



Y O U R

FORMATION CŒUR DE MÉTIER



SOMMAIRE

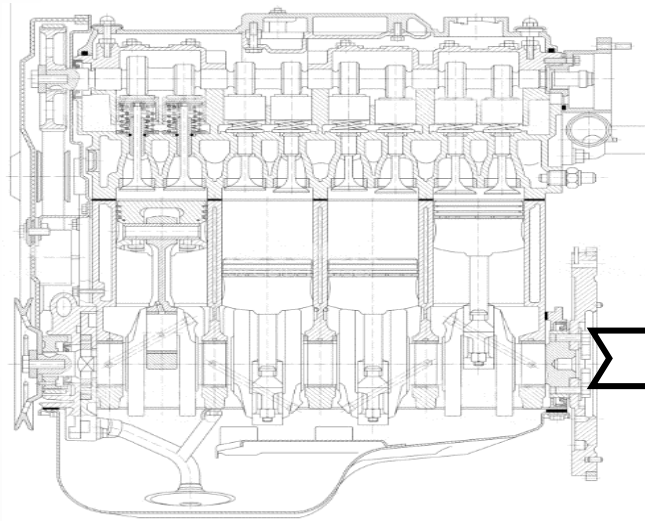
- RÉGULATION DE VITESSE
- RÉGULATION DE TENSION
- NOTIONS DE BASE
- COUPLAGE
- PROTECTION ÉLECTRIQUES



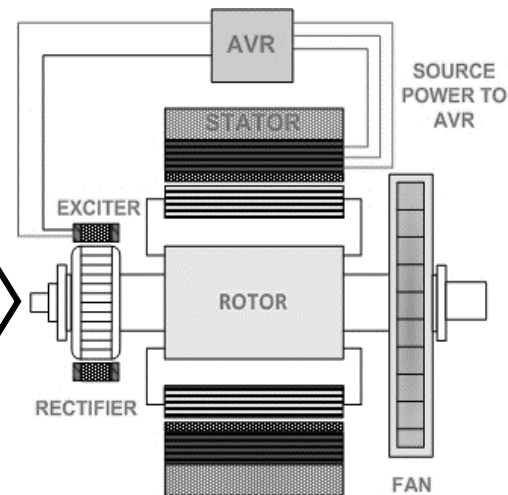
INTRODUCTION

GENERATEUR ELECTRIQUE:

MOTEUR



ALTERNATEUR



Il convertit l'énergie mécanique (Ch-W) en énergie électrique (KVA) stable en fréquence (Hz) et en tension (VAC)

Il peut être alimenté en diesel, gaz, biofuel, ou par l'énergie hydraulique, éolienne,...



INTRODUCTION

Le couplage d'un générateur avec une autre source d'énergie (réseau électrique, autre(s) générateur(s), énergie renouvelable,...) est réalisable par l'intermédiaire d'un contrôleur dédié, et à 3 conditions essentielles:

1. La présence d'une régulation de vitesse pilotable par le contrôleur.
2. La présence d'une régulation de tension équipée d'un T.I de statisme, et pour certains cas (couplage réseau, gestion PF, réactif important), d'une entrée pilotable par le contrôleur.
3. D'un organe de coupure pilotable automatiquement depuis le contrôleur (Disjoncteur motorisé, contacteur,...)



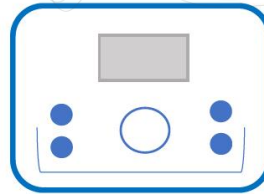
RÉGULATEURS DE VITESSES

- **Comment ? Via une boucle d'asservissement avec:**
 - Une mesure de vitesse :
 - Pour être capable de corriger, avec un capteur magnétique sur le volant moteur.
 - Un système de contrôle intelligent
 - Pour ajustement avec une consigne externe et une boucle primaire.
 - Une gestion du débit de fuel:
 - Actionneur, contrôle injection,....



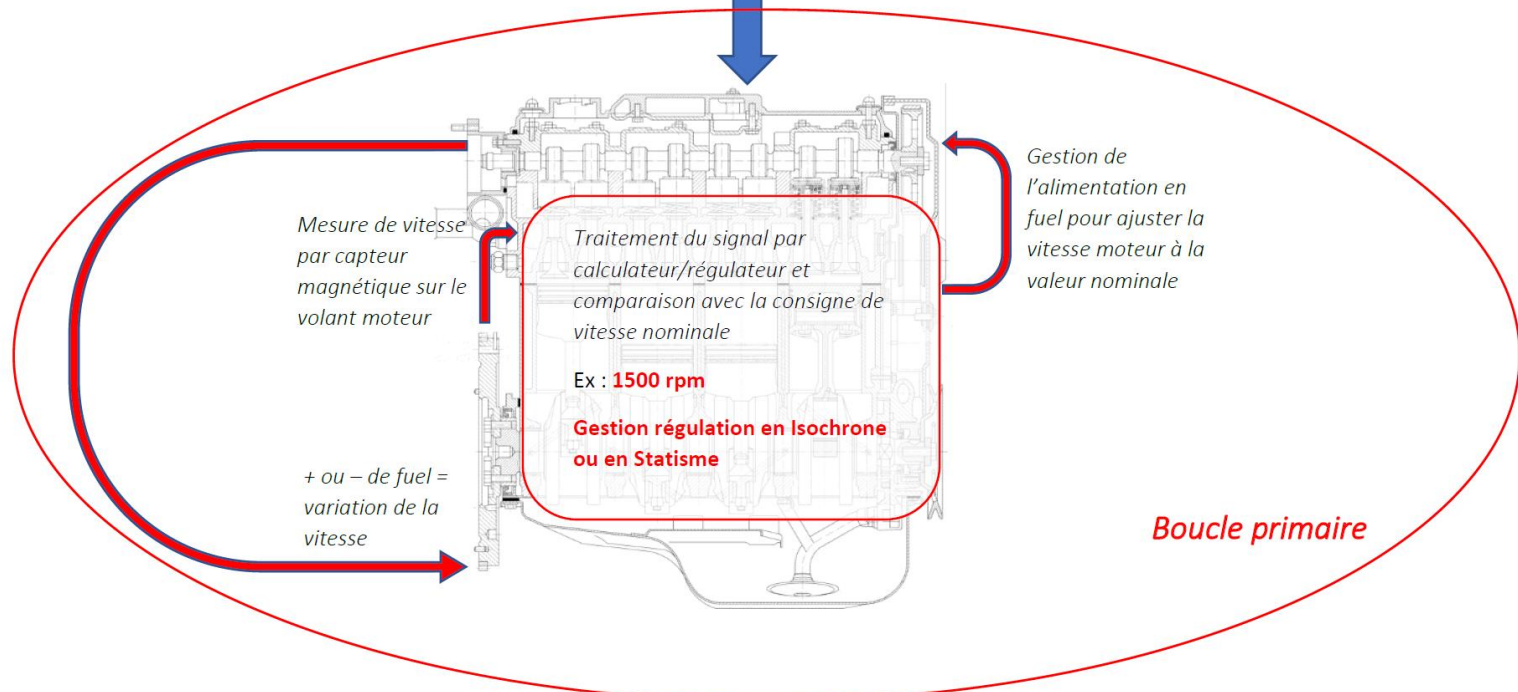


RÉGULATEURS DE VITESSES



Consigne externe additionnelle donnée par le contrôleur :

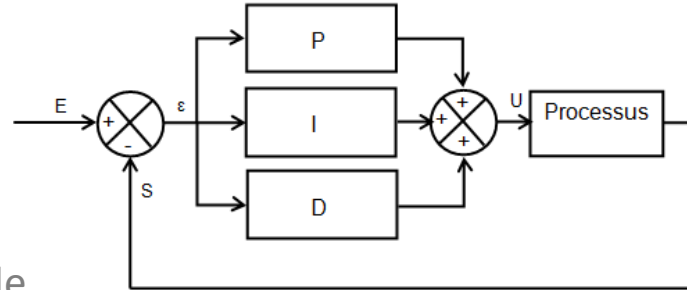
- Synchro
 - Pilotage opérateur
 - Gestion de charge
- par potentiomètre/BP





RÉGULATEURS DE VITESSES

PID



- **Gain proportionnel**
 - Correction proportionnelle.
 - Un gain fort donne une réponse rapide au niveau moteur.
 - Réglage – Ajuster juste avant pompage (instabilité).
- **Intégrale**
 - Correction de l'erreur de vitesse dans le temps
 - Ajustement final.
 - La valeur suivra la proportionnelle
- **Dérivée**
 - Anticipation du résultat d'une variation,
 - Ajustement rare sur les générateurs



RÉGULATEURS DE VITESSES

- Réglages

- PID:

- Pompage violent → Gain proportionnel trop élevé.
 - Pompage rapide → Dérivée trop élevée.
 - Pompage lent → Intégrale trop élevée.

- Important:

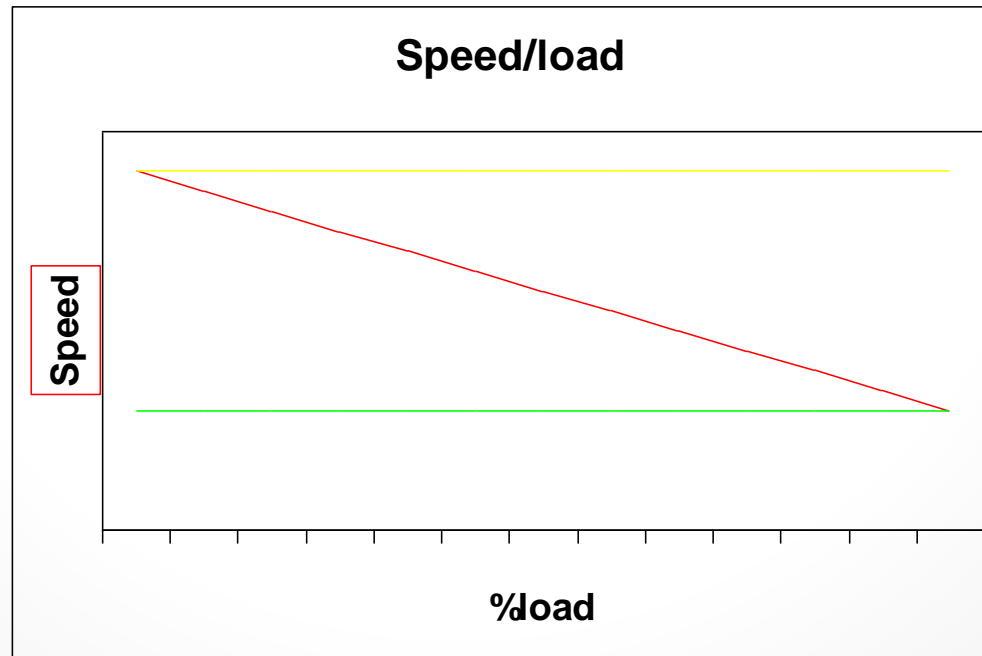
- Les PID du régulateur de vitesse doivent être ajustés pour obtenir la meilleure stabilité.
 - Les PID du contrôle commande générateur ne peuvent en aucun cas rectifier un mauvais réglage du régulateurs de vitesse.



