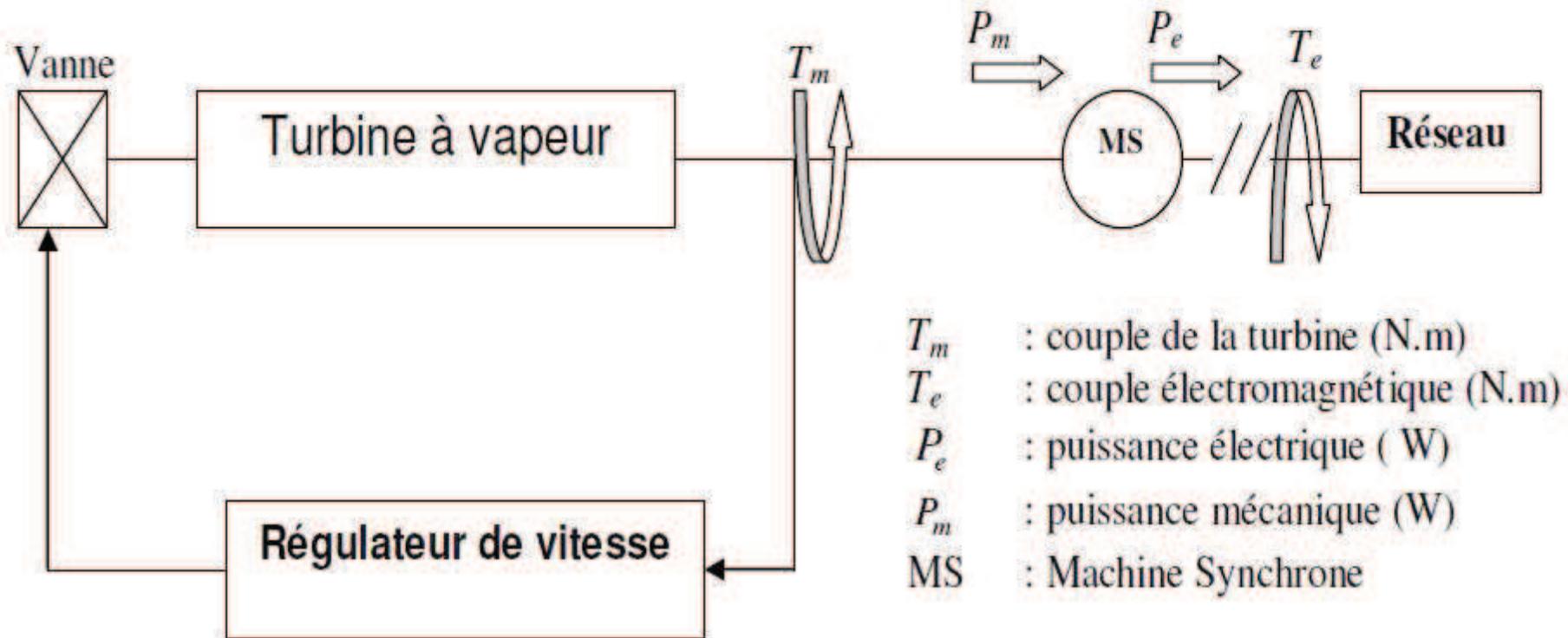


Principe du réglage primaire sur un groupe tournant

Une bande morte Δf_m est éventuellement ajoutée afin de ne pas provoquer une régulation intempestive pour de petites variations autour de 50 Hz.

La réserve primaire est définie comme la différence entre la puissance maximale P_{max} d'un groupe et sa puissance de consigne P_0 . En deçà d'une puissance minimale P_{min} le groupe est déconnecté.

Principe général



Fonction de régulation

$$\boxed{\frac{P_i(t) - P_{0i}}{P_{ni}} = -\frac{1}{\delta_i} \frac{f(t) - f_0}{f_0}}$$

Ou

$$P_i(t) - P_{0i} = -K_i.(f(t) - f_0) \Leftrightarrow \Delta P_i(t) = -K_i.\Delta f(t)$$

Avec : P_i [MW] : puissance active instantanée produite par le groupe i ,

P_{0i} [MW] : programme de marche du groupe i pour la fréquence normale (50 Hz),

P_{ni} [MW] : puissance nominale du groupe i ,

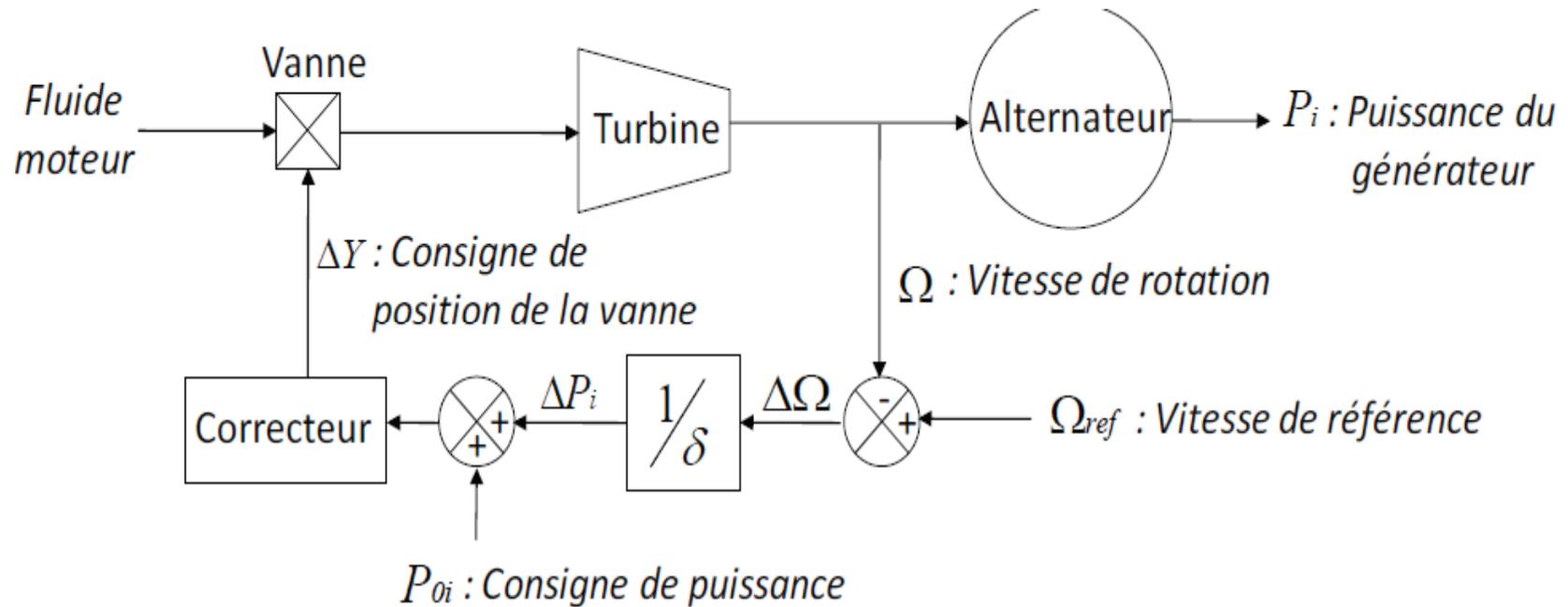
δ_i [%] : statisme permanent du régulateur de vitesse du groupe i ,

