S1: Distribution de l'énergie

S1.1: Réseaux HTA

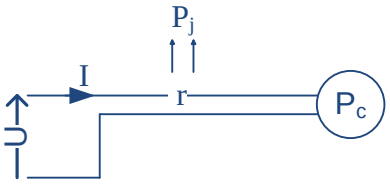
Sommaire

- **Structure du réseau électrique Français** 2
- **De la production à la distribution (Fig.1)** 2
- **Domaines de tension (rappel)** 3
- **Tarification de l'énergie (rappel)** 3
- **Carte de France simplifiée : transport et distribution de l'énergie** 3
- **Continuité de service** 4
- **Détail d'un poste source HTB/HTA : Fig.a (pour information)** 5
- **Techniques utilisées les plus répandues pour distribuer la HTA** 5
- **Choix de matériel en HTA** 7
- **E2 session 2011 (extrait) :** 8
- **Tracé des lignes HTB dans la région Haut Rhin** 8
- **Alimentation HTA actuelle** 9
- **Amélioration de la distribution HTA** 9
- **Comptage de l'énergie en tarif vert** (aspects techniques uniquement) 11

1. **Les transformateurs de potentiel** (TT ou TP) 12
2. **Les transformateurs de courant** (TI ou TC) qui : 12

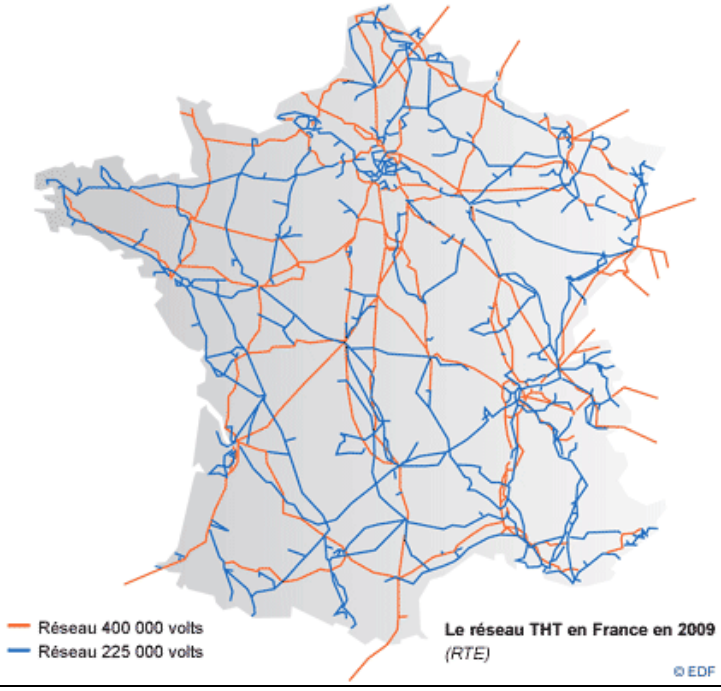
- **Réglage du rapport de réduction** 14
- **Centrale de mesurage PM800** 14
- **Raccordement d'un compteur d'énergie sur la station du Kastenwald** 15
- **Schéma de raccordement du compteur d'énergie** 16
- **Complétez, en vous aidant du schéma unifilaire de distribution HTA, le schéma de raccordement du compteur d'énergie sur le document N°1.** 16
- **Consignation en HTA** 18
- **Mesurage de la HTA : diviseur capacitif** 20

- **Structure du réseau électrique Français**



Principe : la puissance perdue dans une ligne d'alimentation de résistance (r) est : $P_{Joule} = r \times I^2$ avec $I = \frac{P_c}{U \times \cos\varphi}$ et par conséquent: $P_{Joule} = \frac{r \times P_c^2}{U^2 \times \cos^2\varphi}$

*Conséquence : Si **U ↗** alors **P ↘**, on a donc intérêt à transporter l'énergie sous la **tension la plus élevée possible**.*

Données RTE : année 2010	
Carte détaillée du réseau français à la page 3 du document suivant : http://www.rtefrance.com/uploads/Mediatheque_docs/Presentation_RTE/Rapport_activite/2005/RTE_RA2005.pdf Le document suivant présente le tracé des lignes HTB/HTA par région : http://www.rte-france.fr/uploads/Mediatheque_docs/environnement/schema_developpement/2005/RTE_envirnmt_schema_developpement_complet.pdf La carte ci-dessous est disponible à l'adresse suivante : http://www.rte-france.com/uploads/media/pdf_zip/nos-activits/reseau225-400-V2.pdf  	**Le réseau:** P_{max} : **123,5 GW** **104 554 km** de lignes • **47 %** de lignes très haute tension (400, 225, 150 kV) pour le transport sur de grandes distances et les interconnexions avec les pays voisins ; • **53 %** de lignes haute tension (90, 63 kV) pour la répartition régionale ; • **2 627** postes de répartition ; • **1 177** postes de transformation ; • **2 372** points de livraison aux distributeurs • **46** liaisons transfrontalières. **66 %** des nouvelles lignes 90 kV et 63kV sont en technologie souterraine. **Les clients :** • **634** unités de production d'électricité ; • **534** sites industriels raccordés ; • **27** distributeurs d'électricité qui approvisionnent leurs propres clients ; Consommation intérieure: **513 TWh** **Pic de conso.** : le 15/12/2010 : **96,7 GW** **Note :** RTE à repris et intégré en 2010 le réseau de transport électrique de la SNCF.

- **De la production à la distribution (Fig.1)**

Fig.e

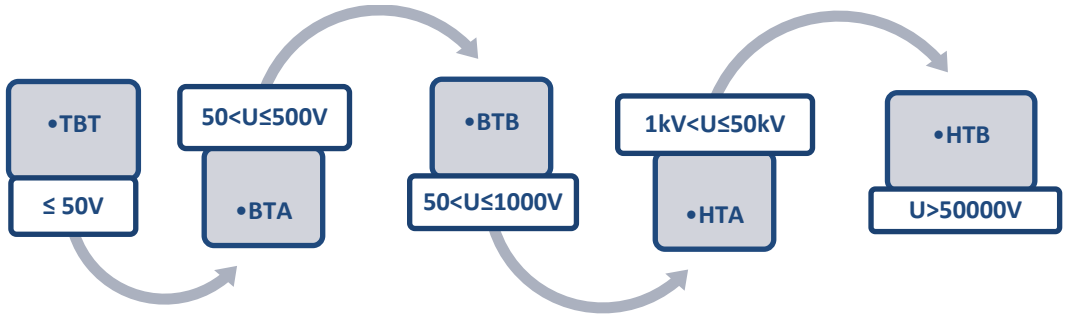
Une fois produite et élevée à une valeur de 400kV (et 225kV), la tension triphasée produite par les centrales traverse le pays en formant une boucle dont tous les points de livraison sont interconnectés. Les quatre fonctions réalisées par le réseau pour acheminer l'énergie dans tout le pays sont résumées dans la **Fig.e**.

Note : Le transport de l'énergie est de la responsabilité de **RTE** filiale d'EDF. Pour sa part, ERDF gère le réseau de distribution ainsi que les parties du réseau de transport redéfinies par le décret n° 2005-172 du 22 février 2005 (entre autre, l'entretien d'environ 400 transformateurs 225kV/HTA).

RTE a découpé Le territoire Français en **7 régions** (voir liens) alimentées sous 63kV et 90kV à partir des points 400kV disséminés sur le territoire: on parle **de poste source** : (**Fig.a)**

En général, la distribution de l'énergie est réalisée sous 20kV en HTA pour les abonnés du tarif vert et sous BTA 400V pour les abonnés du tarif bleu et du tarif jaune.