RÉGULATEURS DE VITESSES

- **Statisme**

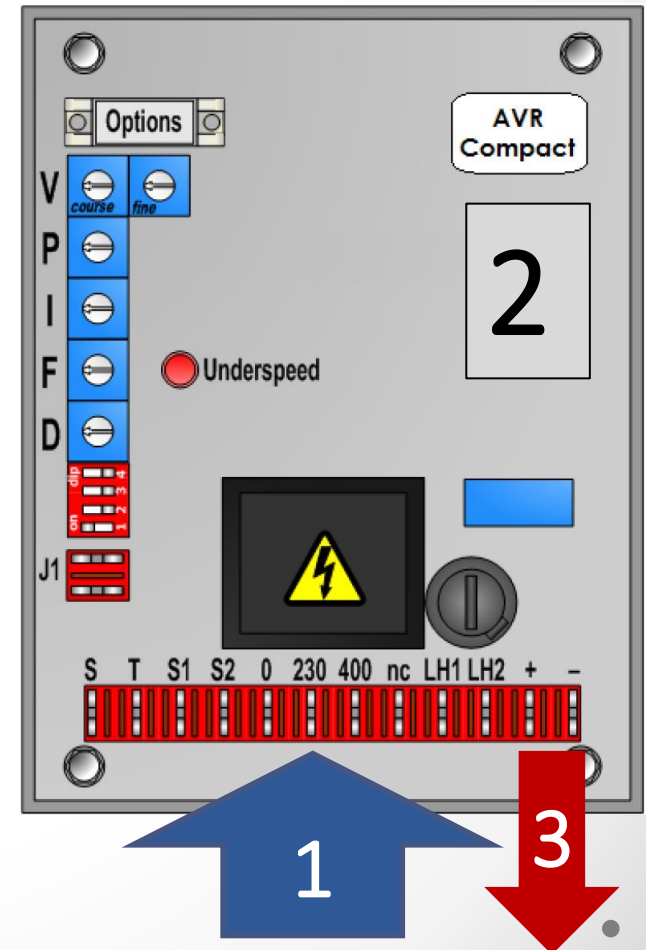
- Evite l'instabilité en cas de couplage sans intelligence externe
- Le statisme est le % de la différence entre vitesse à vide et vitesse à 100% de charge.
- Ex: 2% de statisme représente une chute de vitesse de 30 RPM à pleine charge pour un moteur de 1500 rpm nominal





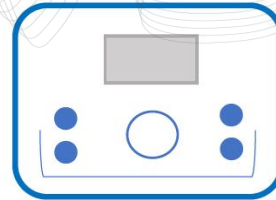
RÉGULATEURS DE TENSIONS

- **Comment ? Via une boucle d'asservissement avec:**
 1. Une mesure de tension (rebouclage phase), et de courant (T.I):
Pour être capable de corriger
 2. Un système de contrôle intelligent (AVR)
Pour ajustement avec une consigne externe et une boucle de contrôle.
 3. Une gestion du courant d'excitation:
Variation du courant Rotor,....





RÉGULATEURS DE TENSIONS

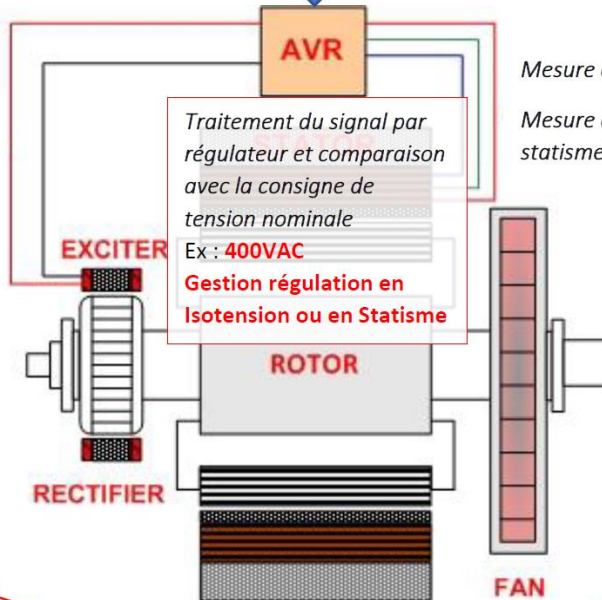


Consigne externe additionnelle donnée par le contrôleur :

- Synchro
- Pilotage opérateur par potentiomètre/BP
- Gestion de charge Réactive / PF

Courant d'excitation envoyé au rotor de la génératrice.

+/- de courant pour augmenter ou diminuer la tension de sortie alternateur



Mesure de tension de l'alternateur

Mesure du courant d'alternateur (T.I de statisme) nécessaire au couplage.

Boucle primaire



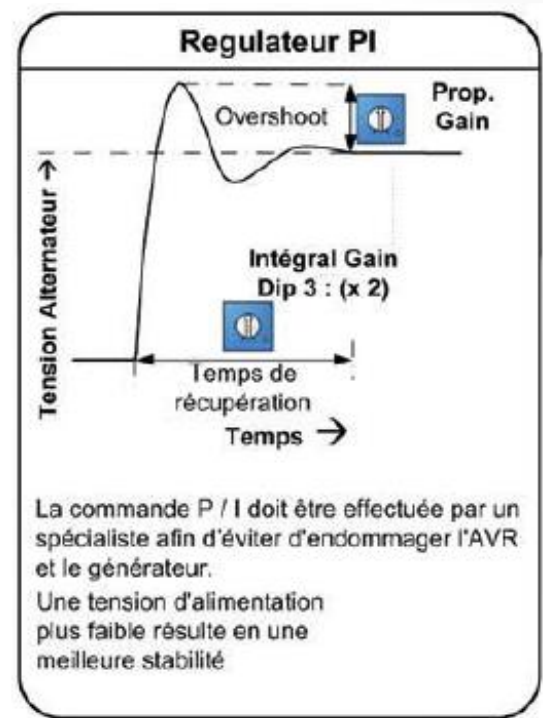
RÉGULATEURS DE TENSION

PID

- **Même principe que pour la vitesse:
Via une boucle d'asservissement.**

Sur les régulateurs de tension le PID est régulièrement simplifié, synthétisé en un réglage appelé « stabilité » ou « Gain »

Ci-contre le réglage de la régulation Isotension 400VAC de l'AVR CRE

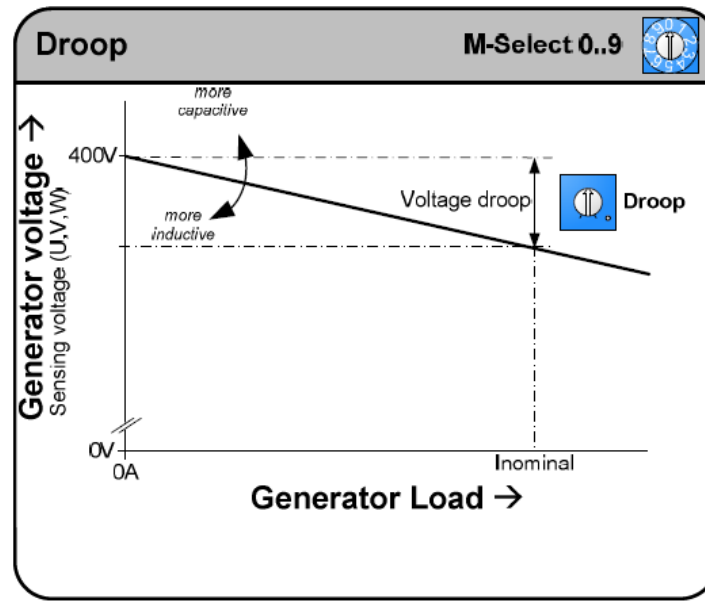




RÉGULATEURS DE TENSION

- Statisme

- Pour l'assurance d'une répartition stable en réactif et d'un contrôle de facteur de puissance efficace, les AVR en répartition utiliseront une boucle primaire avec du statisme, qui prendra en compte le courant et le Cos Phi dans le pilotage de la tension.





NOTION S

- **Synchronisation**

- Phases
- Fréquence
- Tension
- Protection rotophase
- Systèmes synchrones

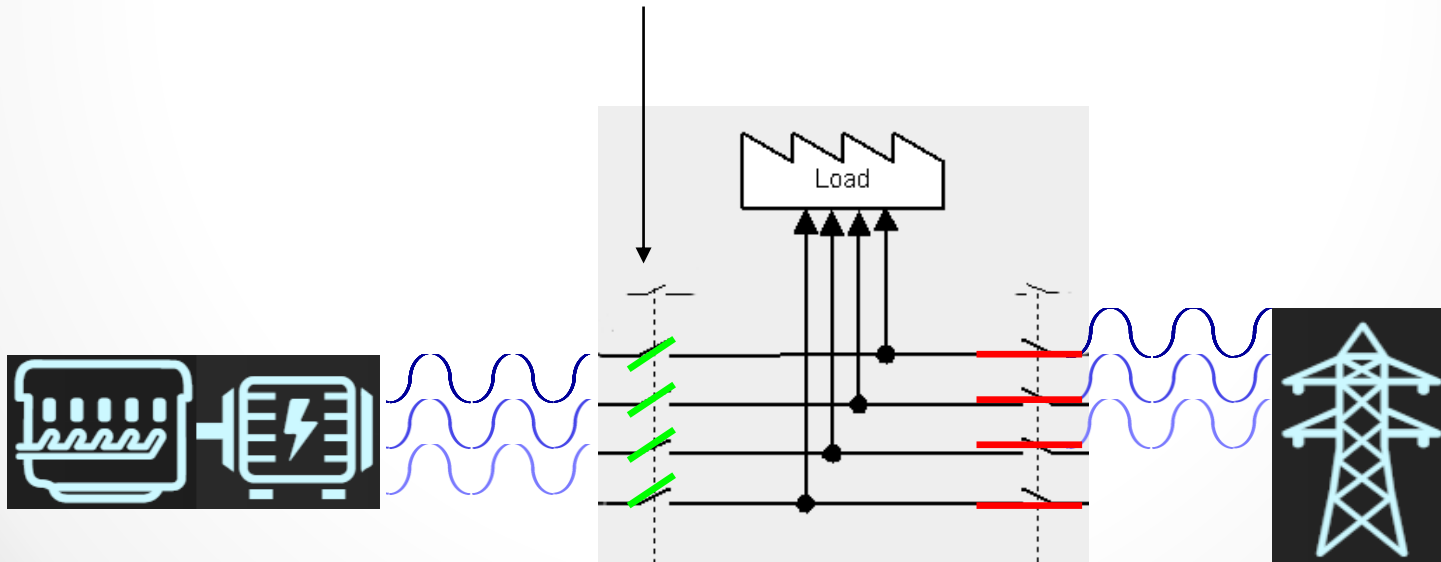


SYNCHRONISATION

Condition de fermeture disjoncteur:

Exemple du couplage au réseau

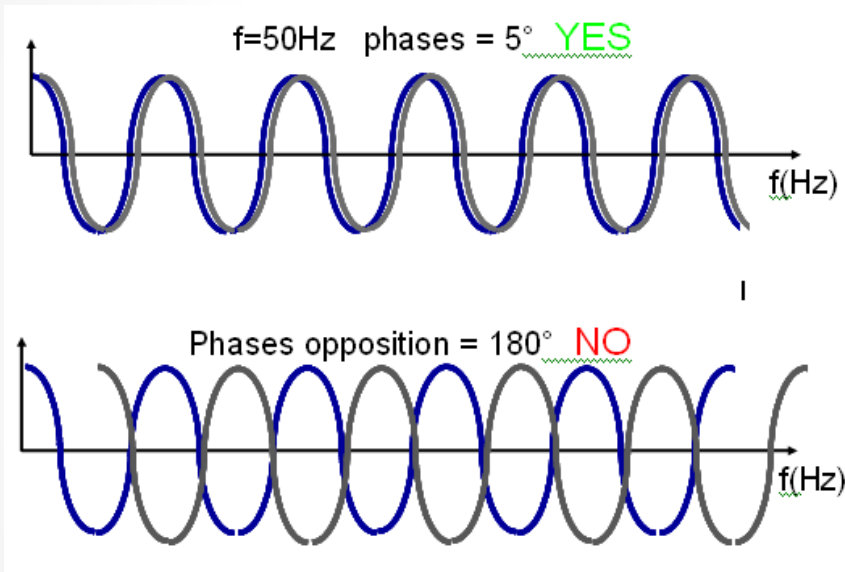
- Phases, fréquences et tensions identiques
- Rotation des phases identiques





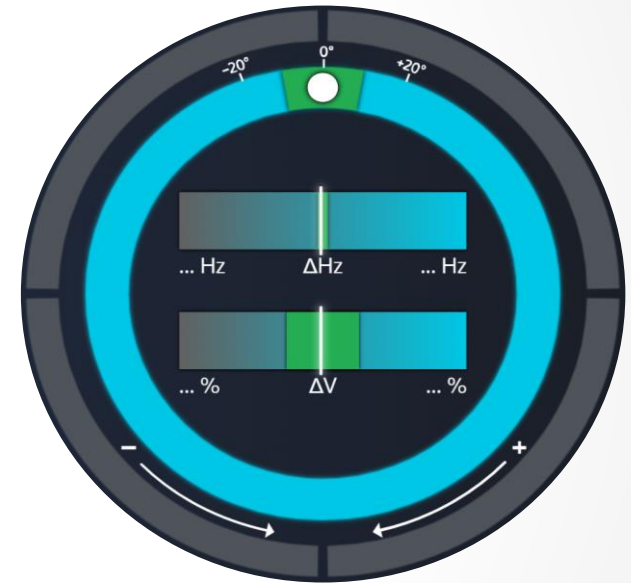
SYNCHRONISATION

Phases



Correction par régulation de vitesse

Indicateur Synchro



Recommandation:

La différence acceptée entre phases pour couplage doit être de:

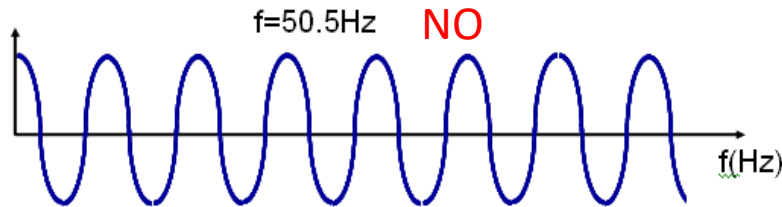
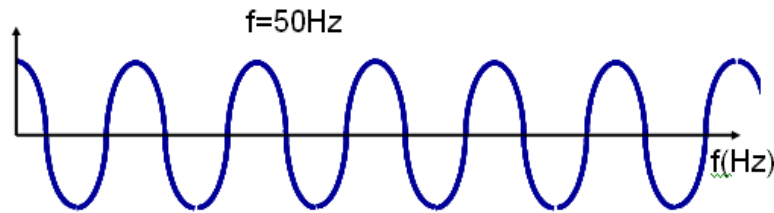
- $\pm 10^\circ$ max



SYNCHRONISATION

Fréquence

Indicateur



Recommandation:

La difference acceptée entre phases pour couplage doit être de:

- $\pm 0,15 \text{ Hz max}$

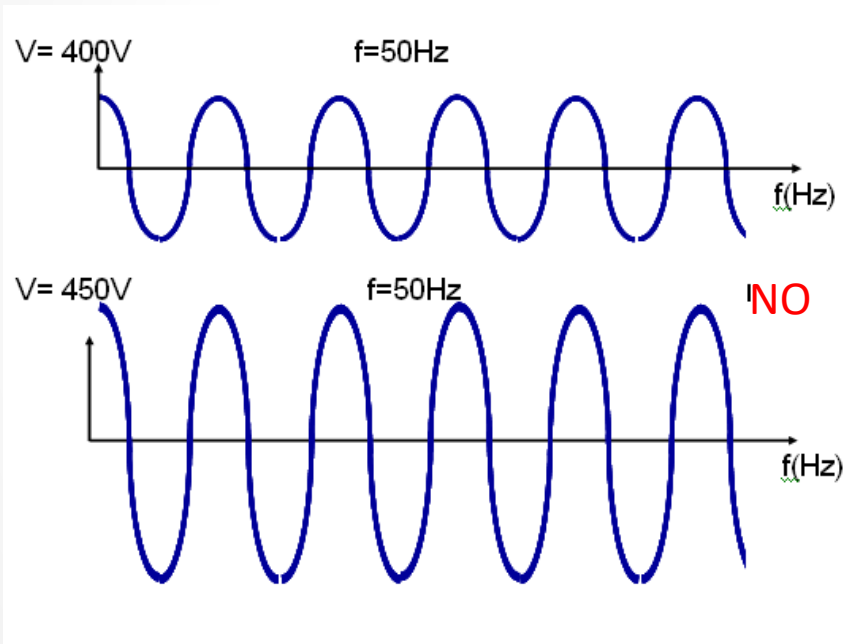
Correction de fréquence par régulation de vitesse



SYNCHRONISATION

Tension

Indicateur



Correction de la tension par
régulateur de tension



Recommandation:

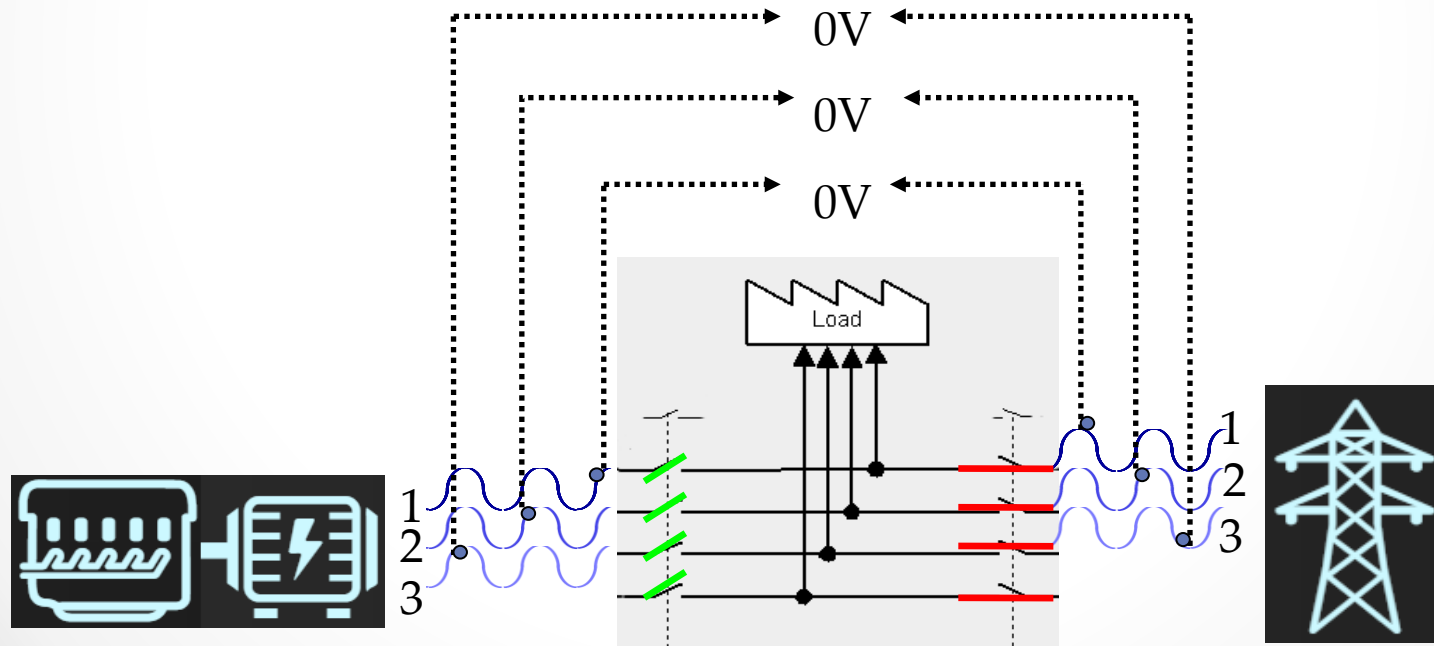
La différence acceptée entre phases
pour couplage doit être de:

- $\pm 15\%$ max



SYNCHRONISATION IS A TIO

- Protection rotation de phases
 - Même sens de rotation obligatoire.
 - Mesurer 0V entre phases avant couplage (au top synchro)