f [Hz] : fréquence du réseau,

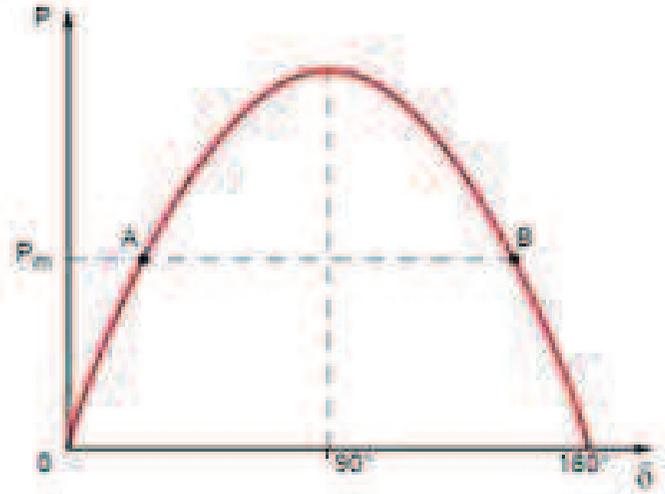
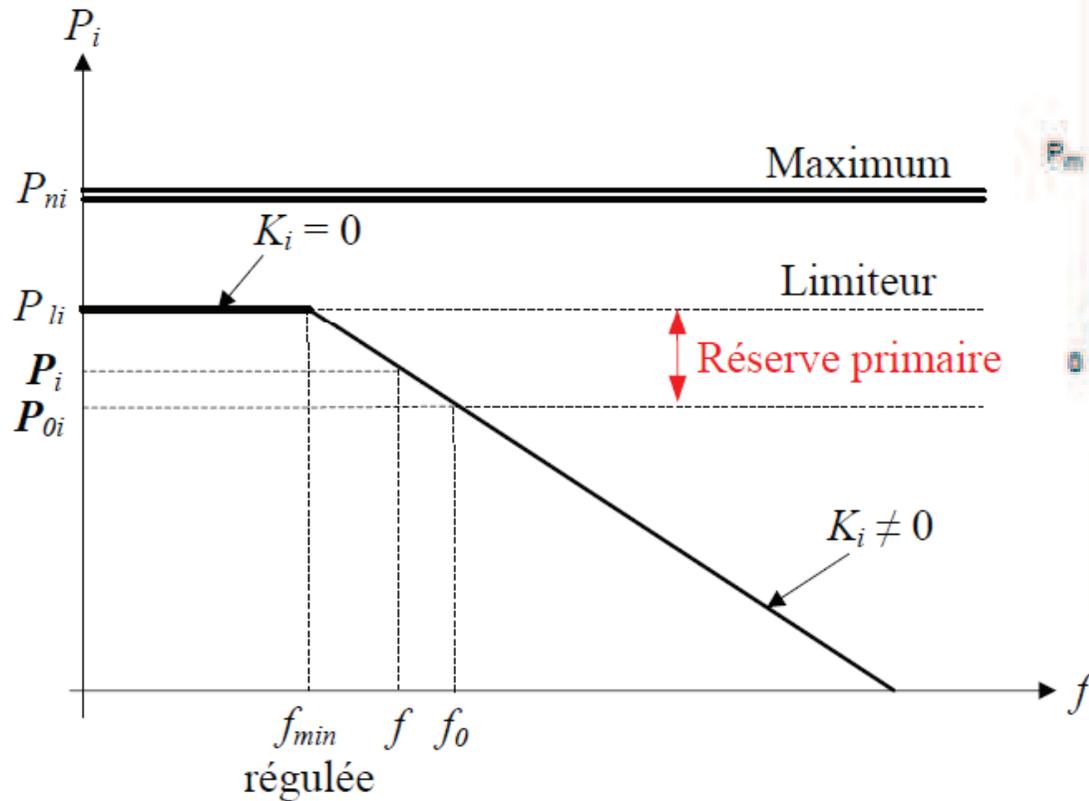
f_0 [Hz] : fréquence de référence du réseau (50 Hz),

K_i [MW/Hz] : énergie réglante primaire déclarative du groupe i .