- **Domaines de tension (rappel)**



- **Tarification de l'énergie (rappel)**

- **Carte de France simplifiée : transport et distribution de l'énergie**

Légende

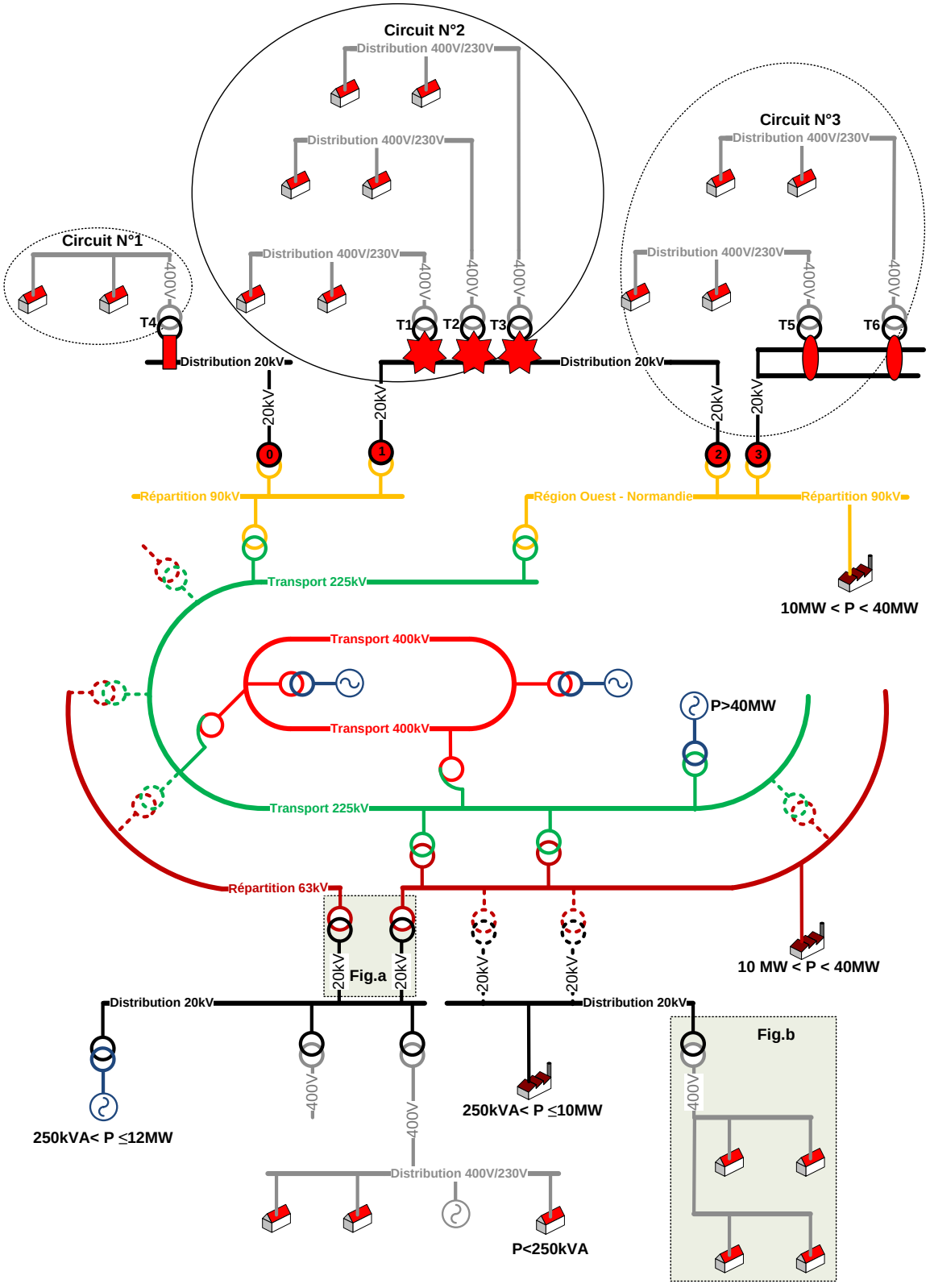
Consommateur tarif bleu ou jaune

Consommateur tarif vert

Usine de production de l'énergie

Transformateur

Autotransformateur

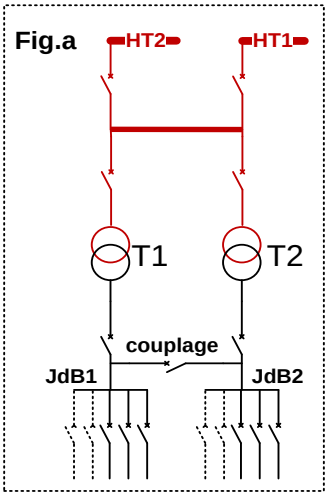


- **Continuité de service**

Nous avons tous vécu l'expérience d'une coupure de l'alimentation électrique de notre logement qui se traduit par des désagréments vite oubliés lors du retour du réseau. En revanche, lorsqu'elle survient dans le secteur industriel, médical ou tertiaire, cette coupure, même brève, peut avoir des

conséquences humaines, financières graves. Pour cette raison, assurer la continuité de service en HTA et HTB, reste la préoccupation principale du distributeur d'énergie.

- **Détail d'un poste source HTB/HTA : Fig.a (pour information)**



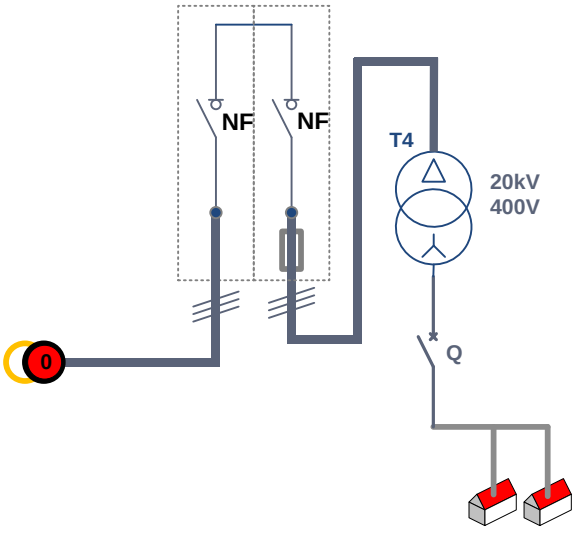
Le poste source est le point d'alimentation des lignes de distribution 20000V. Il est constitué de 2 transformateurs (ou plus) HTB/HTA qui peuvent être alimentés par 2 sources différentes. En fonctionnement normal, chaque transformateur alimente un jeu de barre. La continuité de service est optimisée par l'association de disjoncteurs qui permettent d'alimenter les des 2 jeux de barres dans de nombreux cas de figures y compris en cas de panne d'un transformateur.

Comme en **HTA** d'autres schémas de distribution **HTB** sont possibles.

- **Techniques utilisées les plus répandues pour distribuer la HTA**

Elles sont mises en œuvre dans les circuits N°1, 2 et 3.