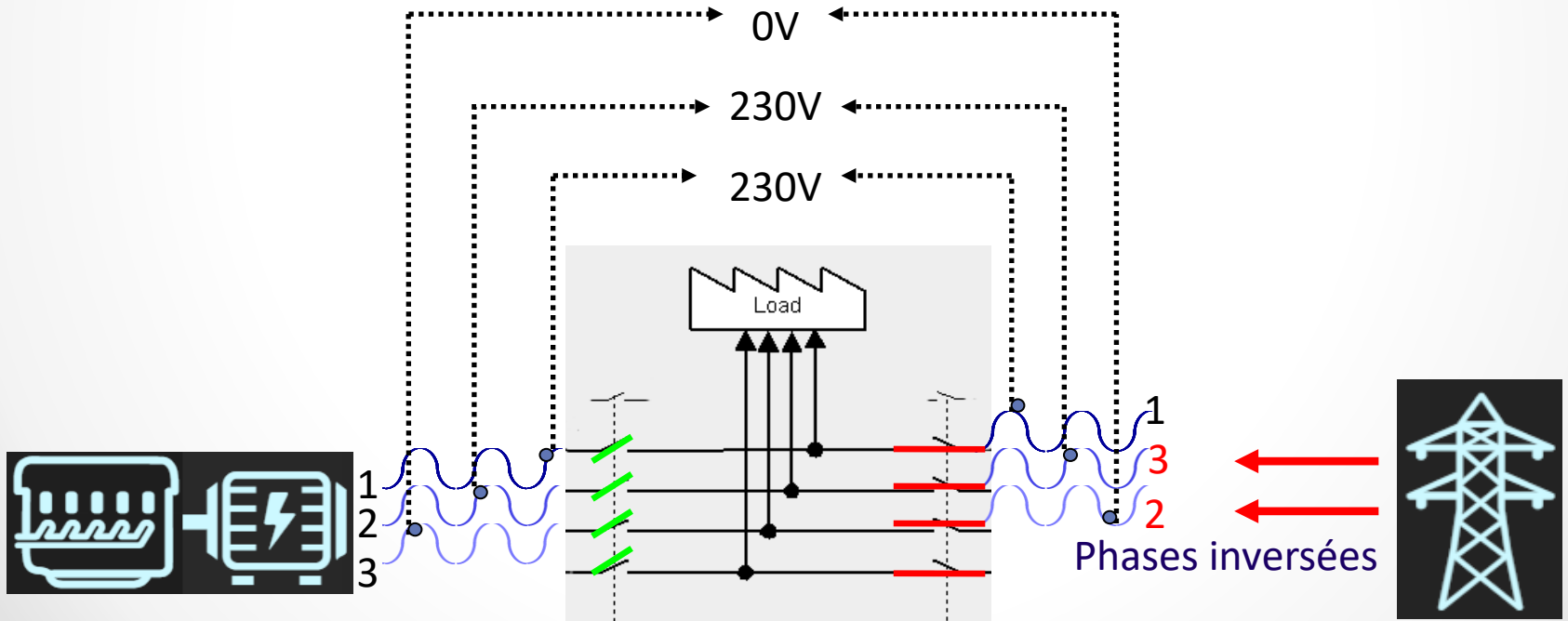


Câblage correct



SYNCHRONISATION

- Protection rotation de phases
 - Même phase, fréquence et tension mais sens de rotation faux.

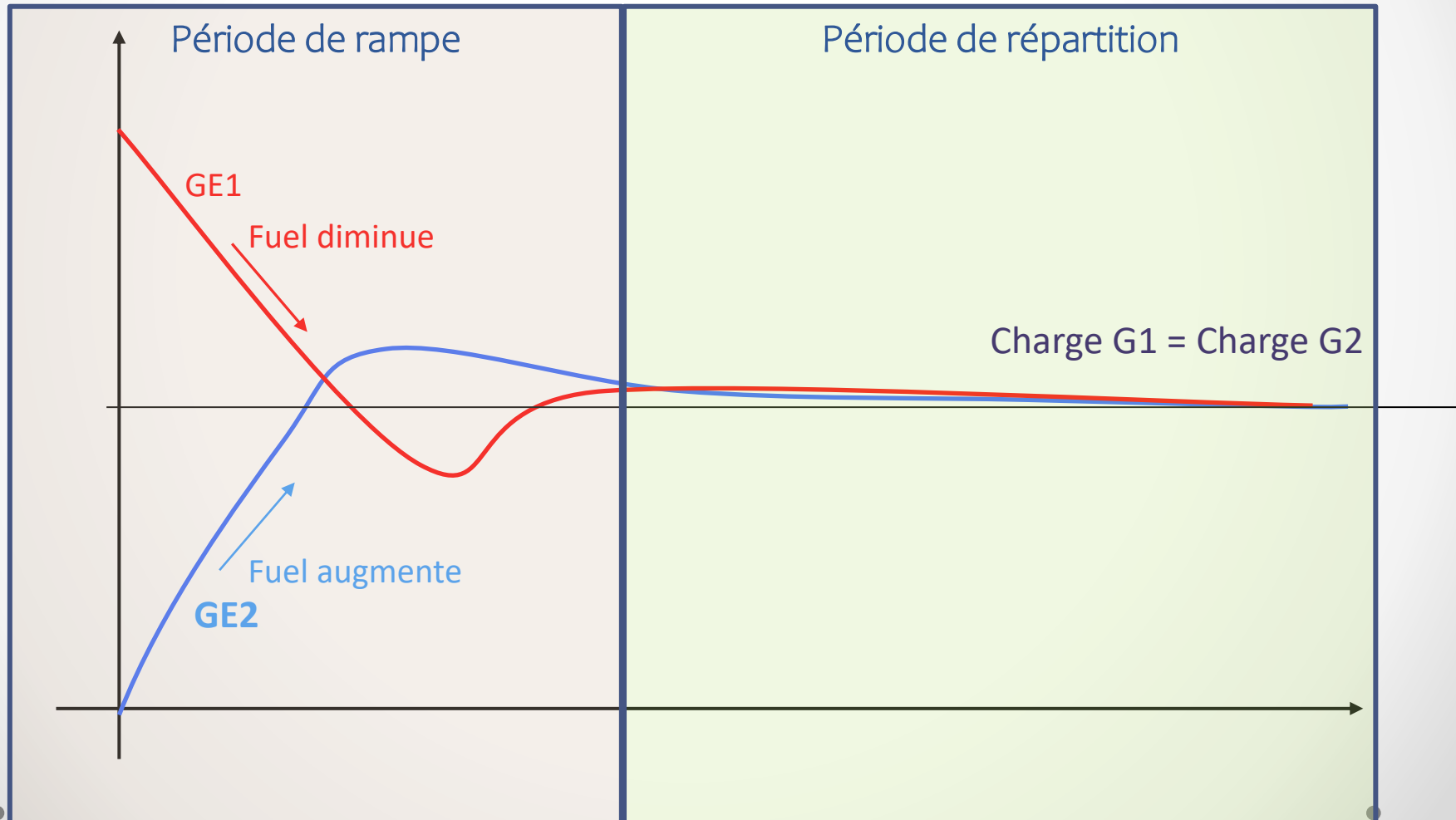


Mauvais câblage



COUPLAGE GROUPES

- 2 Groupes après fermeture disjoncteurs. Répartition isochrone





COUPLAGE GROUPES

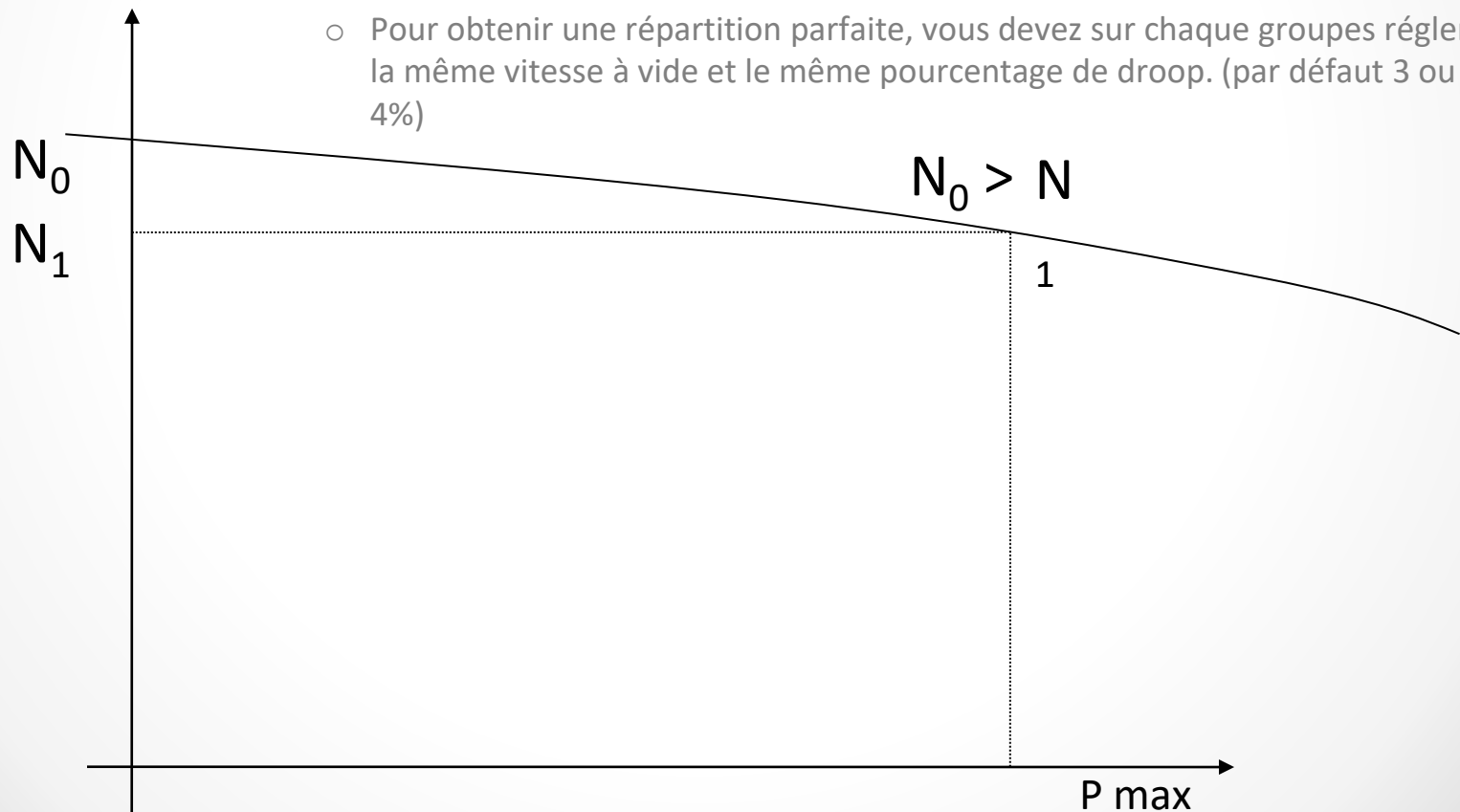
- **Statisme**

- % de différence entre vitesse à vide (N_0) et vitesse à pleine charge (N_1).
- Utilisé pour éviter l'instabilité.

- » **Couplage de vieilles installations**

- » **Marche dégradée.**

- Pour obtenir une répartition parfaite, vous devez sur chaque groupes régler la même vitesse à vide et le même pourcentage de droop. (par défaut 3 ou 4%)





TABLEAU

		SEUL	COUPLE
FIOUL		Hz (VITESSE)	kW
EXCITATION		TENSION	kVAR (cos phi)

SYNCHRONISATION		REPARTITION
Fréquence; Phases; Tensions		Charge kW & charge kVAR
Disjoncteur ouvert		Disjoncteur fermé



Y O U R

COUPLAGE
GÉNÉRATEURS





LEE COUPLAGE : LES AVANTAGES

- Fiabilité : Meilleure solution d'avoir plusieurs petits générateurs qu'un seul de forte puissance : + de sécurité grâce à la redondance,
- Flexibilité : Suivant la demande de la charge, on peut démarrer/arrêter des générateurs un par un. Excellente solution pour la performance des générateurs idéale entre 60 à 90% de leur capacité,
- Préventif: Moins de stress mécanique pour les générateurs, et une maintenance facilitée,
- Réactivité : Meilleure réponse face aux impacts de charge,
- Extension : Sans limite du nombre de générateur par centrale,
- Rentabilité : Le coût des pièces sur petits générateur est proportionnellement meilleur que sur un de fortes capacités de puissance. Aussi possible de rajouter des générateurs gaz, sur la centrale couplée.