Fonction de régulation

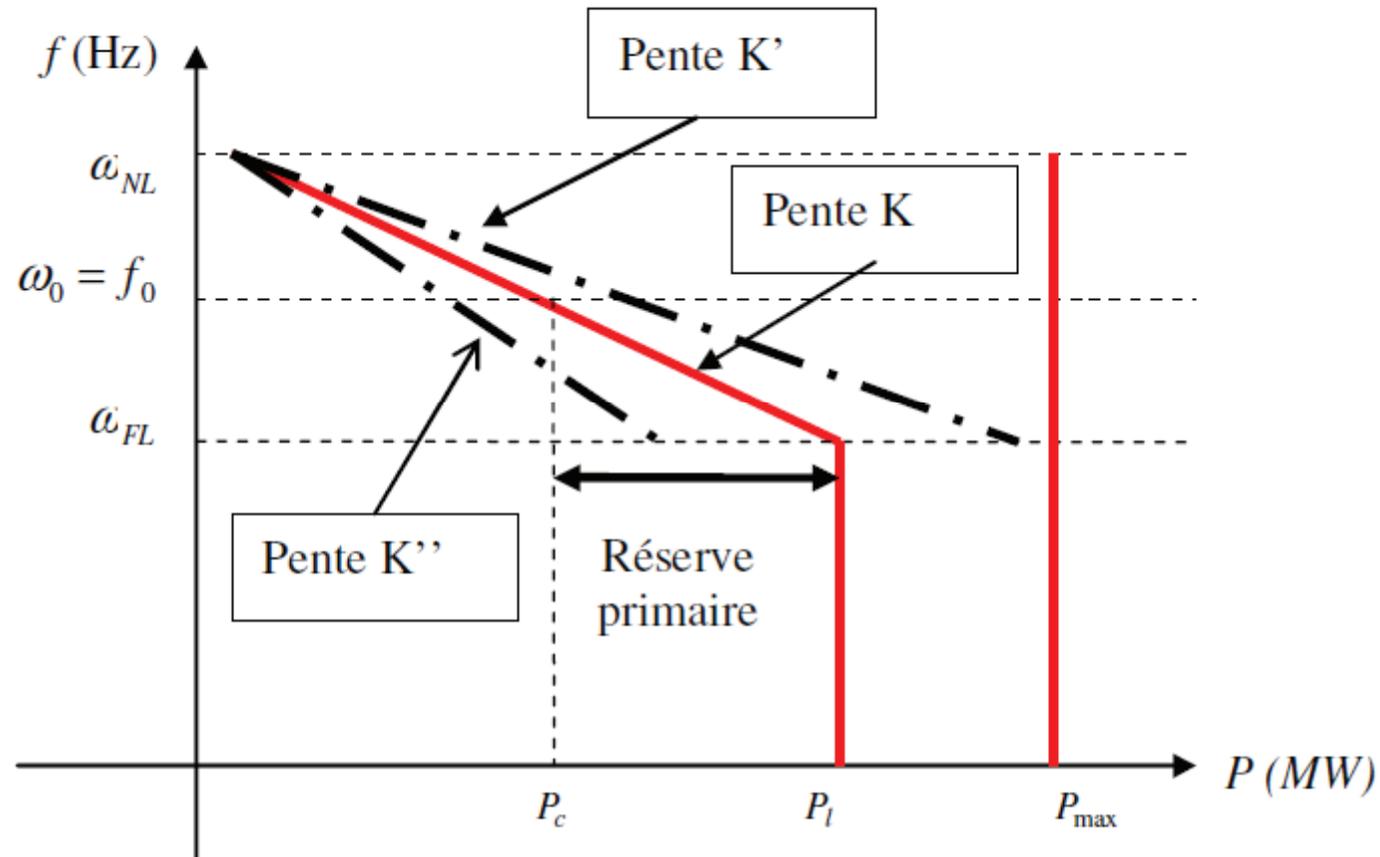


Fonction de régulation



$$P_2 = \frac{V_1 V_2}{X} \cdot \sin(\theta_1 - \theta_2)$$

Notion de Statisme

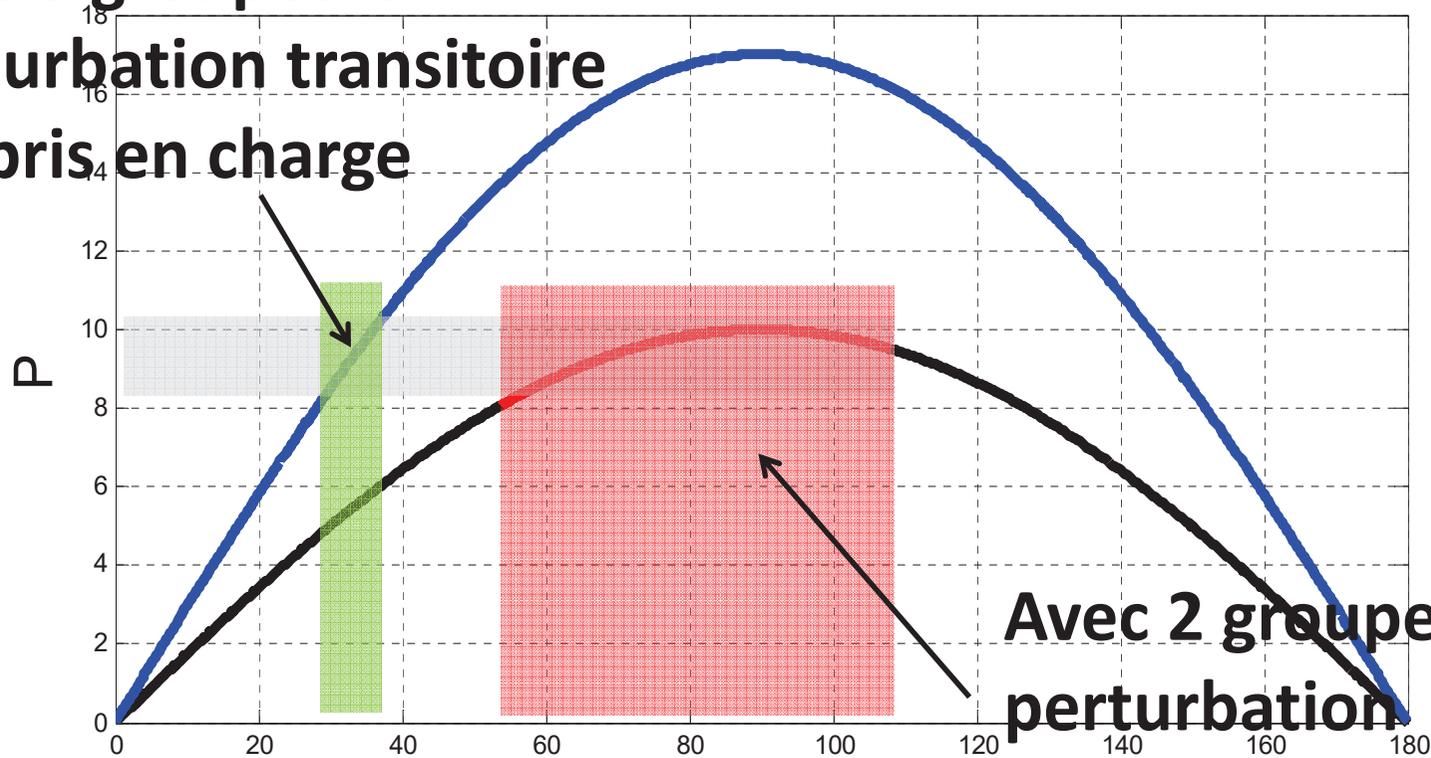


$$P - P_c = K(f - f_0)$$

K représente le nombre de MW/Hz

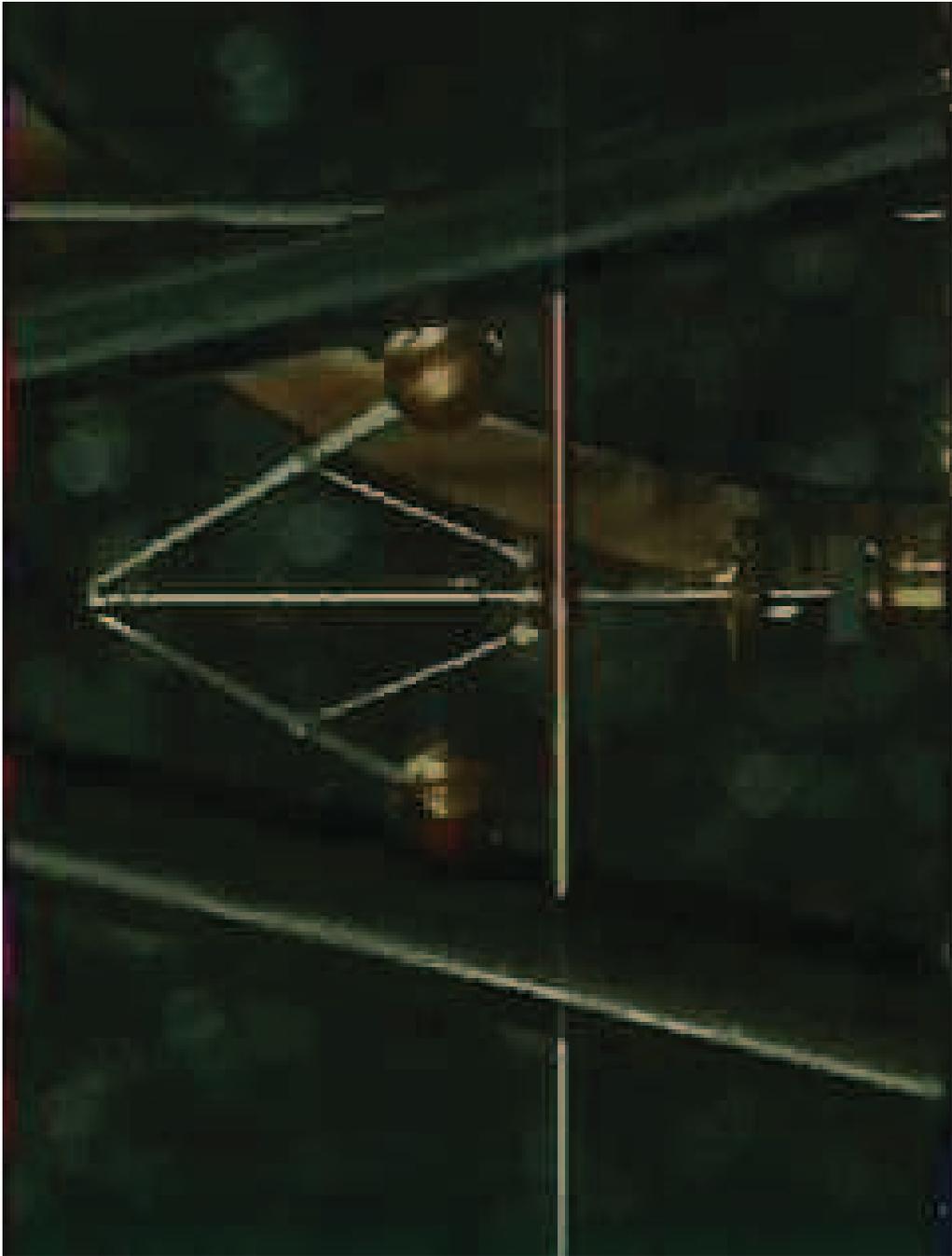
Effet du régime transitoire sur la stabilité des alternateurs

Avec 3 groupes la perturbation transitoire est pris en charge

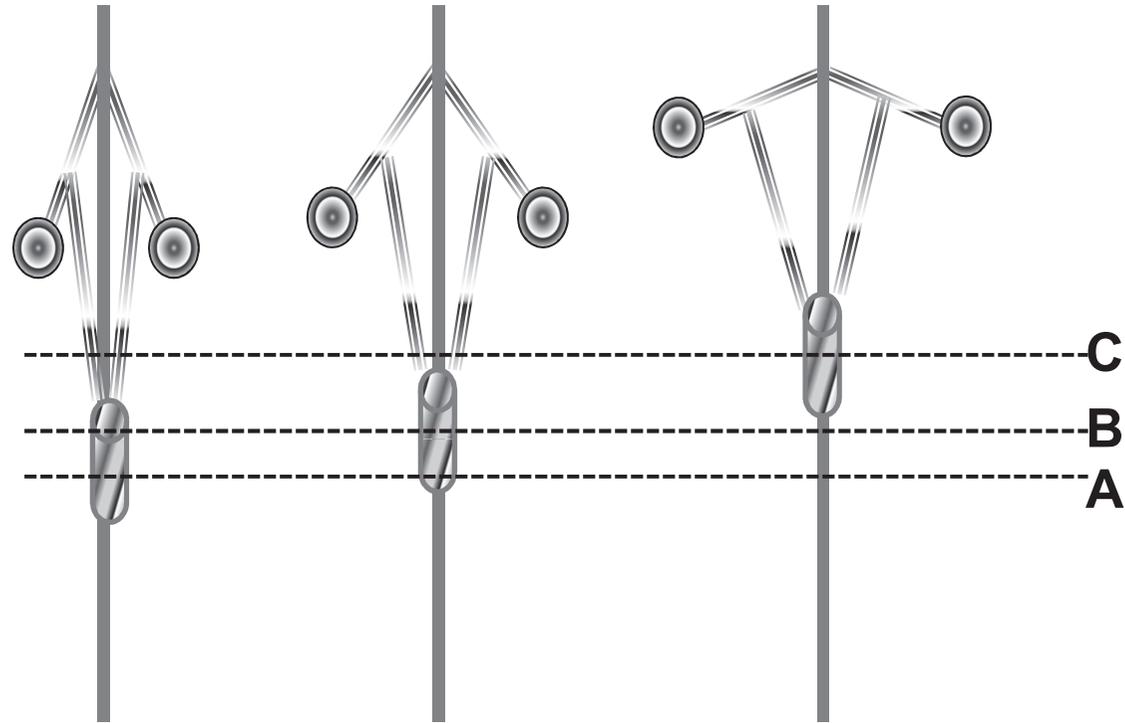


Avec 2 groupe la perturbation transitoire conduit au décrochage

Régulateur de vitesse peut être mécanique par le principe des deux boules, ou bien grâce à un système électrique guidé par un circuit électronique