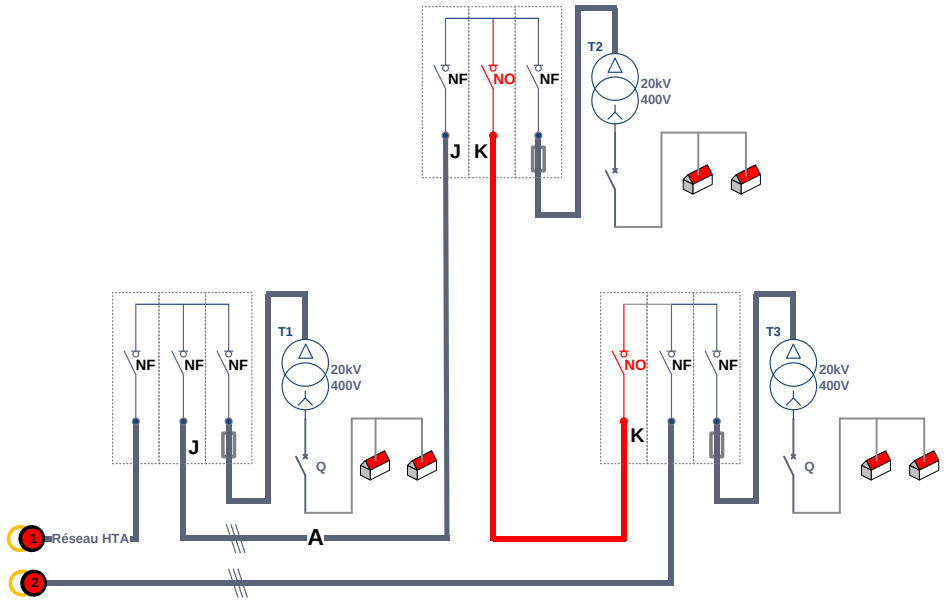
⇨ **Circuit N°1 : <u>distribution en antenne</u>**



C'est la méthode la plus « simple » pour alimenter un circuit en HTA : une arrivée HTA circule à travers 2 interrupteurs **normalement fermés** en fonctionnement « normal » permet l'alimentation d'un transformateur HTA/BT.

Cette alimentation se fait à coût minimal mais possède une disponibilité faible : les usagers sont tributaires du bon fonctionnement d'une seule ligne HTA : utilisée en milieu rural, distribution aérienne rurale ou industrielle. Poste haut de poteau par exemple qui est le plus souvent auto-protégé et donc dépourvu d'appareillage HTA et dont la puissance est limitée à 160kVA.

⇨ **Circuit N°2 : <u>distribution en coupure d'artère</u>**



Dans cet exemple, les 3 transformateurs raccordés sur une boucle **toujours ouverte** en un point peuvent être alimentés indifféremment par les 2 départs **HTA 1 ou 2** mais jamais par les 2 sources simultanément. Les départs 1 et 2 sont protégées chacun par un disjoncteur qui sont non représentés. En cas de problème sur un tronçon, le disjoncteur de protection coupe la demi boucle en défaut et après avoir localisé le défaut, on bascule les interrupteurs de manière à alimenter les circuits sur la source qui reste en fonctionnement : si la liaison **A** est en défaut, il suffit d'ouvrir les appareils **J** pour isoler le défaut et de fermer les appareils **K** pour alimenter **T2** par **HT2**.

Note : les manœuvres sur les appareils situés dans la boucle ne peuvent être effectués que par le fournisseur d'énergie. Le basculement des interrupteurs peut être télécommandé.

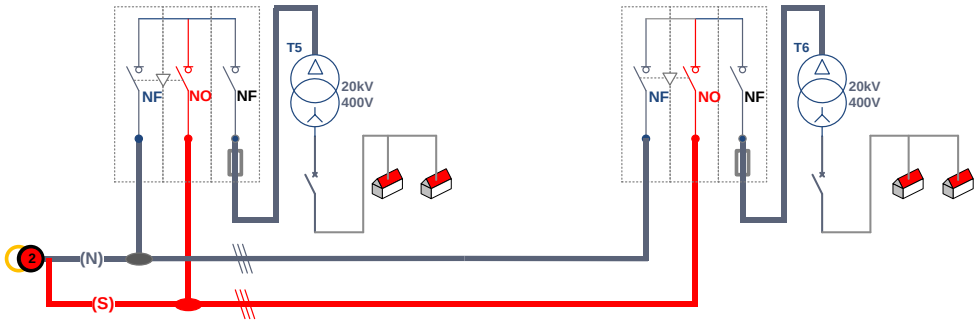
L'intérêt de cette solution utilisée en milieu urbain, est d'assurer une bonne continuité de service grâce aux deux arrivées HTA et de limiter les coupures à la durée d'intervention des services de maintenance pour effectuer le basculement de l'alimentation. Cette distribution effectuée en réseau souterrain est onéreuse.

- ⇨ **Circuit N°3 : <u>distribution en double dérivation</u>**

Pour assurer la meilleure continuité de service possible, chaque alimentation est doublée : les deux arrivées HTA sont mises en parallèle ou sont issues de postes source différents. Cette solution se justifie lorsque la ligne HTA alimente des zones à forte densité de population et/ou lorsque la continuité de service est un impératif absolu (hôpitaux) car cette solution est la plus onéreuse. En général un automatisme de permutation est souvent exigé lors de la livraison de cette option.

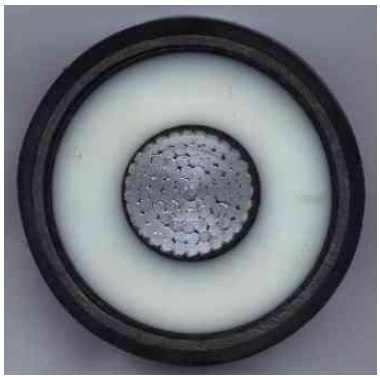
La branche(N) alimente le réseau en mode normal : un verrouillage entre appareil de protection empêche le fonctionnement simultané des deux branches HTA.

La branche secours (S) prend le relais en cas de coupure d'alimentation de la branche (N).



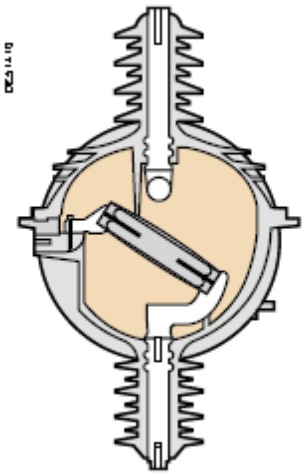
- **Choix de matériel en HTA**

L'appareillage et les conducteurs qui sont mis en œuvre en HTA et en HTB sont plus volumineux qu'en BT car pour garantir un isolement satisfaisant en HTA ou en HTB il faut :



↔ Augmenter l'épaisseur des isolants au niveau des conducteurs : (*photos ci-contre)*

↔ Eloigner les parties actives mises sous tension dans les appareils en utilisant la propriété isolante de l'air (un millimètre d'air « claque » sous 3600V) : ici l'arc électrique (500kV) apparait lors de l'ouverture d'un sectionneur: Erreur de manœuvre, le **PdC** d'un sectionneur est pratiquement nul car les pôles sont dépourvus de dispositif d'extinction de l'arc.



↔ Utiliser des gaz dont les propriétés diélectriques (isolantes) sont supérieures à celle de l'air pour souffler l'arc provoqué par un court-circuit dans un disjoncteur: l'**hexafluorure de souffre (SF6)**[1].Cette option est intéressante (obligatoire si U > 36kV) car elle a pour conséquence de réduire l'encombrement et le poids des appareils et donc leur coût : les appareils contenant du SF6 sont étanches, le SF6 est incolore et inodore : interrupteur étanche à coupure dans le SF6 (36kV) ci-contre.