LES DIFFÉRENTS COUPLAGES,

- Couplage entre générateurs,
 - Dynamique ou à l'arrêt,
- Couplage aux réseaux :
 - Fugitif,
 - Permanent, talon générateur,
 - Permanent, talon réseau,

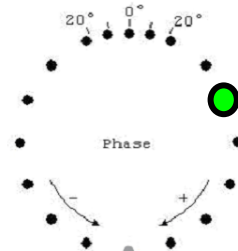
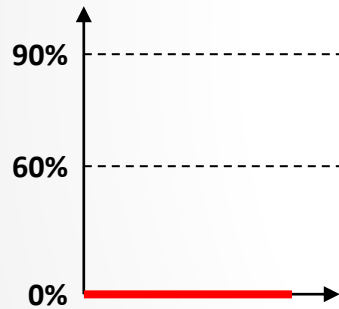


COUPLAGE GÉNÉRATEURS EN DYNAMIQUE, ET GESTION DE PUISSANCE



CHARGE

CHARGE CENTRALE



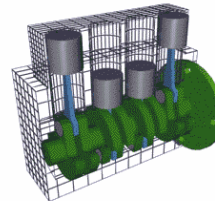
Fermeture
disjoncteur

Fin

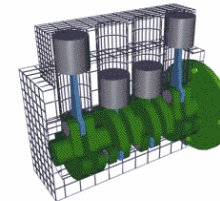


DEMANDE DEMARRAGE AUTO

GE2
Démarré

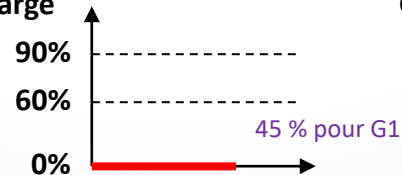


Répartition
de charge

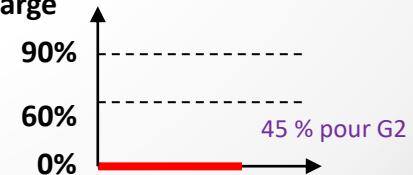


GE1
Démarré

G2 : Charge



G1 : charge





COUPLAGE GÉNÉRATEURS À L'ARRÊT,

Le couplage à l'arrêt est une méthode de couplage générateurs à l'arrêt, afin de réduire au maximum le temps de mise à disposition de la centrale

- Lorsque tous les générateurs sont à l'arrêt et en mode automatique, et que le bus commun est hors tension, le couplage se déroulera de la manière suivante:
 1. Fermeture de tous les disjoncteurs en même temps,
 2. Démarrage de tous les générateurs sans excitation alternateurs,
 3. Lorsque tous les moteurs sont en marche et à l'état "prêt", l'excitation est simultanément envoyée à tous les alternateurs (AVR).
 4. La centrale complète est généralement prête en moins de 10s



COUPLAGE À L'ARRÊT

1) Perte secteur

2) Fermeture disjoncteurs

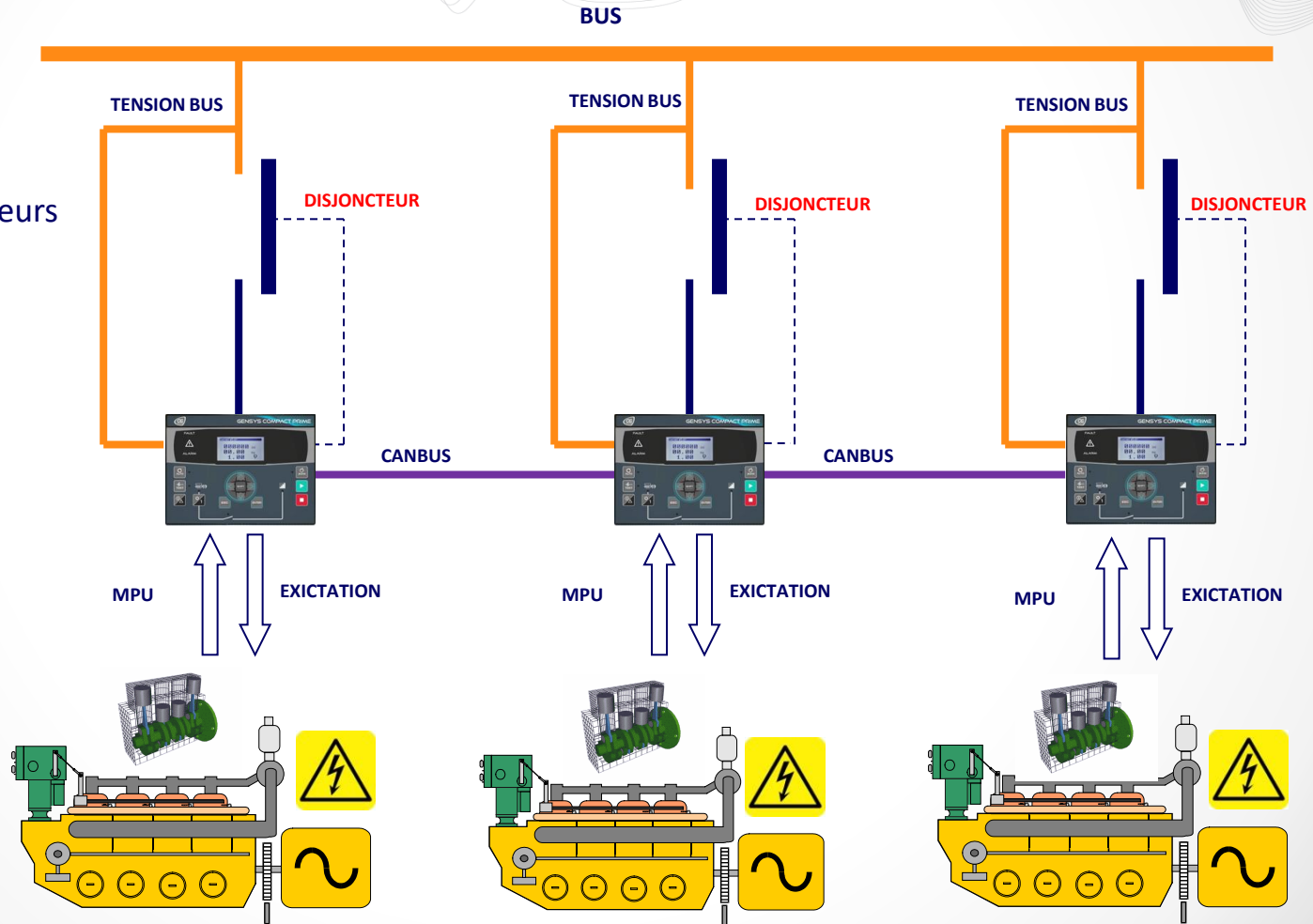
3) Démarrage

4) Générateurs à
% vitesse
nominale

5) Sorties activation
excitation

6) Rampe de tension

7) **Générateurs prêts
<10 secondes**





COUPLAGE GÉNÉRATEURS À L'ARRÊT,

- Prérequis:
 1. Mesure de vitesse par capteur magnétique,
 2. Pilotage excitation (toujours via l'alimentation AVR et non par la boucle d'excitation
 3. Alternateurs identiques,
 4. Disjoncteurs pilotés en basse tension DC,
 5. Architecture PMG sur AVR



COUPLAGE



- Couplage fugitif,
- Couplage permanent (Talon réseau)
- Couplage permanent (Talon générateur)
- Couplage réseau avec plusieurs générateurs,
- Couplage réseau: application complexe



COUPLAGE FUGITIF

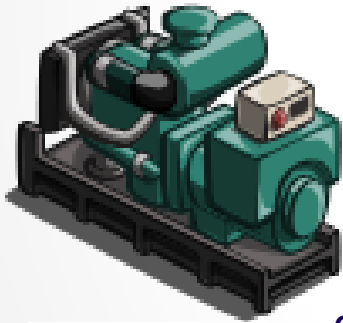
Avec perte secteur

CHARGE

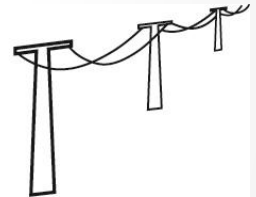


Perte secteur

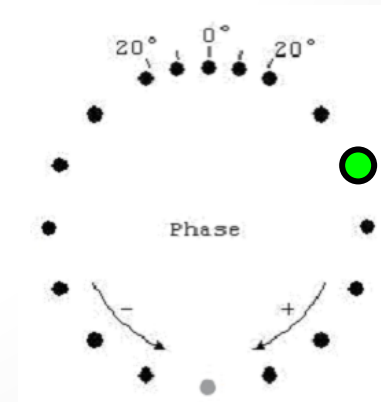
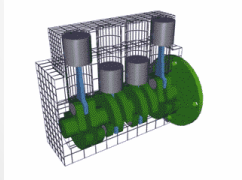
GENERATEUR



RESEAU



CHARGE GENERATEUR



Fin



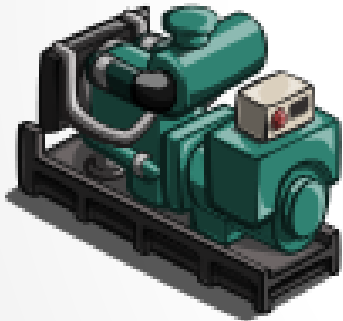
COUPLAGE FUGITIF

Avec entrée "remote start"

CHARGE



GENERATEUR



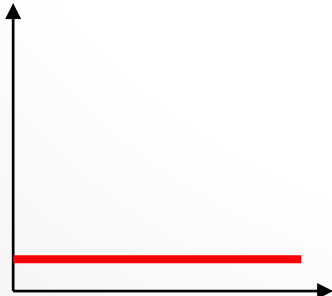
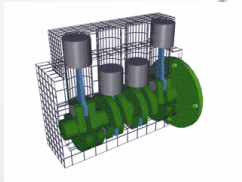
RESEAU



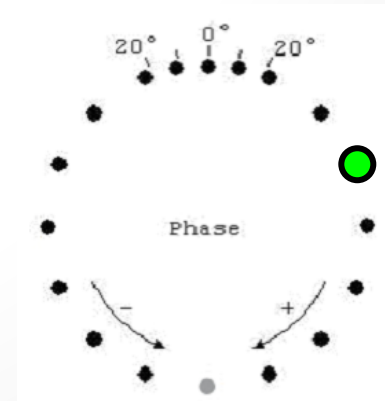
REMOTE START



CHARGE GENERATEUR



Fin

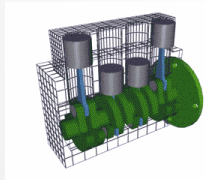
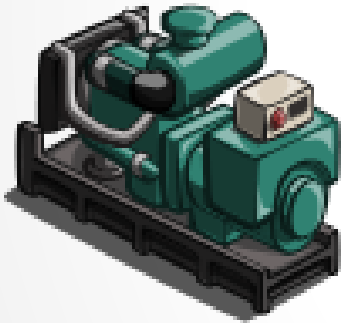