Production d'électricité

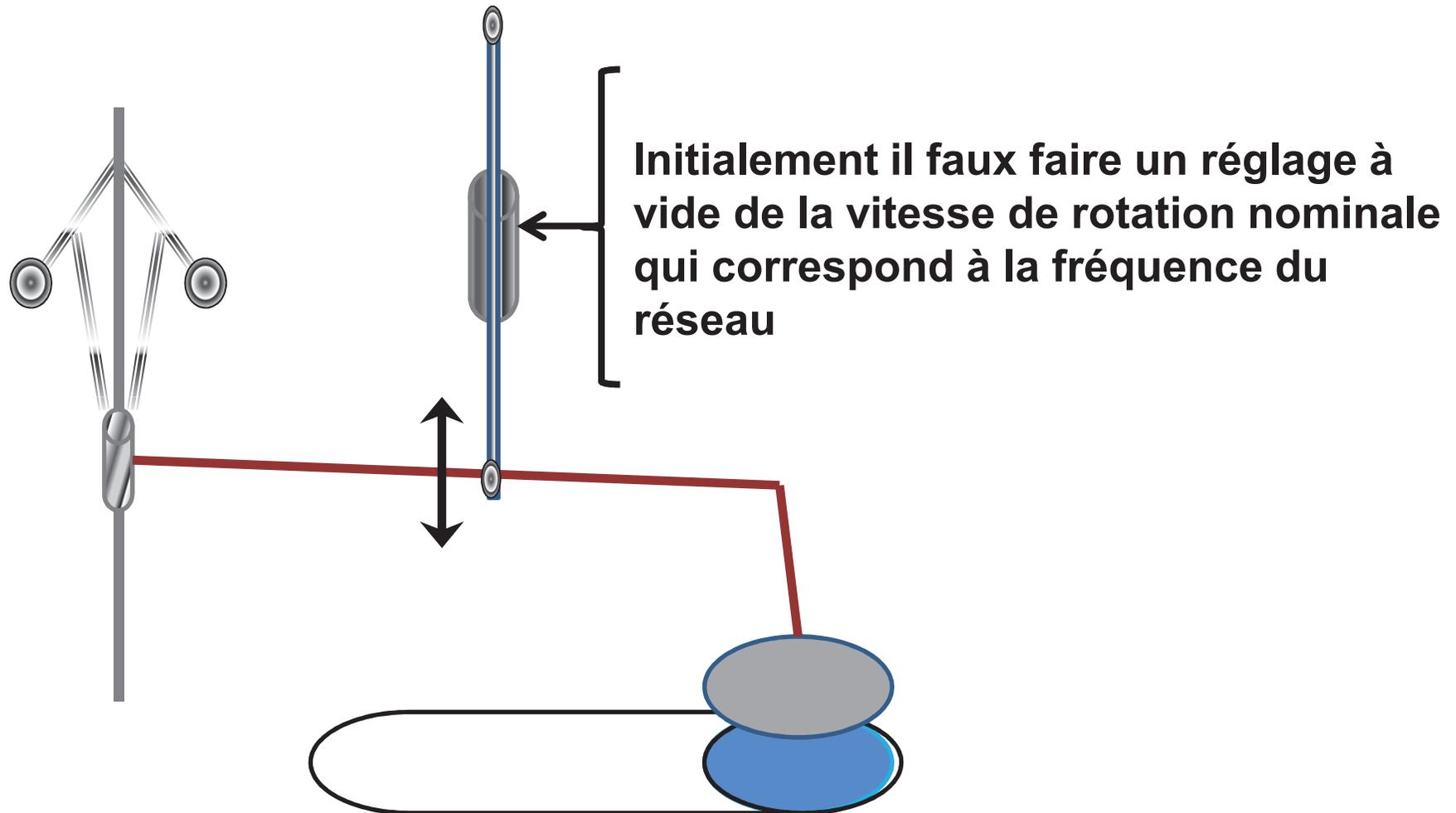


**Au repos
la vitesse
angulaire
 $\omega=0$**

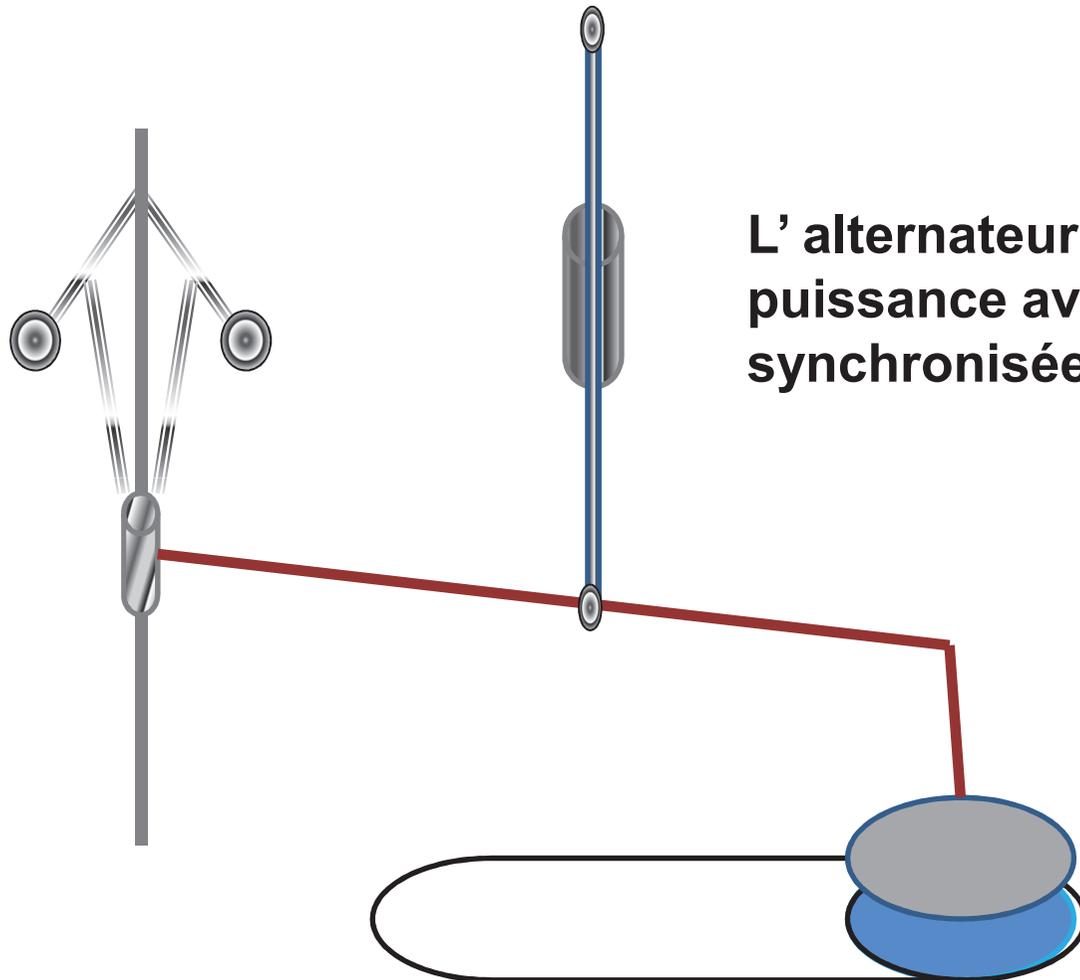
**Sous
vitesse
angulaire
 ω_1**

**Sur
vitesse
angulaire
 ω_2**

Production d'électricité

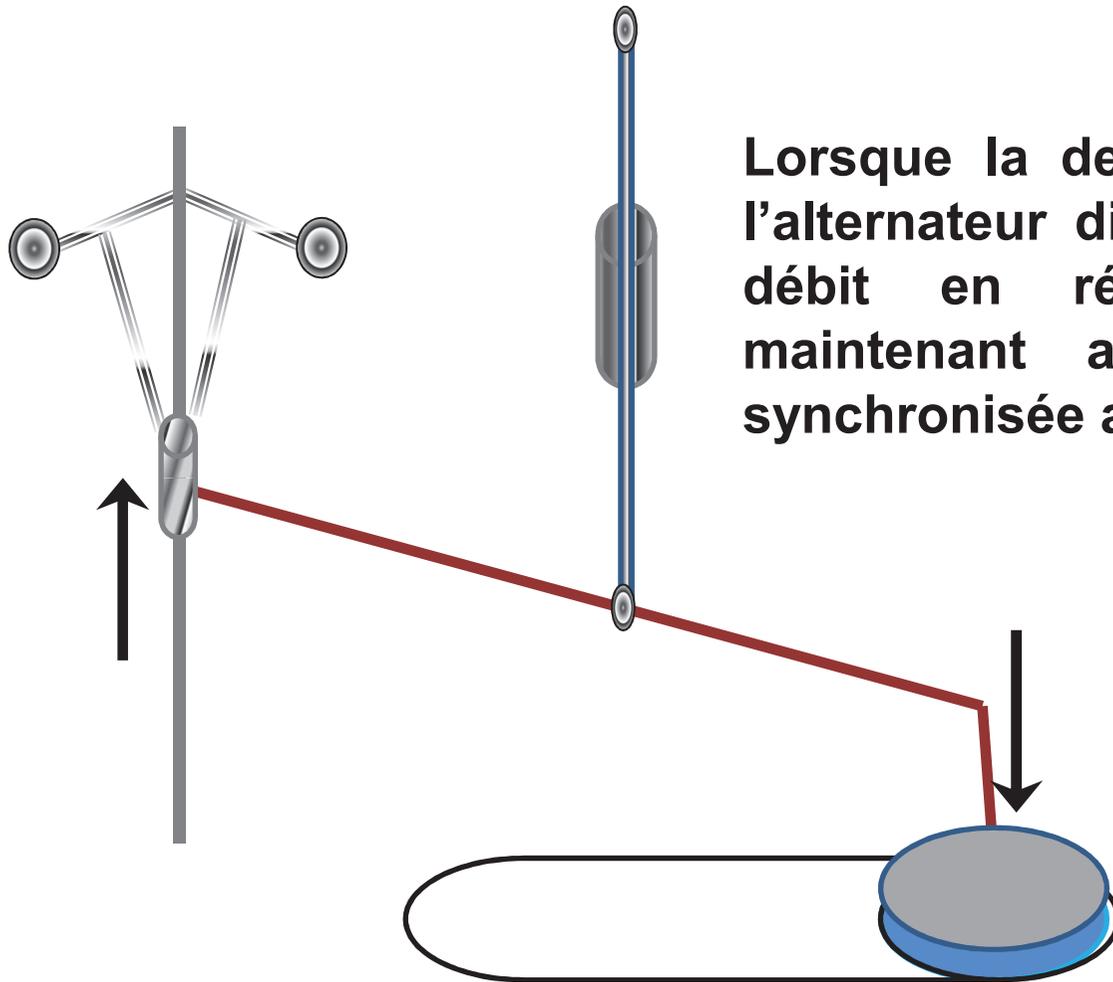


Production d'électricité



L' alternateur commence à débiter une puissance avec une fréquence bien synchronisée au réseau.