[1] Le procédé utilisé est la synthèse de l'hexafluorure de soufre à partir de soufre et de fluor obtenu par électrolyse. La rigidité diélectrique du SF_6 **est 2,5 fois plus élevée que celle de l'air** dans les mêmes conditions. **(Schneider)**

Lien vers choix de cellules HTA SM6 :
http://eleectrotechnique.fr/wp-content/uploads/2011/11/SM6_part1-web.pdf

En HTA les fabricants isolent les appareils de protection des utilisateurs en les enfermant dans des « **cellules** » dont la fonction dépend de la place qu'elles occupent dans la chaine : ainsi on trouvera des cellules de protection, de comptage, etc.
La fonction d'une cellule est définie par son type : **IM**, **DM** par exemple

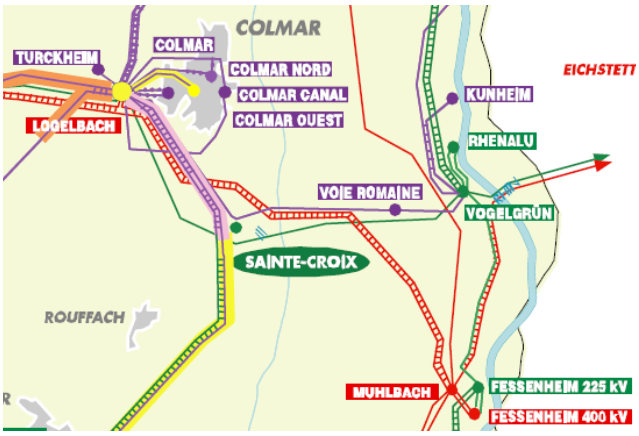
Les cellules sont disposées suivant leur fonction, en série ou en dérivation entre l'arrivée HTA et le transformateur HTA/BT : voici ci-dessous la distribution HTA qui alimente l'installation du **nouveau champ captant de Kastenwald (E2 Bac Eleec session 2011)**.

- **E2 session 2011 (extrait) :**

*Les besoins de consommation d'eau de la CAC de Colmar imposent la création d'un nouveau champ captant (**Kastenwald** dans le Haut Rhin) : les lignes sur la carte ci-dessous représentent les réseaux HTA et HTB qui parcourent la région :*
http://www.alsace.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/4-Cartereseau_2012_cle55c7cb.pdf

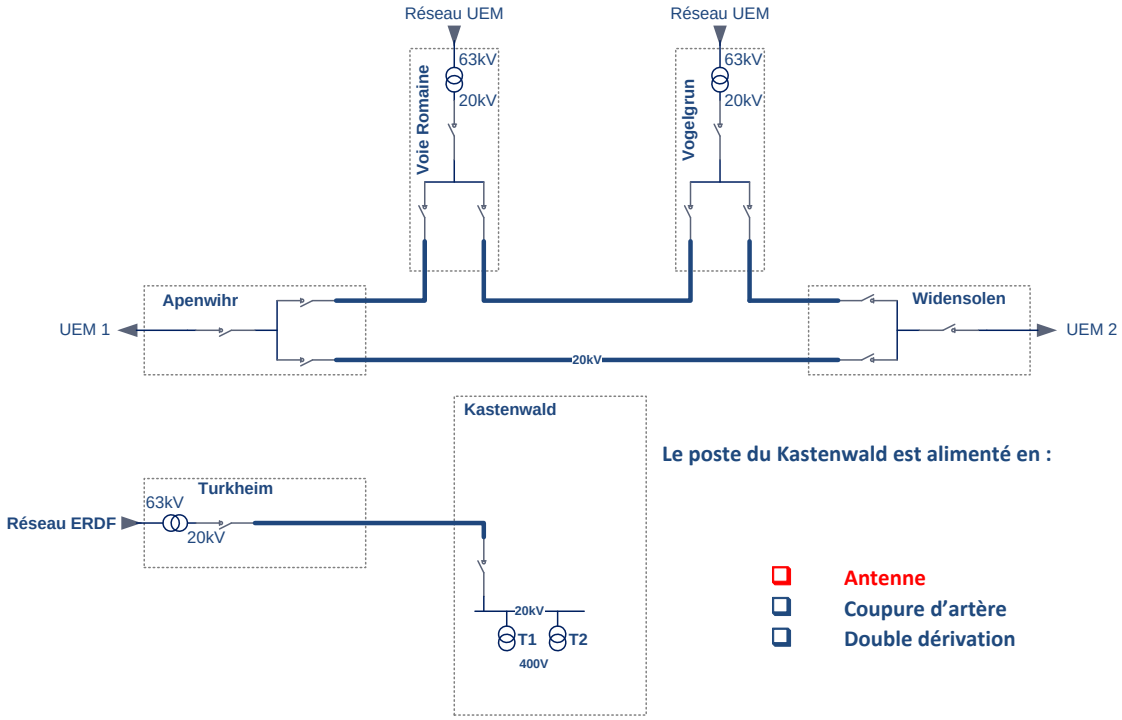
*En cours de projet, plusieurs améliorations sont envisagées afin de réaliser des économies d'énergie tout en assurant la sécurité des personnes et des biens. L'approvisionnement est assuré depuis de nombreuses années par les deux champs captant **Dornig** et **Neuland**. Afin de diversifier ses ressources, un nouveau champ captant comprenant quatre forages est situé dans la forêt du **Kastenwald**. Ces ouvrages, profonds de 100 mètres captent l'eau à plus de **60 mètres** de profondeur sur le ban communal de **SUNDHOFFEN**. Chaque forage peut fournir un débit de **600 m^3/h**. Le champ captant du **Kastenwald** peut produire **2 400 m^3/h**, et assurer la totalité des besoins en eau (moyenne de **15 000 m^3/j** pour l'ensemble des communes desservies). L'eau est stockée dans le réservoir de **20 000 m^3** de capacité situé sur la commune d'**Ingersheim**. Ce réservoir principal est complété par le réservoir du **Letzenberg** (2500 m^3), plus particulièrement utile pour les communes d'**Ingersheim** et de **Turckheim** et par celui du **Rotenberg** (1700 m^3) qui alimente les communes de **Wintzenheim** et de **Wettolsheim**.*

- **Tracé des lignes HTB dans la région Haut Rhin**



Réseau ERDF : « Electricité Réseau de France » / **Réseau UEM** : « Usine électrique municipale »
Le poste source TURCKHEIM alimente le poste de livraison du Kastenwald.
Deux postes sources VOIE ROMAINE et VOGELGRUN alimentent les postes de distribution Appenwihr et Widensolen par un réseau bouclé **passant à proximité de Kastenwald**.