COUPLAGE PERMANENT ENTALON GÉNÉRATEUR

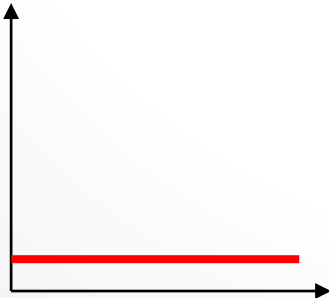
TALON GE 60%

GENERATEUR

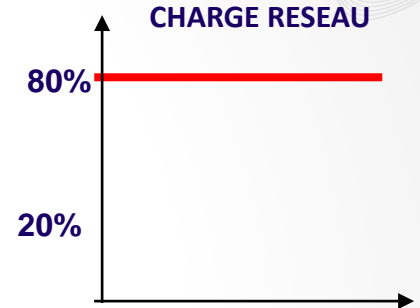


60%

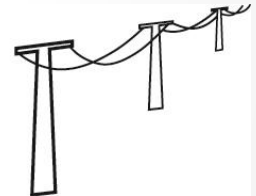
CHARGE GÉNÉRATEUR



CHARGE 80%



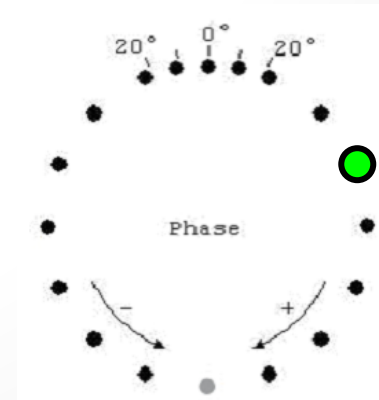
RESEAU



REMOTE START



FIN

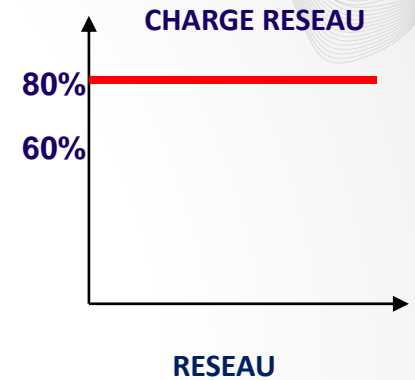




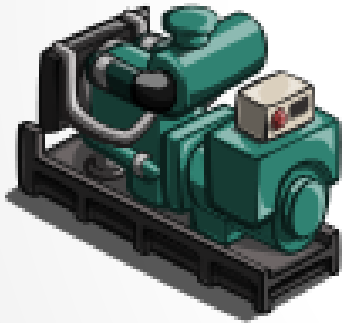
COUPLAGE PERMANENT ENTALON RESEAU

TALON RESEAU 60%

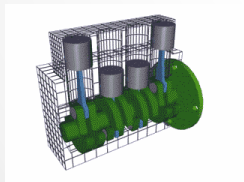
CHARGE 80%



GENERATEUR



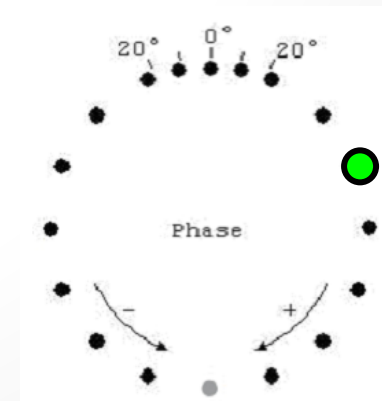
CHARGE GENERATEUR



REMOTE START



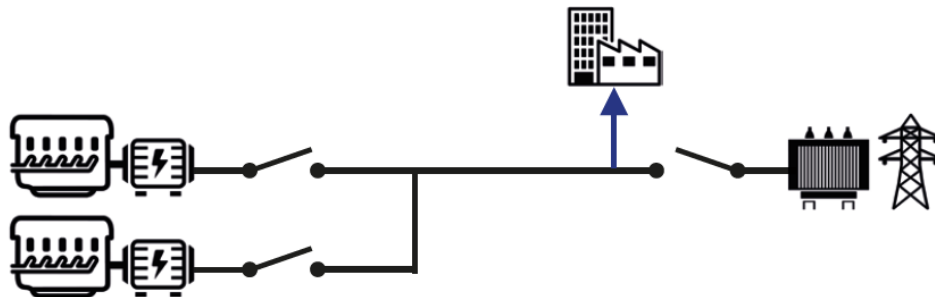
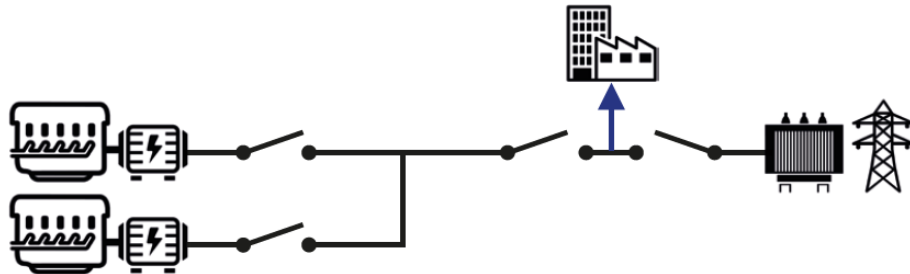
Fin





COUPLAGE RÉSEAU AVEC PLUSIEURS GÉNÉRATEURS

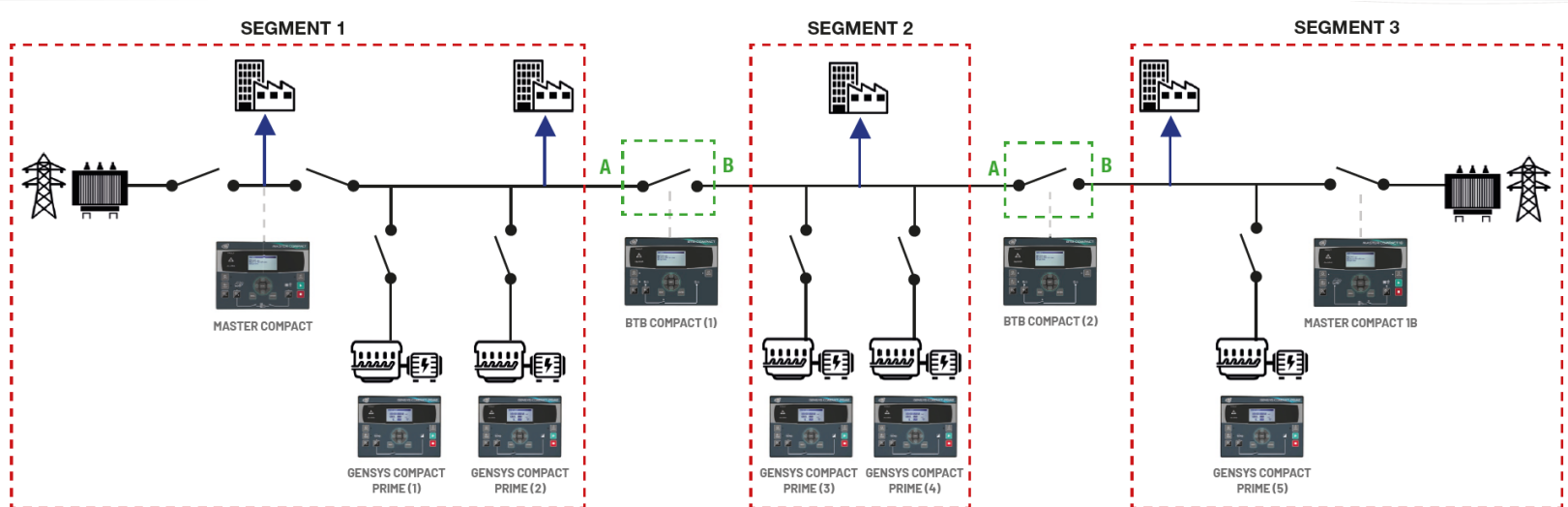
- Les couplages multi GE (centrale) au réseau sont réalisés par l'intermédiaire de MASTER Compact, ou MASTER Compact 1B (si pas de disjoncteur centrale)





COUPLAGE

- Les couplages plus complexes (montage en H, multi réseau, traverses,...) sont réalisables facilement par l'utilisation des modules BTB et/ou MASTER Compact et MASTER Compact 1B, et le découpage de la centrale en segments.



MODULE	N°MODULE	NOMBRE MODULE GENSYS COMPACT	NOMBRE MODULE MASTER COMPACT / BTB COMPACT	SEGMENT	SEGMENT A	SEGMENT B
MASTER COMPACT	1	5	4	1	NON DISPONIBLE	NON DISPONIBLE
MASTER COMPACT 1B	2	5	4	3	NON DISPONIBLE	NON DISPONIBLE
BTB COMPACT 1	3	5	4	NON DISPONIBLE	1	2
BTB COMPACT 2	4	5	4	NON DISPONIBLE	2	3
GENSYS COMPACT PRIME 1	1	5	4	1	NON DISPONIBLE	NON DISPONIBLE
GENSYS COMPACT PRIME 2	2	5	4	1	NON DISPONIBLE	NON DISPONIBLE
GENSYS COMPACT PRIME 3	3	5	4	2	NON DISPONIBLE	NON DISPONIBLE
GENSYS COMPACT PRIME 4	4	5	4	2	NON DISPONIBLE	NON DISPONIBLE
GENSYS COMPACT PRIME 5	5	5	4	3	NON DISPONIBLE	NON DISPONIBLE

Pour des applications multi réseaux raccordés directement entre eux, il est nécessaire d'utiliser 2 disjoncteurs et le contrôleur MASTER COMPACT. Un disjoncteur et le contrôleur MASTER COMPACT 1B ne permettra pas de gérer toutes les séquences.



Y O U R

PROTECTION



PROTECTION

- La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique. Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation électrique ininterrompue. Elle doit également garantir la stabilité des réseaux électriques.
- CRE Technology propose des solutions, autour des protections électriques du générateur :



PROTECTION ÉLECTRIQUES :

LISTE

Protections	Code ANSI
Image thermique.	(ANSI 49)
Surcharge alternateur.	(ANSI 50)
Minimum de tension.	(ANSI 27)
Maximum de tension.	(ANSI 59)
Minimum/Maximum de fréquence	(ANSI 81)
Maximum de puissance active et réactive	(ANSI 32)
Minimum de puissance active.	(ANSI 32-2)
Retour de puissance active.	(ANSI 32P)
Retour de puissance réactive.	(ANSI 40)
Saut de vecteur	(ANSI 78)
DF/DT (ROCOF)	(ANSI 81R)



PROTECTION : LISTE

Protecttions	Code ANSI
Maximum de composante inverse.	(ANSI 46)
Courant de court-circuit.	(ANSI 50/51)
Courant homopolaire	(ANSI 51N)
Directionnel de courant de C-C.	(ANSI 67)
Directionnel de homopolaire.	(ANSI 67N)



Définition : Protection contre les surcharges.