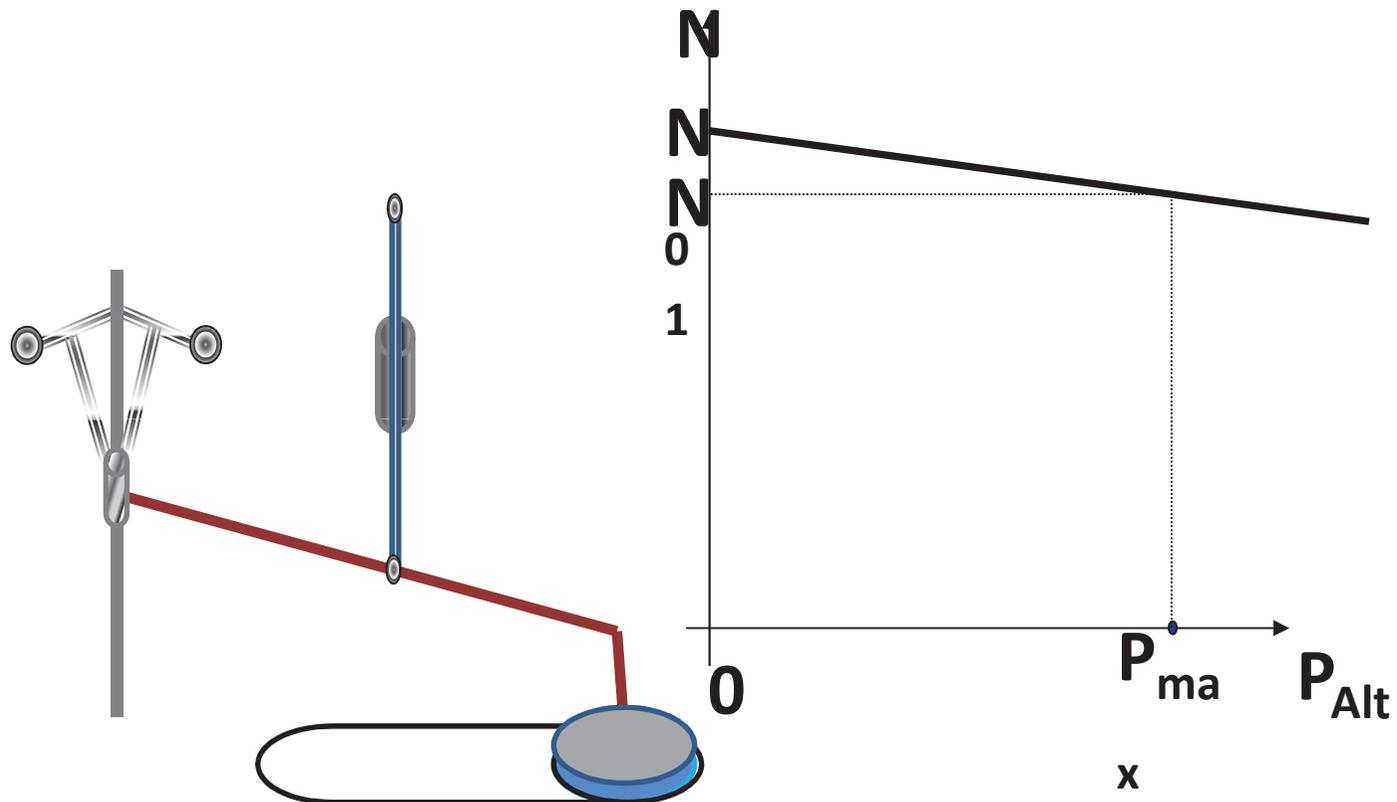
Production d'électricité



Lorsque la demande en puissance sur l'alternateur diminue, la vanne réduit le débit en réduisant l'ouverture. Et maintenant ainsi la fréquence bien synchronisée au réseau.