- **Alimentation HTA actuelle**



- **Amélioration de la distribution HTA**

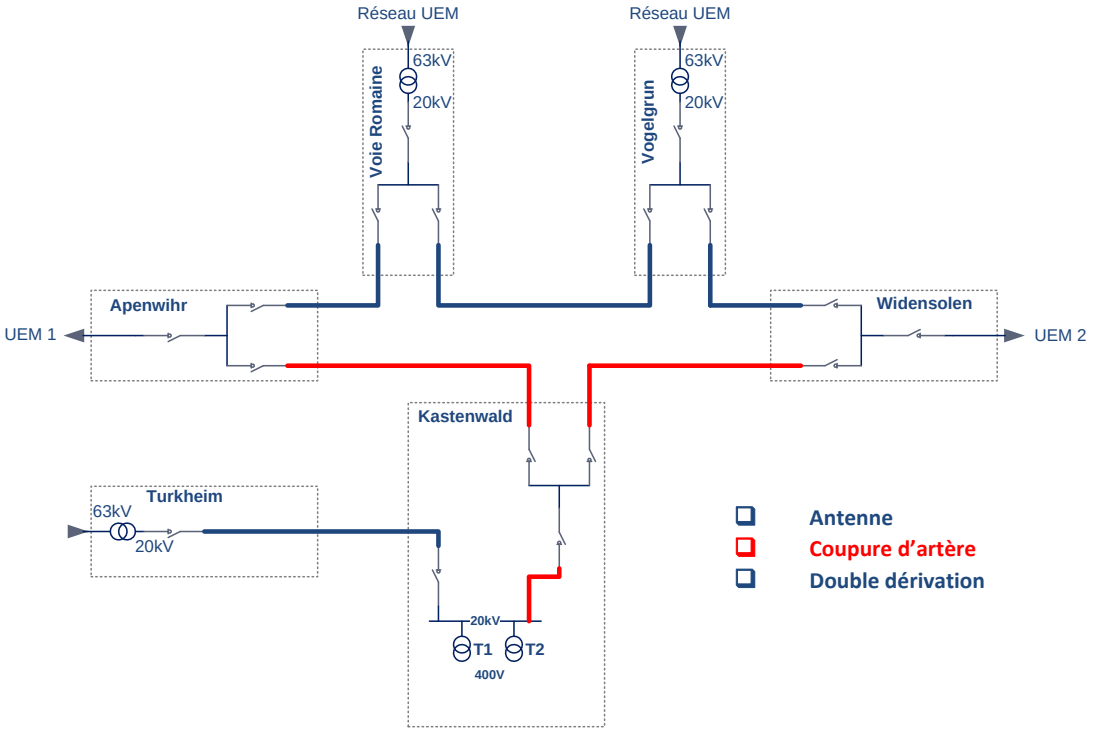
On décide d'améliorer la distribution sur le poste de distribution du **Kastenwald** par :

⇨ La création d'une deuxième arrivée depuis le poste de **WIDENSOLEN**
⇨ la création d'une troisième arrivée depuis le poste d'**APPENWHIR**

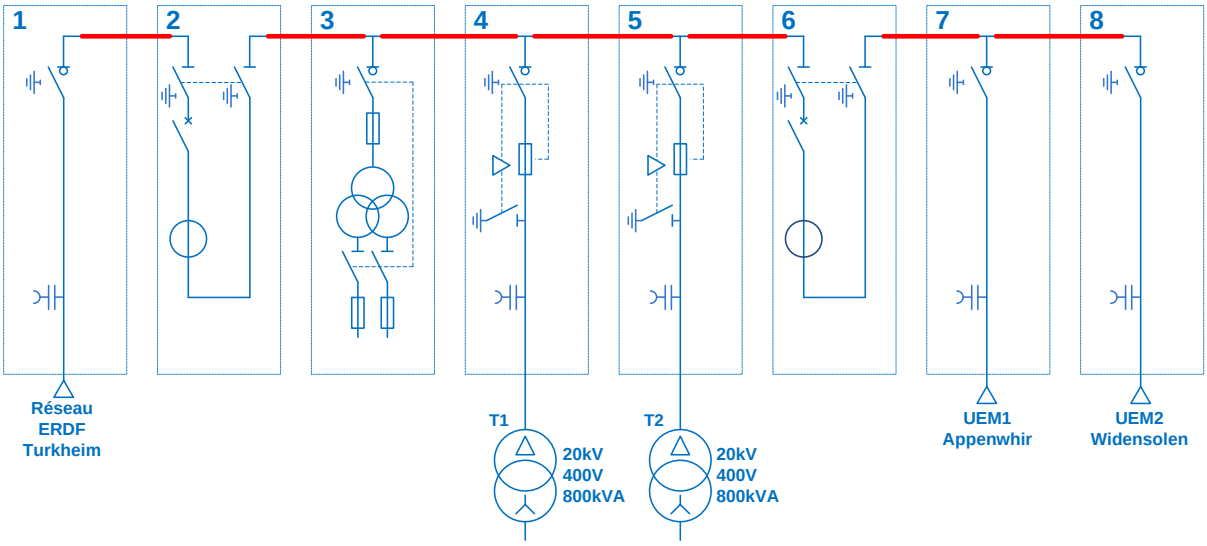
Cette arrivée va permettre de modifier la boucle Voie Romaine -**Vogelgrun** -**Appenwhir** – **Widensolen.**

a) Représentez **en rouge** le schéma de la boucle **HTA** d'alimentation du poste du KASTENWALD.

Note importante: la réalisation de la boucle fait apparaitre la difficulté particulière d'assurer la sécurité des personnes lors d'une intervention en HTA. En effet, l'alimentation en coupure d'artère nécessite la consignation de 2 postes UEM1 et UEM2 afin de sécuriser le poste du **Kastenwald**. D'autre part, la distance qui sépare les différents points d'alimentation impose une consignation des départs HTA : pour cela des jeux de clés numérotés permettent de verrouiller les appareils en respectant des priorités liées aux schémas de distribution utilisés : **consignation en HTA**.



Représentez **l'interconnexion** des **cellules HTA** du poste du **Kastenwald** sur le schéma ci-dessous :



b) Complétez, en vous aidant du schéma du poste final, le tableau ci-dessous en donnant le type, la fonction et la référence de chaque **cellule.**

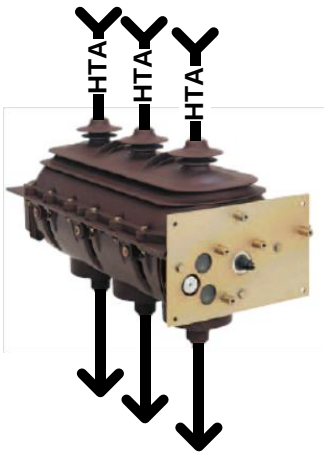
Note : la référence d'une cellule comprend :

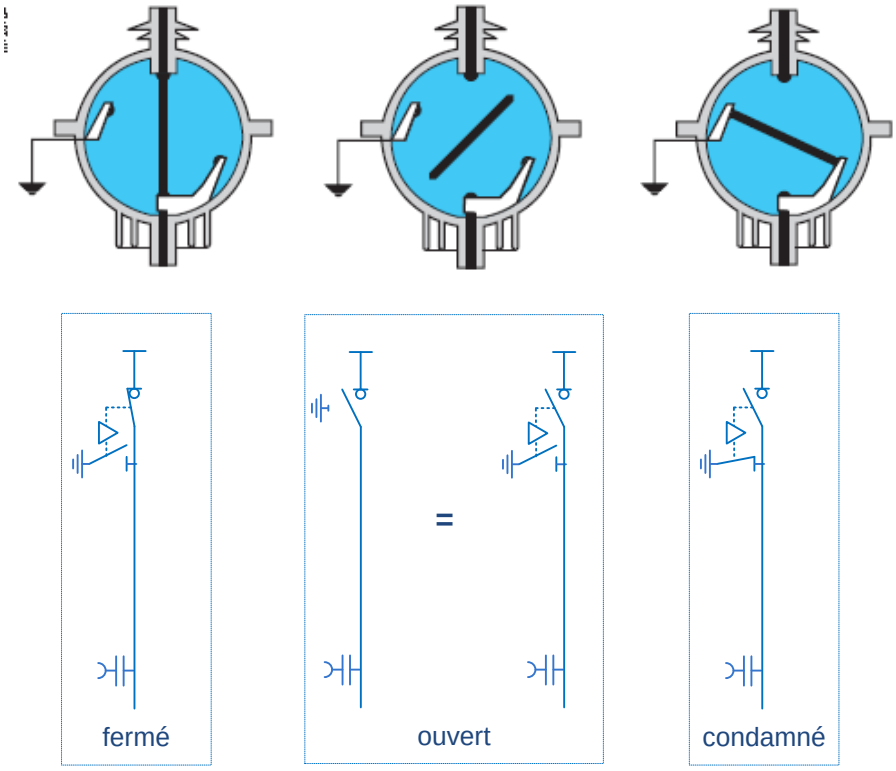
- ⇨ la fonction : IM, QM, etc.
- ⇨ L'intensité : 400 A, 630 A, 1250A.
- ⇨ La tension assignée : 7,2, 12, 17,5, 24kV.
- ⇨ Les valeurs maximales des courants admissibles : 12,5, 16, 20, 25kA (1s).