- Selon les caractéristiques du fonctionnement du générateur, échauffement maximal 115 à 120%.
- La protection vis-à-vis de l'échauffement anormal des conducteurs en régime permanent à cause de courants de surcharge est assurée par une image thermique, qui calcule une estimation de l'échauffement à partir de la mesure du courant.
- Donc l'image thermique par rapport à la protection de surcharge, garde en mémoire les périodes de dépassement (115 à 120%)



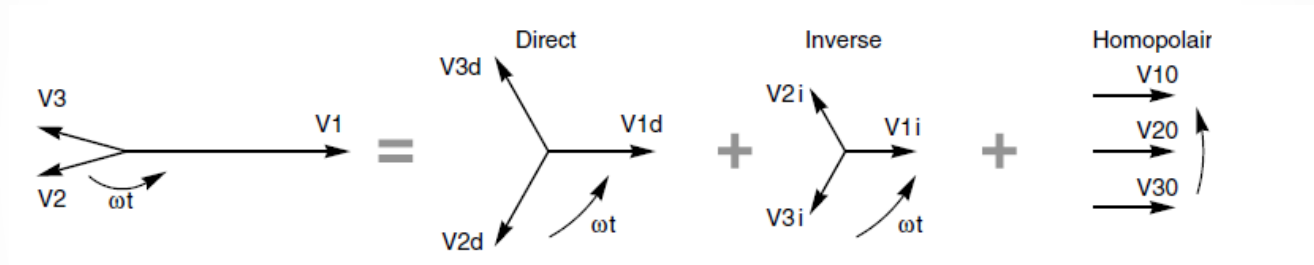
MAXIMUM DE COMPOSANTE INVERSE (ANSI G)

Définition : Protection contre les déséquilibres des courants.

- Cette protection permet d'éviter des vibrations du générateur dû aux déséquilibres, de plus, éviter le passage du courant dans le fil de neutre.
- Pour détecter ceci, il faut réaliser une décomposition d'un système triphasé en composantes symétriques, voir la théorie page suivante.
- Lorsque nous avons un système équilibré, réseau inverse et réseau homopolaire à 0.
- Si le système est déséquilibré, il suffit de contrôler l'amplitude des vecteurs du réseau inverse, et ainsi déclencher la protection.



MAXIMUM DE COMPOSANTE INVERSE (ANSI G)



Décomposition d'un système triphasé en composantes symétriques



: COURANT HOMOPOLAIRE (ANSI 51N)

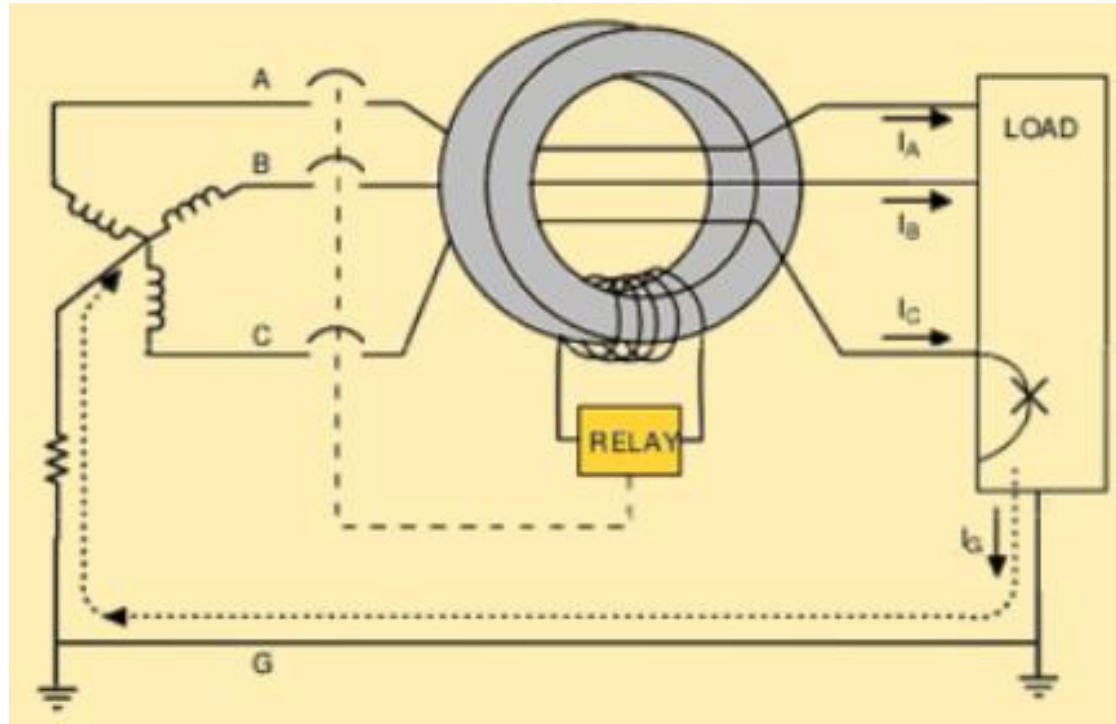
Définition : Protection contre les défauts à la terre,

- 51N : courant résiduel calculé ou mesuré par 3 TC
- 51G : courant résiduel mesuré directement par un seul capteur (TC ou tore)
- Cette protection permet d'éviter l'élévation du potentiel des masses (risque d'électrisation) et le risque d'incendie.
- Dans un système sans défaut de fuite à la terre, la somme vectorielle des 3 I est toujours égale à 0, en revanche la composante homopolaire intervient lors de la présence d'un défaut à la terre,
- Quand la somme des 3 I est égale à 0, il ne reste que des harmoniques de rangs 3, 5, 7.
- Celle-ci ne sont pas déphasés de 120° , donc s'additionne (3 fois).



: COURANT HOMOPOLAIRE (ANSI

51N)



Mesure par un tore pour 3 phases, mais aussi possible avec 1 TC entre la liaison Terre- Neutre.



DIRECTIONNEL COUVRICUIT (ANSI 67)

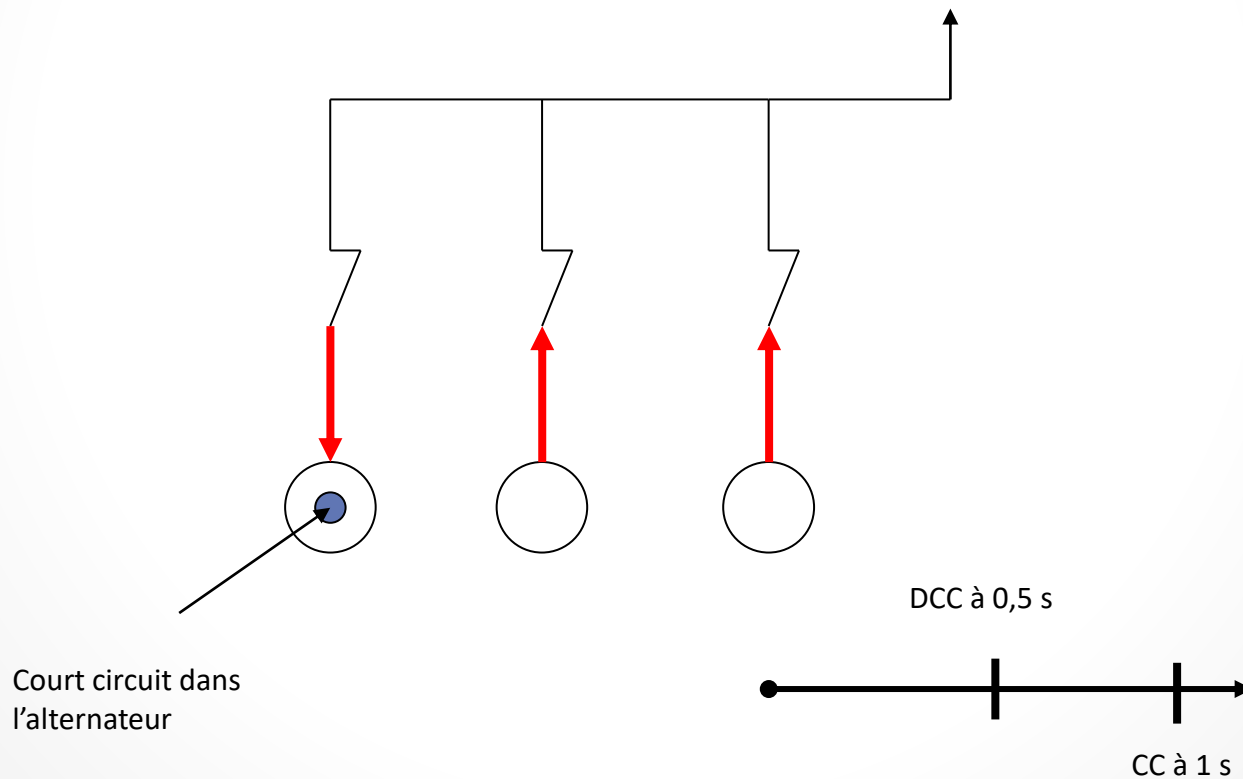
Définition : Protection triphasée contre les courts-circuits selon le sens d'écoulement du courant,

- Cette protection permet une sélectivité des différents courants de court circuits, ainsi isoler et couper la source (court circuit interne entre phases (Stator)),
- Le calcul dans le relais de protection est de vérifier l'angle des courants par rapport à ses tensions, si inversé, déclenchement.
- La protection de directionnel à une temporisation toujours plus courte que la protection classique, ainsi on isole l'élément en court circuit, avant le court circuit général



DIRECTIONNEL DE COURT-CIRCUIT (ANSI 67)