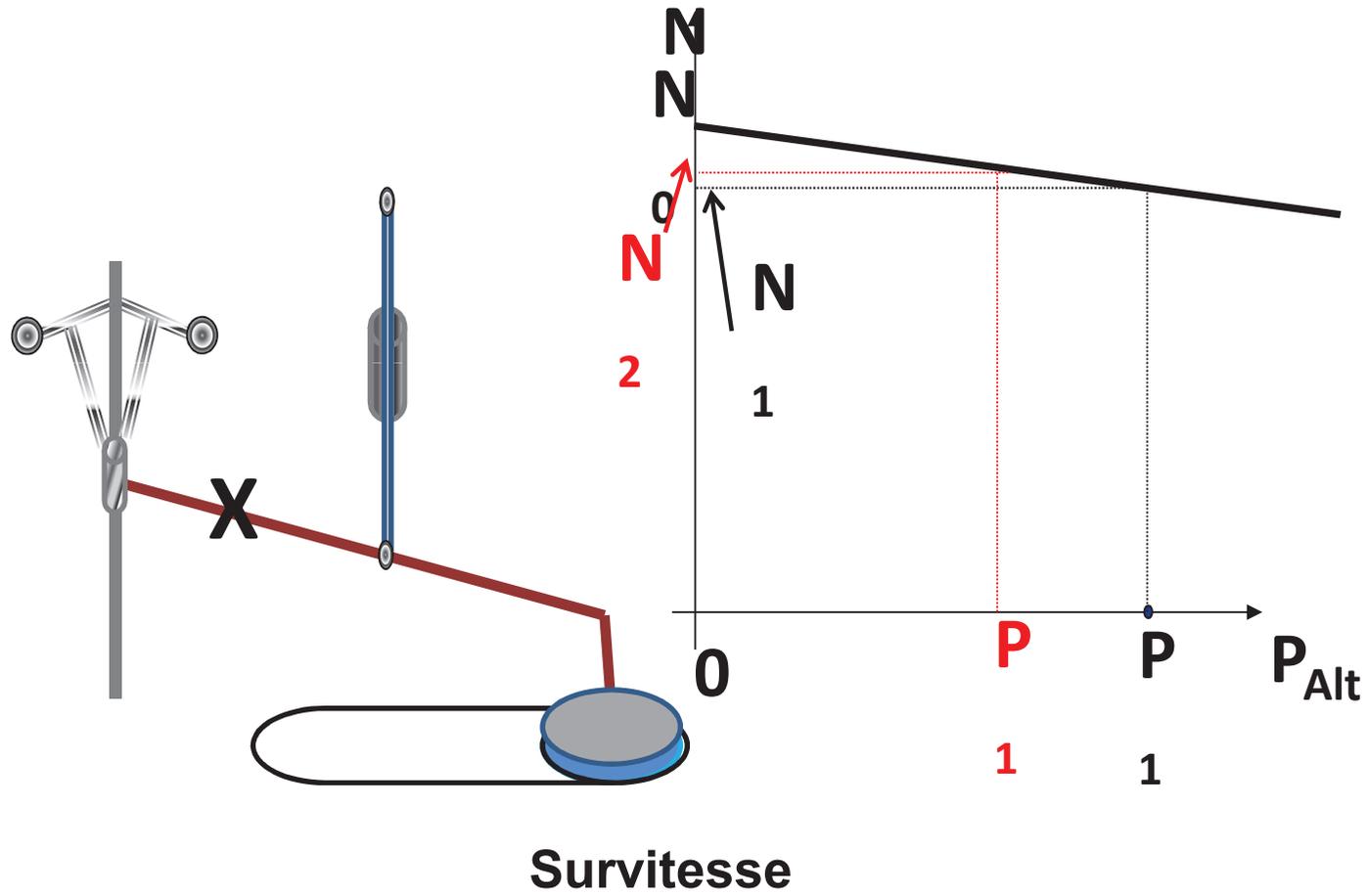
Production d'électricité

Le statisme

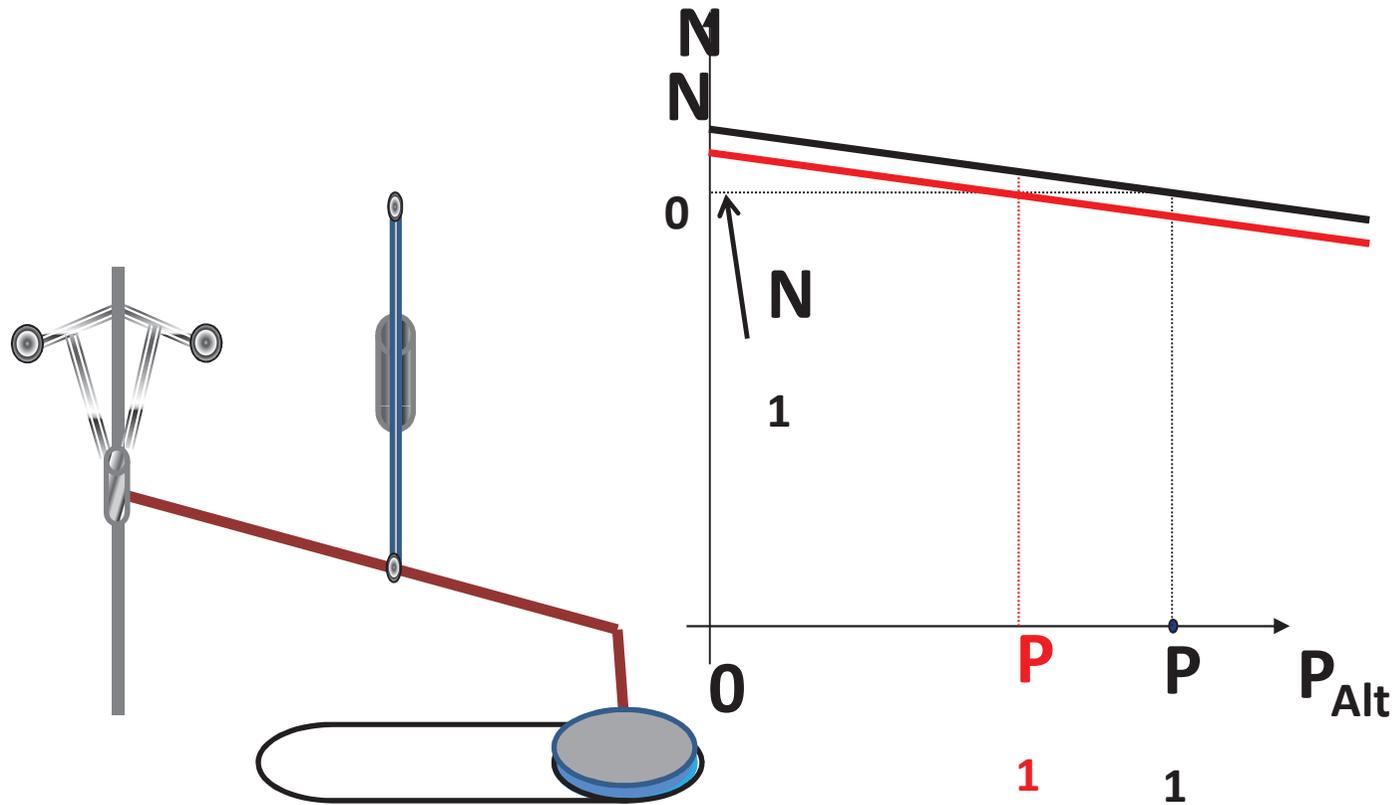


$$\text{Statisme} = \frac{N_0 - N}{(N_0 + N)/2}$$

Production d'électricité

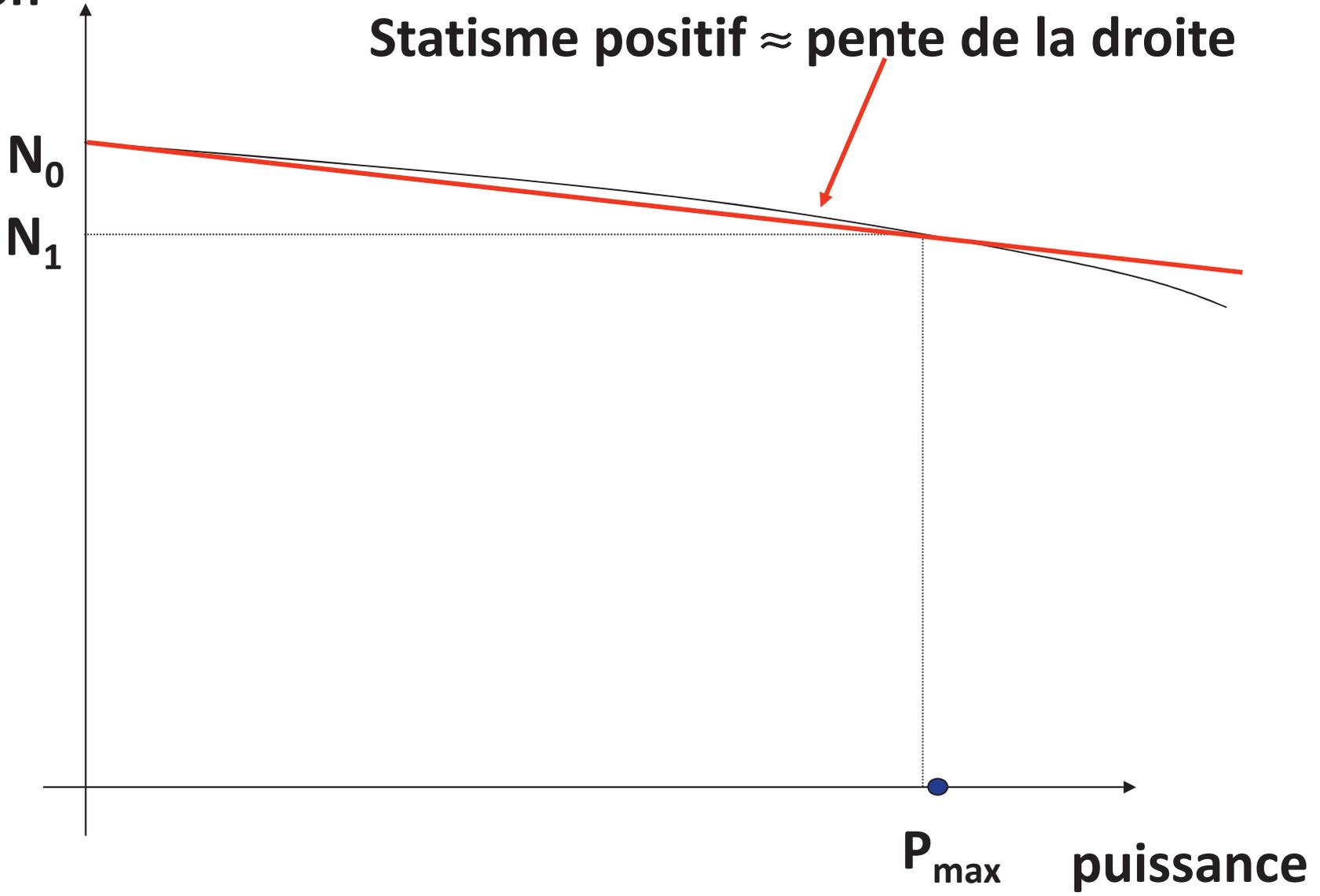


Production d'électricité



Vitesse constante

Vitesse de rotation



Statisme positif \approx pente de la droite

N_0

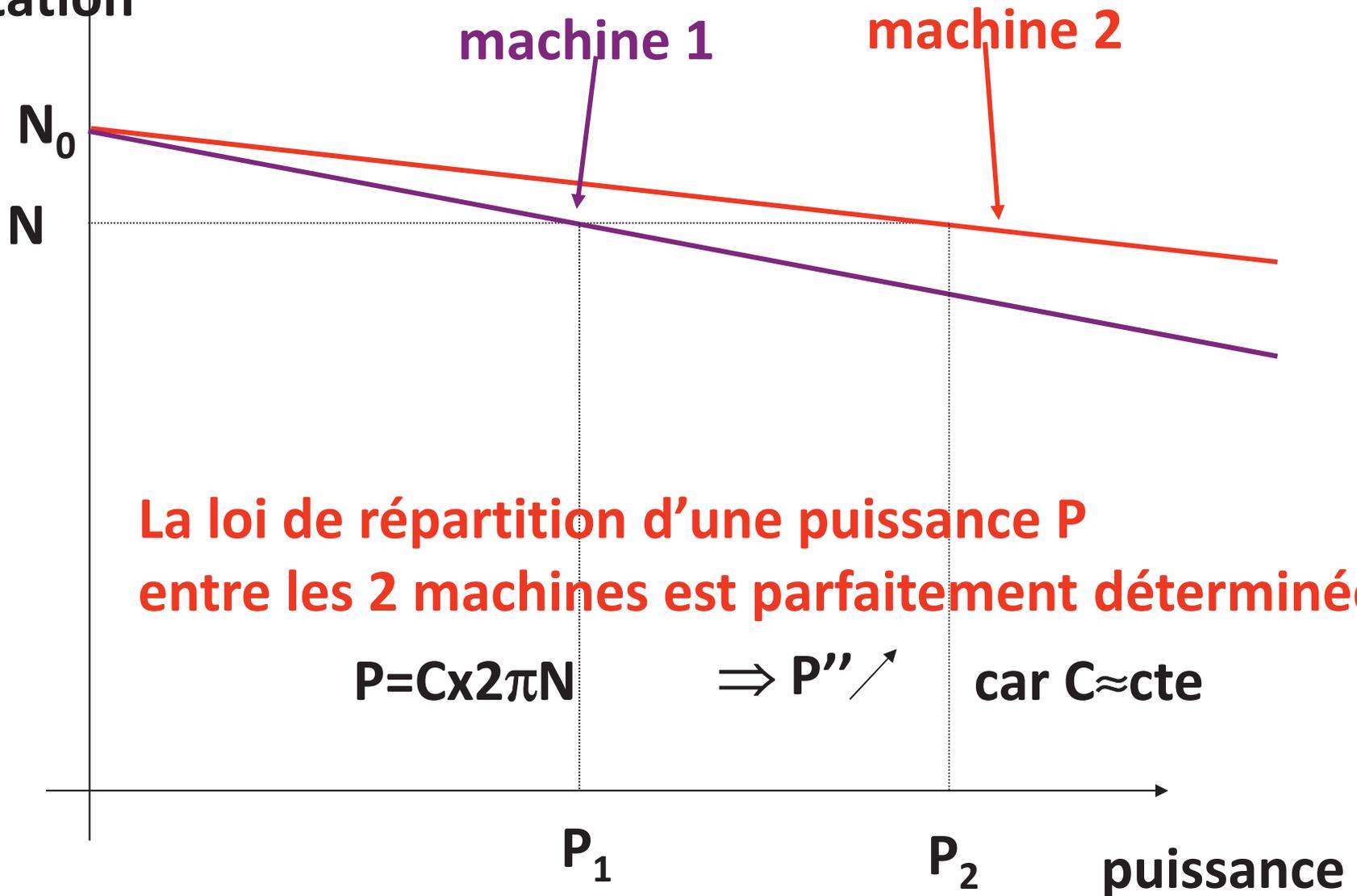
N_1

P_{max}

puissance

Stabilité du couplage de deux machines