Exemple : IM 400 – 24 – 12, 5

Cellule N°1 : **Arrivée ERDF** **IM 630 – 24 – 25** **Cellule interrupteur**	Cellule N°2 : **DM2 630 – 24 – 12, 5** **Cellule disjoncteur SF6 double sectionnement équipée d'un TC**	Cellule N°3 : **CM 630 – 24 – 12, 5** **Cellule transformateur de potentiel, comptage et/ou protection**	Cellule N°4 : **QM 630 – 24 – 12,5** **Cellule protection transformateur : combiné interrupteur-fusibles**
Cellule N°5 : **Idem 4**	Cellule N°6 : **Idem 2**	Cellule N°7 : Liaison vers Appenwihr (**IM**) **Idem 1**	Cellule N°8 : Liaison vers Widensolen (**IM**) **Idem 1**

Note importante : **les interrupteurs HTA** ont la particularité de posséder les 3 états suivants : ouvert – fermé – mise à la terre.
Intérêt de la mise à la terre **: décharger les capacités contenues dans les câbles et éviter les retours possibles de tension liés à des erreurs de manœuvre.**



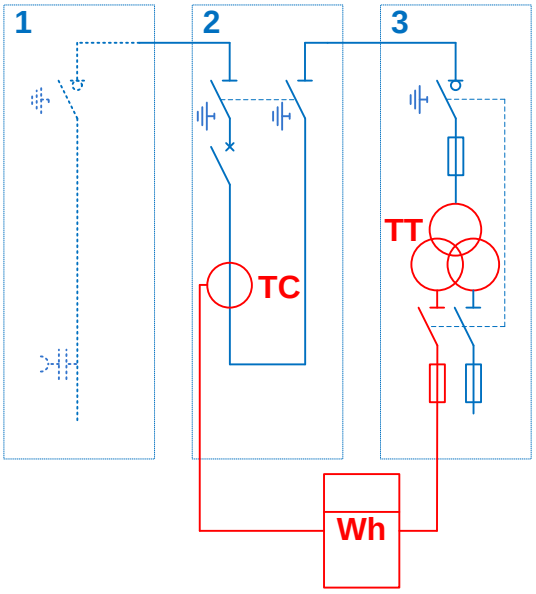


- **Comptage de l'énergie en tarif vert** (aspects techniques uniquement)

Le comptage de l'énergie s'effectue (*Schneider*):

- **Côté HTA** si l'installation électrique est raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension nominale comprise entre **1 et 33kV** comprenant généralement **un seul transformateur HTA/BT de puissance supérieure à 1250kV** (**I > 2000 A**) ou plusieurs transformateurs.

- **Côté BT** si l'installation électrique est raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension comprise entre 1 et 24kV comprenant **un seul transformateur HTA/BT** dont le courant secondaire assigné est **au plus égal à 2000A**, ce qui correspond à $P_{max} \leq 1250kVA$ pour un transformateur **20kV / 400V**.

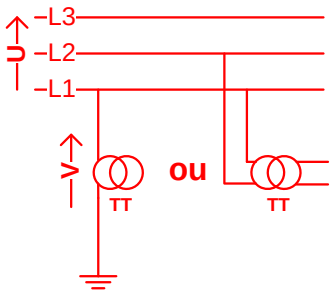


Problème rencontré lors du comptage de l'énergie en tarif vert et jaune :

En BT, le compteur d'énergie effectue le comptage à partir du mesurage direct du produit $\mathbf{U \times I \times t}$ qui est l'énergie consommée par l'installation. **En tarif jaune ou vert, la « réduction » du courant et/ou de tension** s'impose avant leur injection dans un compteur ou une centrale de mesure. Le comptage est effectué par les cellules HTA N°2 et N°3 suivant le principe ci-contre : **comptage HTA**
Le symbole du compteur (Wh) ne doit pas faire oublier que les énergies **réactive et apparente** sont aussi comptabilisées.

La réduction est effectuée par :

1. **Les transformateurs de potentiel** (TT ou TP)



Ils se raccordent entre phases ou entre phase et terre selon le cas. Ils abaissent la **tension HTA en BT** (100V en général).
On note que même si le réseau 20kV est très répandu, d'autres tensions normalisées sont utilisées : tableau ci-dessous.

TT simple secondaire mesure

Fréquence : 50 - 60 Hz

Tension assignée kV	Tenue à fréquence industrielle kV-1 mn	Tenue au choc de foudre kV-crête	Rapport de transformation V / V	Puissance et classe de précision (double utilisation)	Type	Référence	Qté
7,2	9	60	3000:√3 / 100:√3	30 VA - 50 VA cl. 0,5	VDF12n/S1	03811684N0	
	10		3300:√3 / 110:√3		VDF12n/S1	03811685N0	
	15		5000:√3 / 100:√3		VDF12n/S1	03811686N0	
	16		5500:√3 / 110:√3		VDF12n/S1	03811687N0	
	20		6000:√3 / 100:√3		VDF12n/S1	03811688N0	
			6600:√3 / 110:√3		VDF12n/S1	03811689N0	
12	20	75	6000:√3 / 100:√3	30 VA - 50 VA cl. 0,5	VDF12n/S1	03811690N0	
			6600:√3 / 110:√3		VDF12n/S1	03811691N0	
	28		10000:√3 / 100:√3		VDF12n/S1	03811692N0	
			11000:√3 / 110:√3		VDF12n/S1	03811693N0	
17,5	38	95	13800:√3 / 110:√3	30 VA - 50 VA cl. 0,5	VDF21n/S1	03811694N0	
			15000:√3 / 100:√3		VDF21n/S1	03811695N0	
24	44	125	15000:√3 / 100:√3	30 VA - 50 VA cl. 0,5	VDF21n/S1	03811696N0	
	50		20000:√3 / 100:√3		VDF21n/S1	03811697N0	
			22000:√3 / 110:√3		VDF21n/S1	03811698N0	

2. **Les transformateurs de courant** (TI ou TC) qui :
   a) abaissent la valeur des courants de circulation.

b) permettent aussi commander l'ouverture d'appareils de protection en cas de défaut (surintensité).