Sélectivité des courants de court-circuit





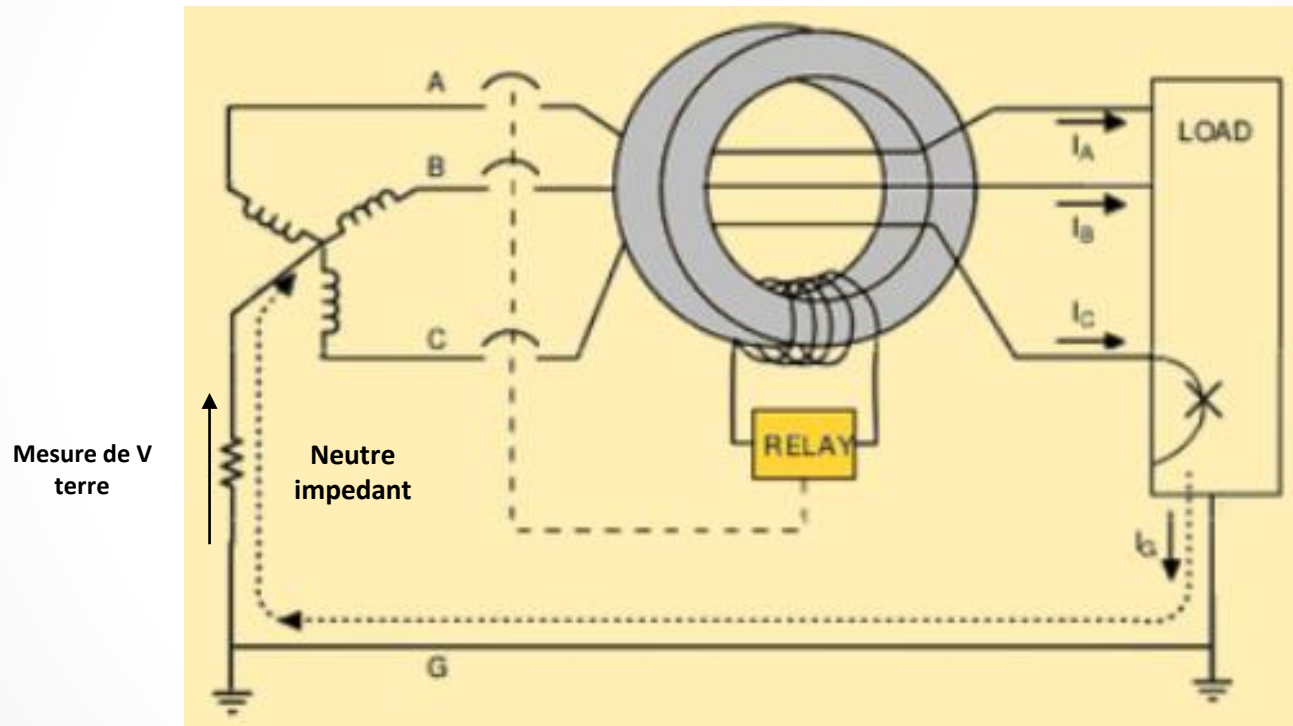
DIRECTIONNEL HOMOPOLAIRE

Définition : Protection triphasée contre les courants de fuite à la terre selon le sens d'écoulement du courant,

- Cette protection permet une sélectivité des différents courants de terre, et ainsi isoler et couper la source (Défaut de terre sur une générateur),
- Le calcul dans le relais de protection est de vérifier l'angle des courants homopolaires par rapport aux tensions homopolaires (résistance neutre impédant nécessaire). Si le sens est inversé, déclenchement.
- La protection de directionnel à une temporisation toujours plus courte que la protection classique, ainsi on isole l'élément en défaut de terre, avant le défaut général de toute la centrale.



DIRECTIONNEL HOMOPOLAIRE



Si on compare les vecteurs V et I homopolaire, on peut réaliser la sélectivité



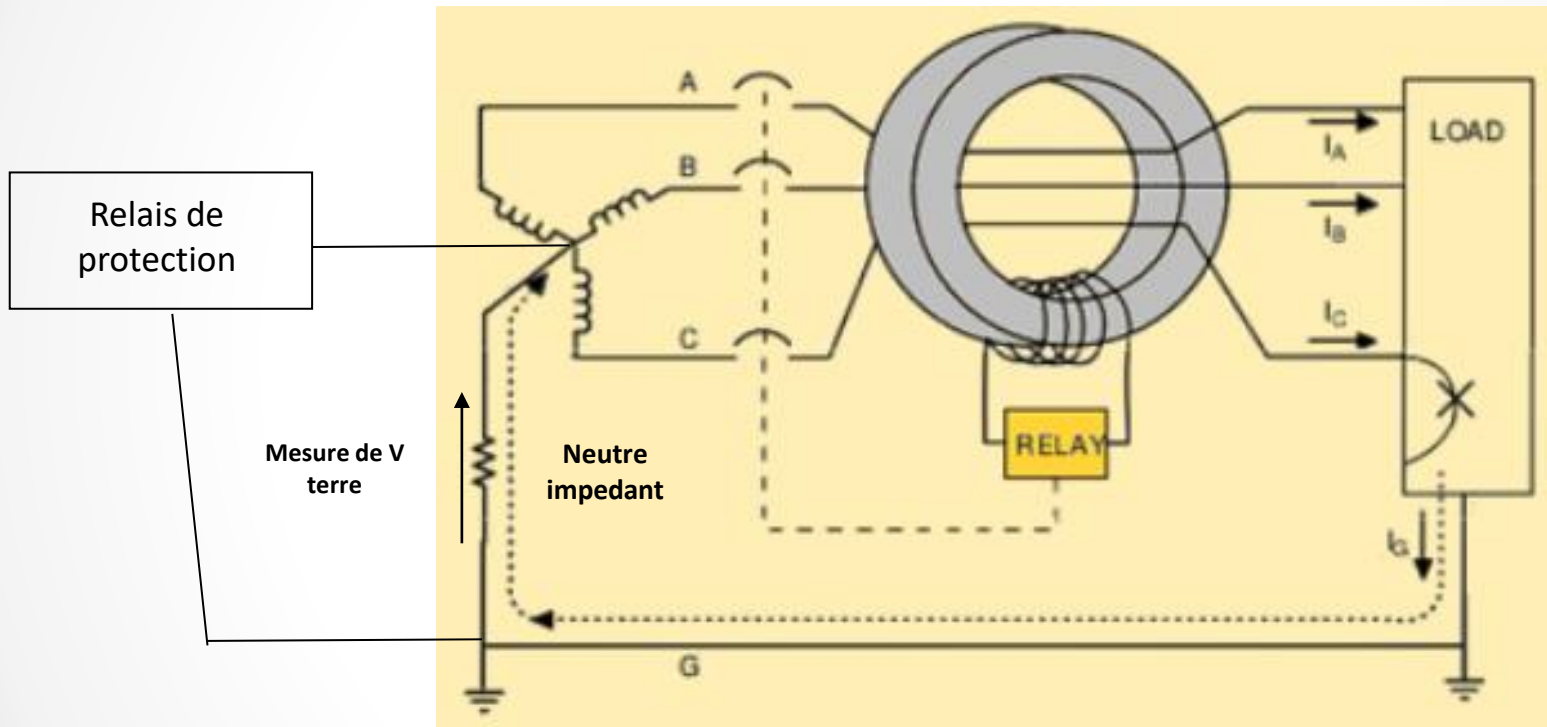
PROTECTION HOMOLAIRE

Définition : Protection contre les défauts à la terre,

- Cette protection, tout comme la protection de courant homolaire, permet d'éviter l'élévation du potentiel des masses (risque d'électrisation) et le risque d'incendie.
- La sécurité de maximum de tension homolaire est réalisée sur la tension homolaire, en pourcentage de la tension nominale. Elle est temporisée.
- La tension homolaire peut-être mesurée de 2 façons :
 - Le neutre est à la terre, la tension homolaire est mesurée par la somme vectorielle des 3 phases.
 - Le neutre n'est pas directement à la terre (isolé ou impédant), ainsi, on mesure la tension présente entre terre et neutre. (Comme sur le schéma page suivante).



PROTECTION HOMOPOLAIRE



$$U_{\text{homopolaire}} = V_{\text{neutre}} - V_{\text{terre}}$$



PROTECTIONS :

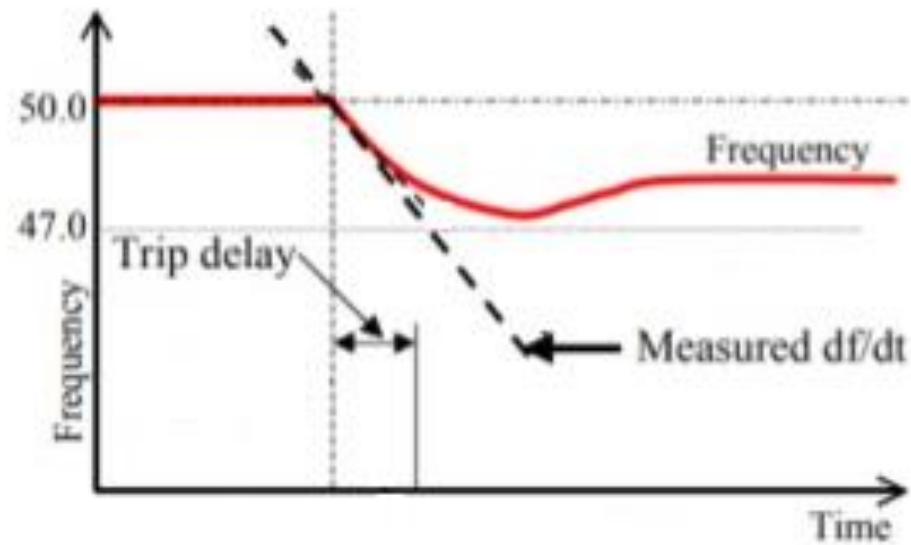
DEFECT (ANSI 81R)

Définition : Protection détectant une chute de la fréquence réseau dans le temps, lorsque le générateur est couplé à celui-ci. Le relais ouvre le disjoncteur réseau.

- Cette protection permet :
 - De protéger les générateurs contre une reconnexion du réseau sans vérifier les phases,
 - D'éviter de fournir de la puissance à des charges en dehors de l'installation.



PROTECTION (DF/DT TRANSISTOR)





PROTECTION : SAUT VECTEUR (ANSI 78)

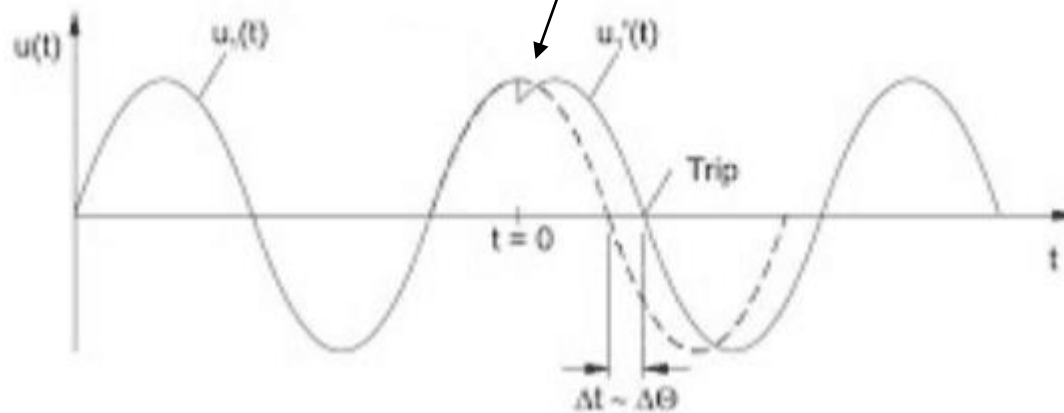
Définition : Protection détectant un brusque glissement de fréquence du générateur, lorsque le générateur est couplé à celui-ci. Le relais ouvre le disjoncteur réseau.

- Cette protection permet :
 - De protéger les générateurs contre une reconnexion du réseau haute tension sans vérifier les phases,
 - Protection du générateur,



PROTECTION : SAUT VECTEUR (ANSI 78)

Saut de vecteur





Y O U R



www.cretechnology.com