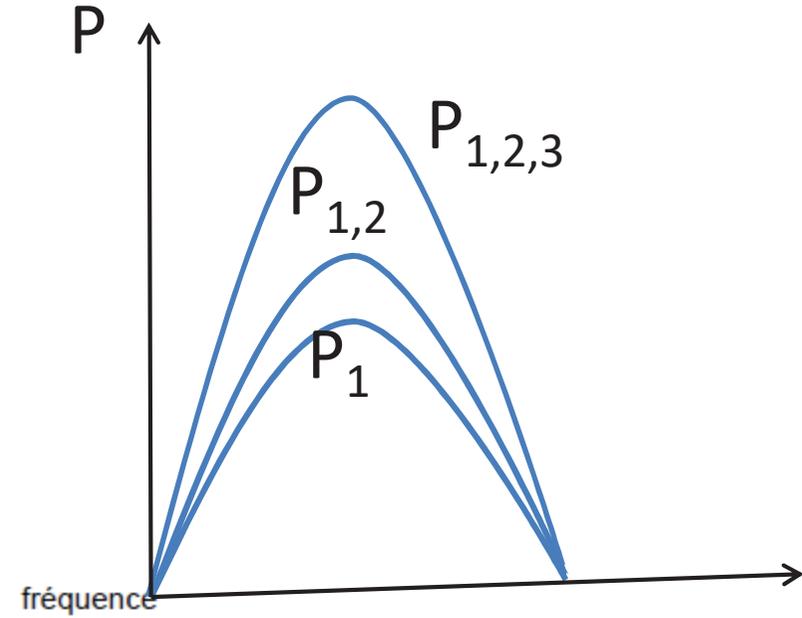
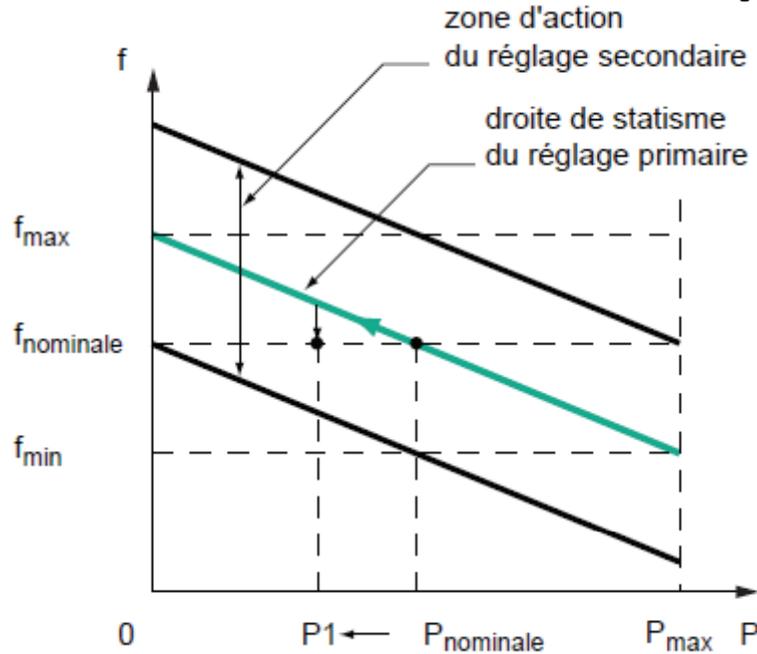
Vitesse de rotation



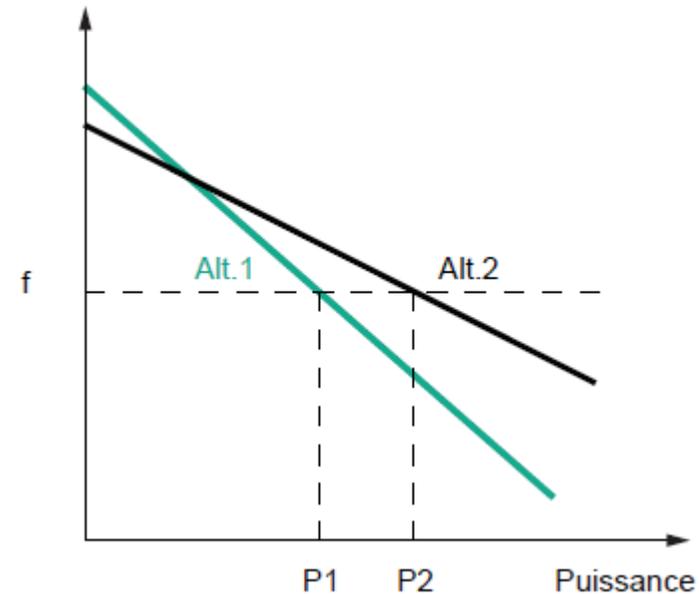
La loi de répartition d'une puissance P entre les 2 machines est parfaitement déterminée

$P = C \times 2\pi N \Rightarrow P'' \nearrow$ car $C \approx \text{cte}$

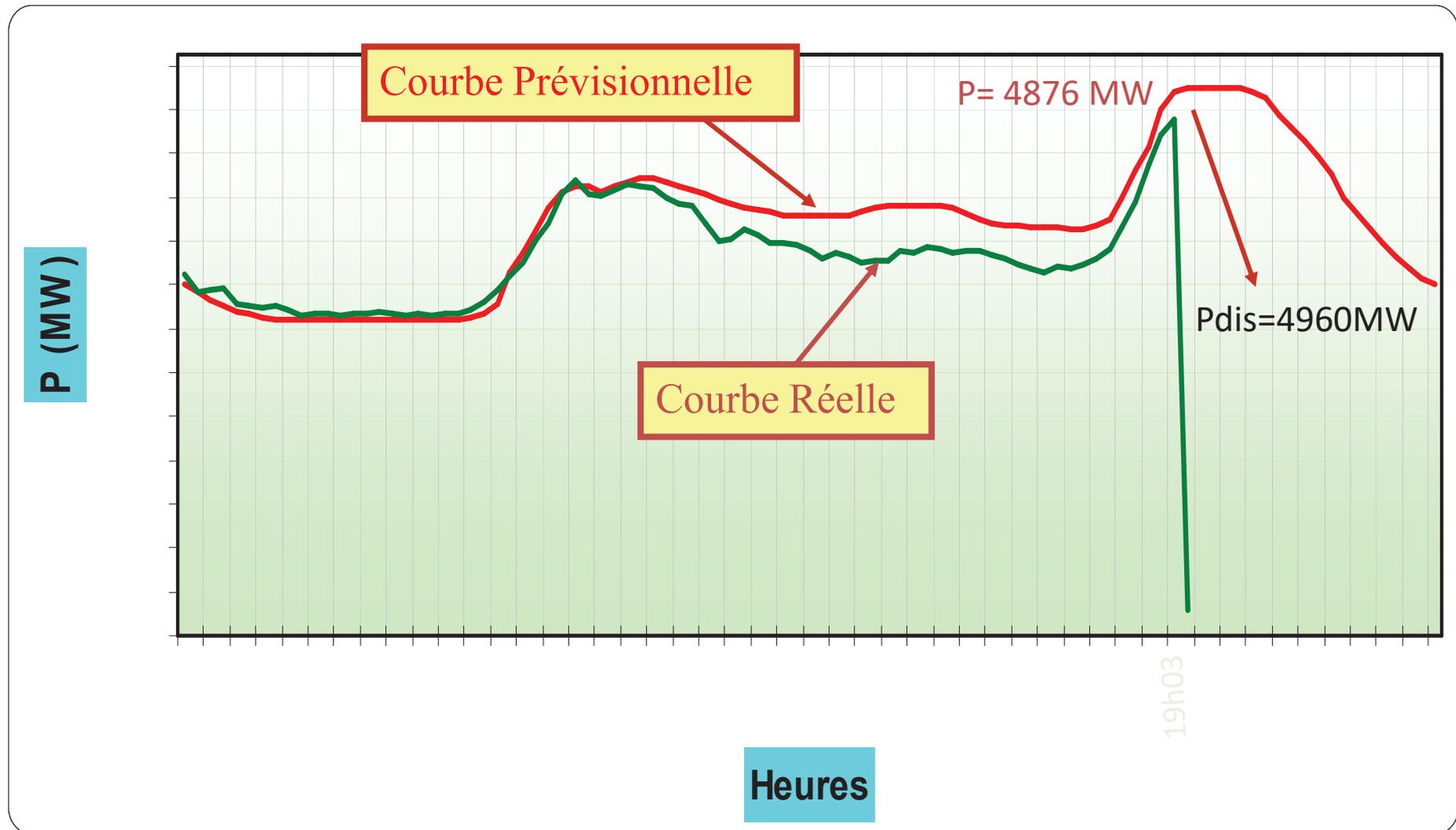
Couplage des alternateurs



Le réglage primaire réagit rapidement puis laisse la place aux grandes centrales pour le réglage secondaire et autres.