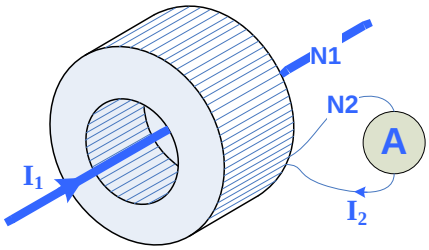
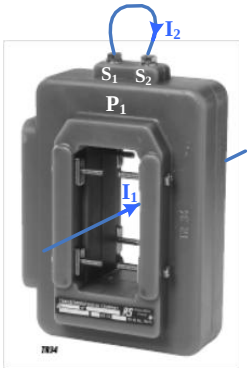
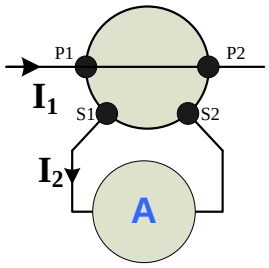
Principe de fonctionnement : Le primaire **N1** peut être constitué d'un conducteur unique traversant le circuit magnétique du **TC** : le courant $\mathbf{I_1}$ est le courant que l'on veut mesurer et **I2** est l'image d'$\mathbf{I_1}$ qui circule dans l'enroulement **N2.**

Les deux courants sont liés par un rapport de transformation : $\mathbf{m = \frac{I_1}{I_2}}$

⇨ On mesure le courant $\mathbf{I_2}$ en mettant le secondaire **S1 – S2** du TI en **court-circuit**.

Note importante : Le sens de branchement du **TC ou TI** est important car une inversion provoque une erreur de déphasage qui introduit une erreur de mesurage et par conséquent du **comptage de l'énergie**.

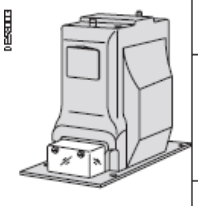
On ne doit en aucun cas « ouvrir » le circuit II ^{aire} d'un TC sous peine de voir apparaître entre ses bornes une tension qui peut atteindre plusieurs kV : cette manœuvre entraîne la destruction du TC et peut blesser gravement l'utilisateur.

Principe de fonctionnement	TC pour jeu de barres	Schéma
		

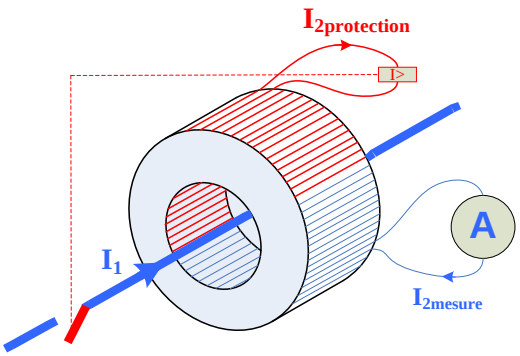
⇨ **Caractéristiques et marquage des TI ou TC : (tableau N°1)**

TC double secondaire mesure et protection

Niveau d'isolement et fréquence	Rapport de transformation A / A	Tenue thermique kA x 1 s	Secondaire mesure : puissance, classe de précision, facteur de sécurité FS	Secondaire mesure : puissance et classe de précision (double utilisation éventuelle)	Type	Référence
Ur 24 kV Ud 50 kV - 1 mn Up 125 kV crête fr 50/60 Hz	25 / 5-5	16	7,5 VA cl. 0,5 Fs < 10	7,5 VA 5P10	AD22/N2	03811466N0
		20			ARJD/N2	03811467N0
	50 / 5-5	16			AD21/N2	03811468N0
		16		15 VA 5P10 - 7,5 VA 5P20	ARJD/N2	03811469N0
		25		7,5 VA 5P10	AD22/N2	03811470N0
		25	15 VA cl. 0,5 Fs < 10	15 VA 5P10 - 7,5 VA 5P20	ARJD/N2	03811471N0
		31,5	7,5 VA cl. 0,5 Fs < 10	7,5 VA 5P10	ARJD/N2	03811472N0
	75 / 5-5	16	15 VA cl. 0,5 Fs < 10	15 VA 5P10 - 7,5 VA 5P20	AD21/N2	03811473N0
		25			AD21/N2	03811474N0
		31,5	7,5 VA cl. 0,5 Fs < 10	7,5 VA 5P10	AD22/N2	03811475N0
		31,5	15 VA cl. 0,5 Fs < 10	15 VA 5P10 - 7,5 VA 5P20	ARJD/N2	03811476N0
		40	7,5 VA cl. 0,5 Fs < 10	7,5 VA 5P10	ARJD/N2	03811477N0
	100 / 5-5	25	15 VA cl. 0,5 Fs < 10	15 VA 5P10 - 7,5 VA 5P20	AD21/N2	03811478N0



⇨ TC à plusieurs secondaires (ci-dessous)



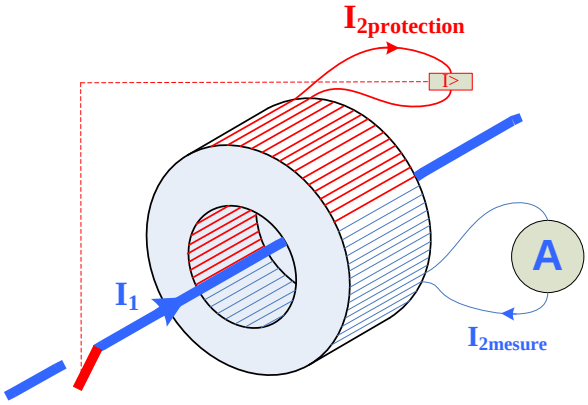
Le TC peut être doté de **2 enroulements secondaires** : dans ce cas, l'un des enroulements est dédié à la mesure du courant, l'autre à la protection du circuit contrôlé : par exemple commande de relais à maximum de courant

⇨ Caractéristiques du TC (24kV : **AD22/N2)**

Tableau N°2 : Caractéristiques des TC								
Primaire	Enroulement II^{aire} de mesure				Enroulement II^{aire} de protection			
I1	I2	S(VA)	Classe	FS	I2	S(VA)	Classe	FLP
25A	**5 A**	**7,5**	**0,5**	**10**	**5 A**	**7,5**	**5P**	**10**

Ith : 16 kA efficace max. dans le primaire pendant une seconde

Le TC du tableau N°2 possède 2 enroulements secondaires :



⇨ **Un enroulement de mesure** avec une précision de **0,5%** pour un facteur de sécurité **FS** < 10 : pour un courant $I^{aire} > 10\ I_N$ l'erreur de mesure sera de 10% : Ici **250 A**.

⇨ **Un enroulement de protection** (**7,5 VA-5P10)** qui a une erreur garantie inférieure à **5 %** lorsqu'il est soumis à **10 fois** son courant nominal et qu'il débite dans sa charge nominale (**7,5 VA à In**).

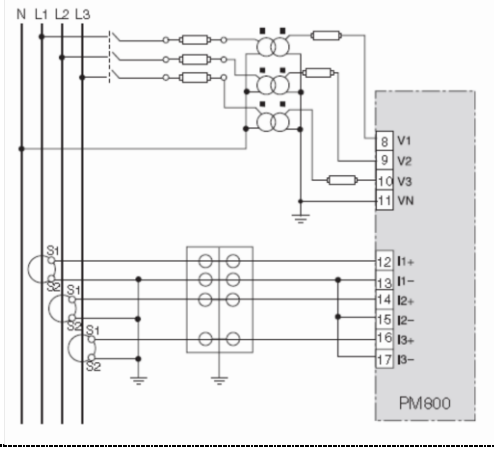
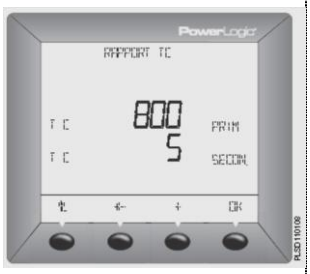
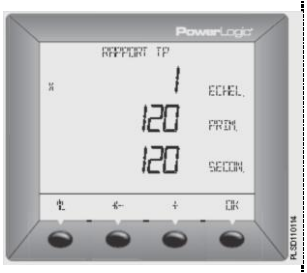
La colonne « **charge** » du tableau indique la **puissance apparente** que l'on peut appeler au **II^{aire}** du transformateur tout en restant dans **sa limite de précision** : elle est indispensable pour définir l'appareil à raccorder aux bornes de celui-ci : compteur, centrale de mesure, relais de protection.