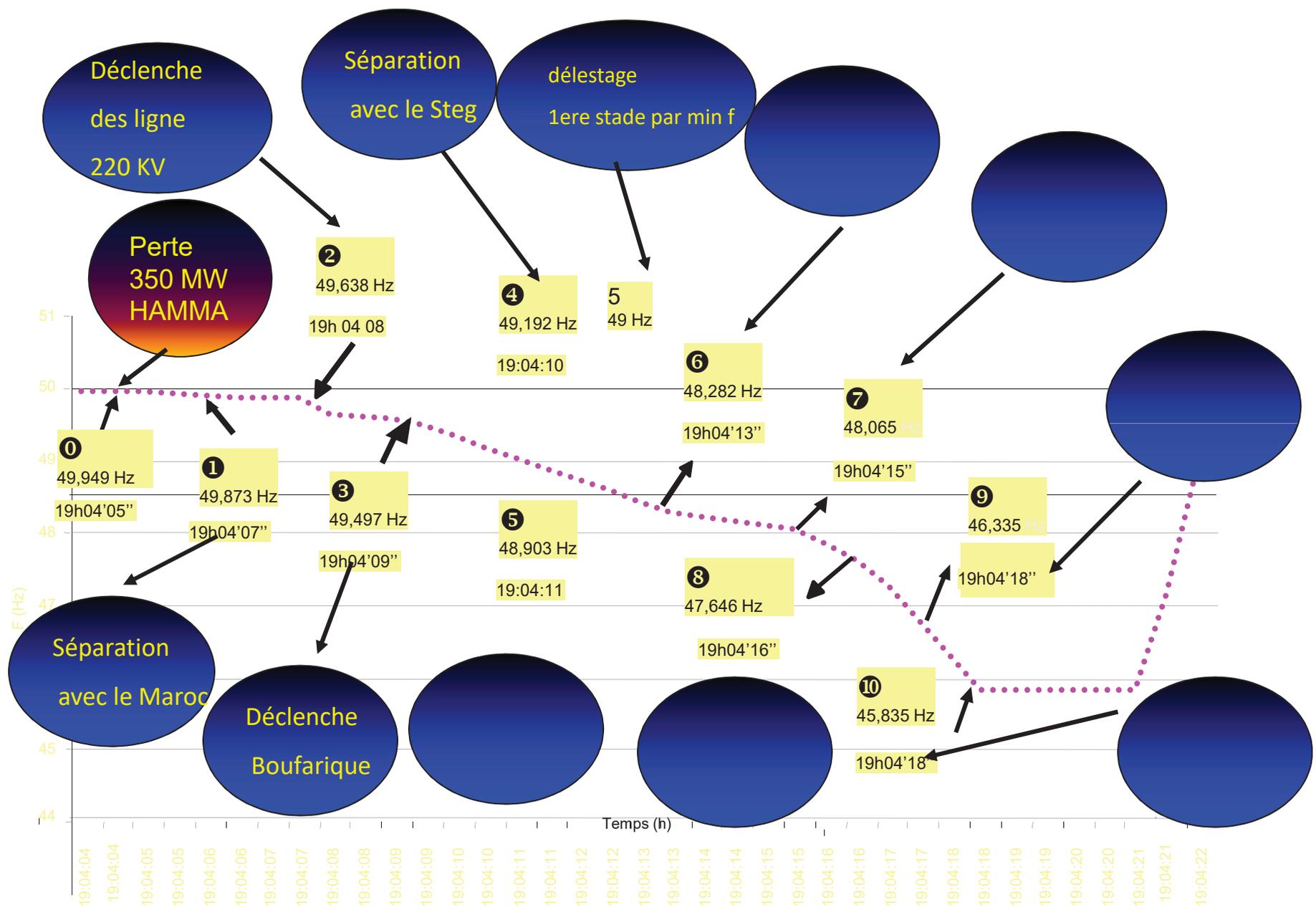


Courbe de charge avant le black out

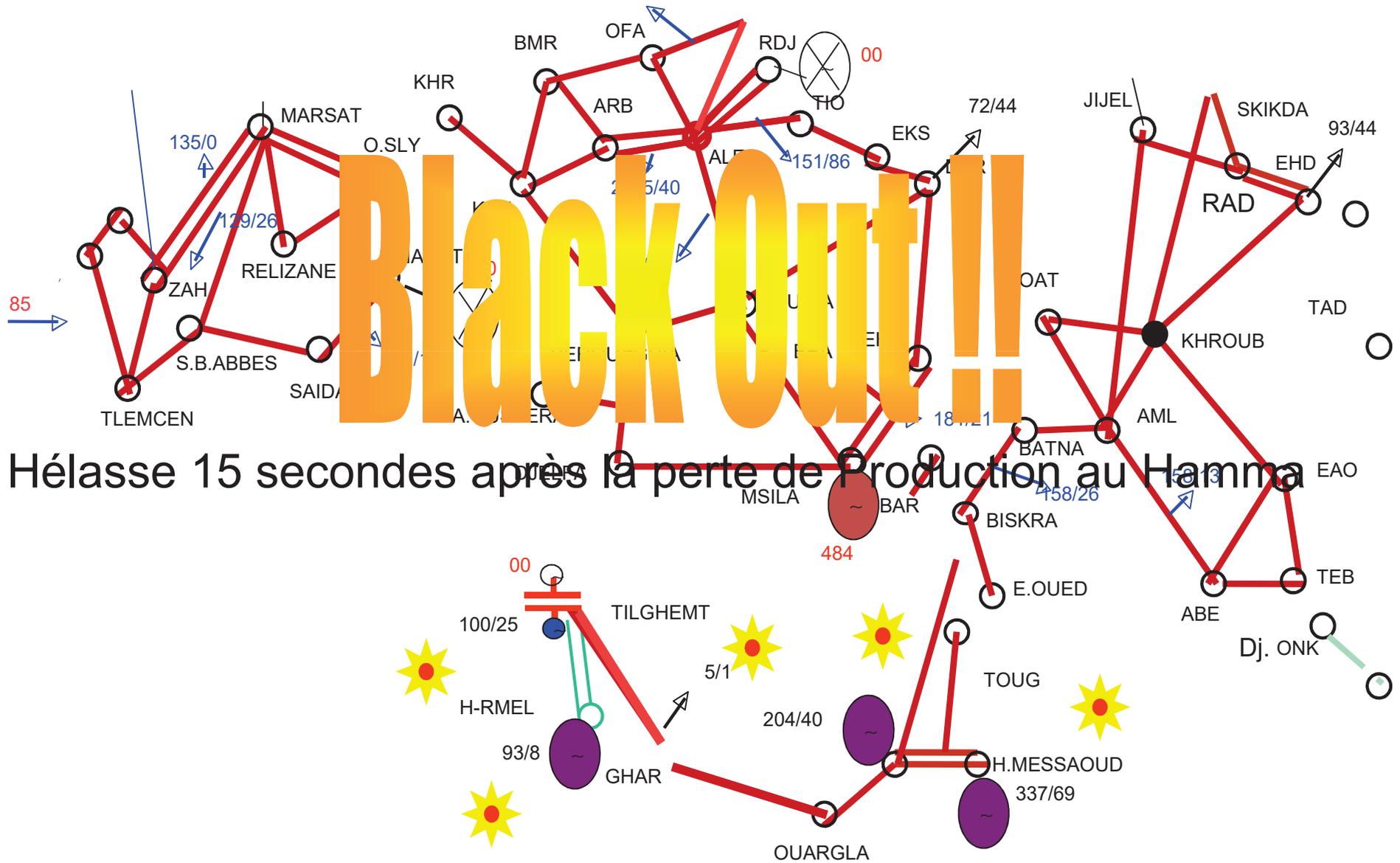


NB: A partir de 18h00 → montée de charge avec un gradient de 16 MW/mn

Déroulement chronologique de l'incident



To+15 sec
Fréquence = 46 Hz



J'attends vos questions

Merci

Prenez soin de vous