- **Réglage du rapport de réduction**

La réduction de U et I à l'aide des différents transformateurs est évidemment à prendre en compte pour le mesurage et/ou la facturation de l'énergie. Pour obtenir les valeurs des énergies actives et réactives réellement consommées, le compteur applique un coefficient de transformation appelé **TC×TT** qui est le produit des **coefficients de transformation** des réducteurs de mesure d'intensité et de tension.

- **Centrale de mesurage PM800**

⇨ **Exemple** de raccordement (possible) et de configuration d'une centrale de mesurage PM800 (Schneider) à l'aide de TC et de TP : **couplage étoile** pour les TP et les TC.

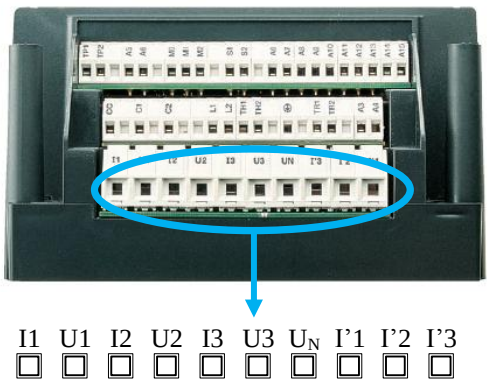
Schéma de raccordement	Configuration des TC	Configuration des TP
		

- **Raccordement d'un compteur d'énergie sur la station du Kastenwald**

L'installation possède 2 transformateurs de distribution, par conséquent le comptage de l'énergie s'effectuera en **HTA** et en **tarif vert** car la puissance installée est de **800 kVA + 800kVA = 1600 kVA** donc bien supérieure à la limite haute du tarif jaune qui est de 250 kVA.

*Le compteur électronique **TRIMARAN 2** (Matra communication) est destiné à mettre en œuvre les tarifications industrielles des distributeurs d'énergie électrique. Compteur **multi-énergies**, il assure la mesure de l'énergie active, réactive et apparente sur réseaux triphasés. Compteur **multifonction**, il assure à la fois la mesure des paramètres liés au comptage de l'énergie électrique et des paramètres liés à la qualité de fourniture.*

Bornier de raccordement



Détail du bornier puissance :

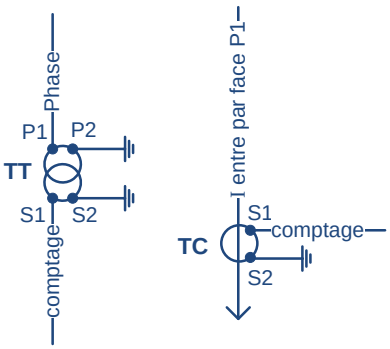
- ⇨ **Ii** : entrée courant, **i** = phase
- ⇨ **I'i** : sortie courant
- ⇨ **Ui** : entrée tension
- ⇨ **U_N** : entrée neutre

Caractéristiques des entrées mesure : lien vers document technique

⇨ Tension : 57,7V / 100V ou 230V / 400V

- ⇨ Courant : 5A (max 6A)
- ⇨ Fréquence : 40….65Hz

- **Schéma de raccordement du compteur d'énergie**

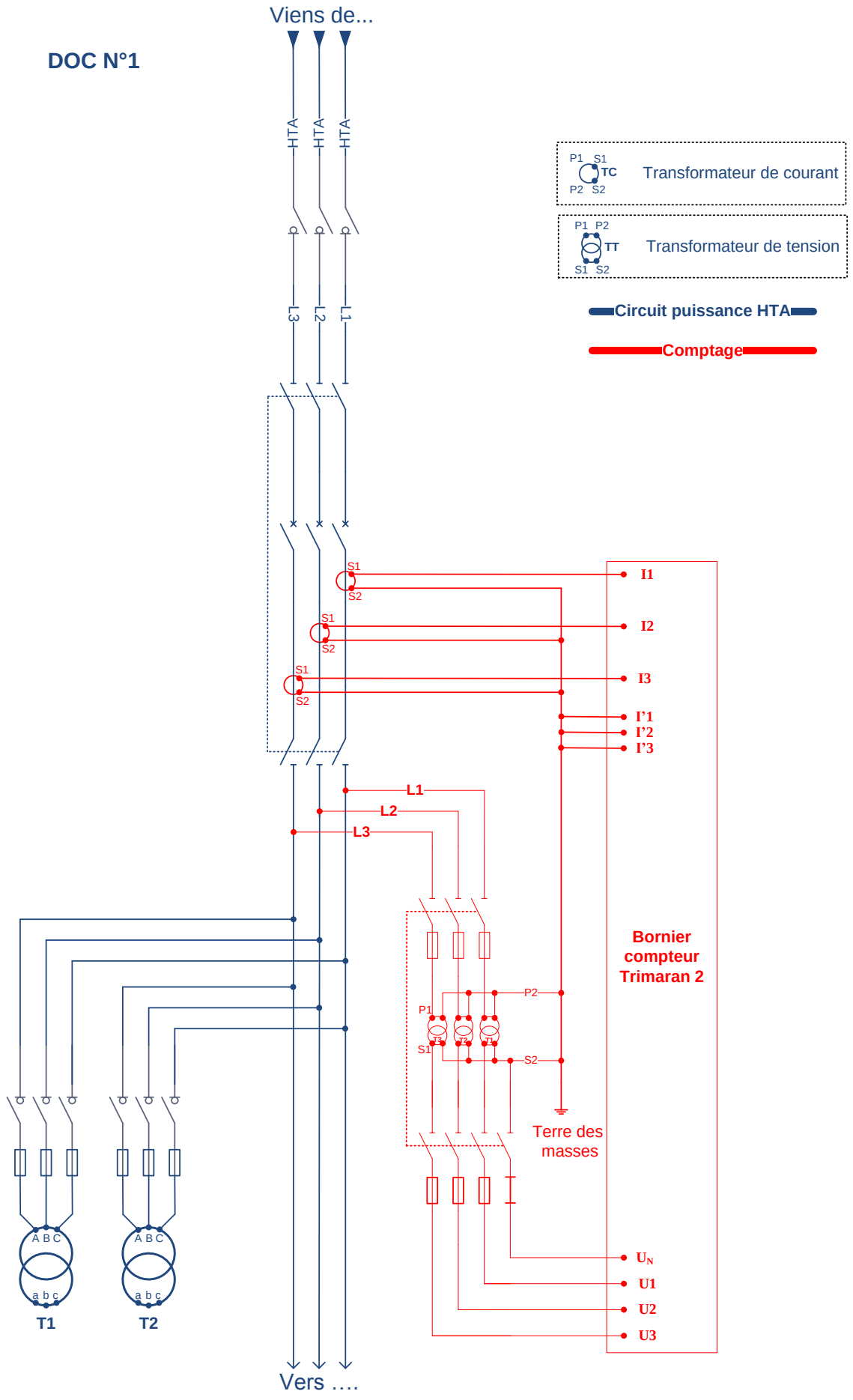


La polarité des bornes des transformateurs de potentiel et des transformateurs de courant doit absolument être respectée pour les applications de comptage.

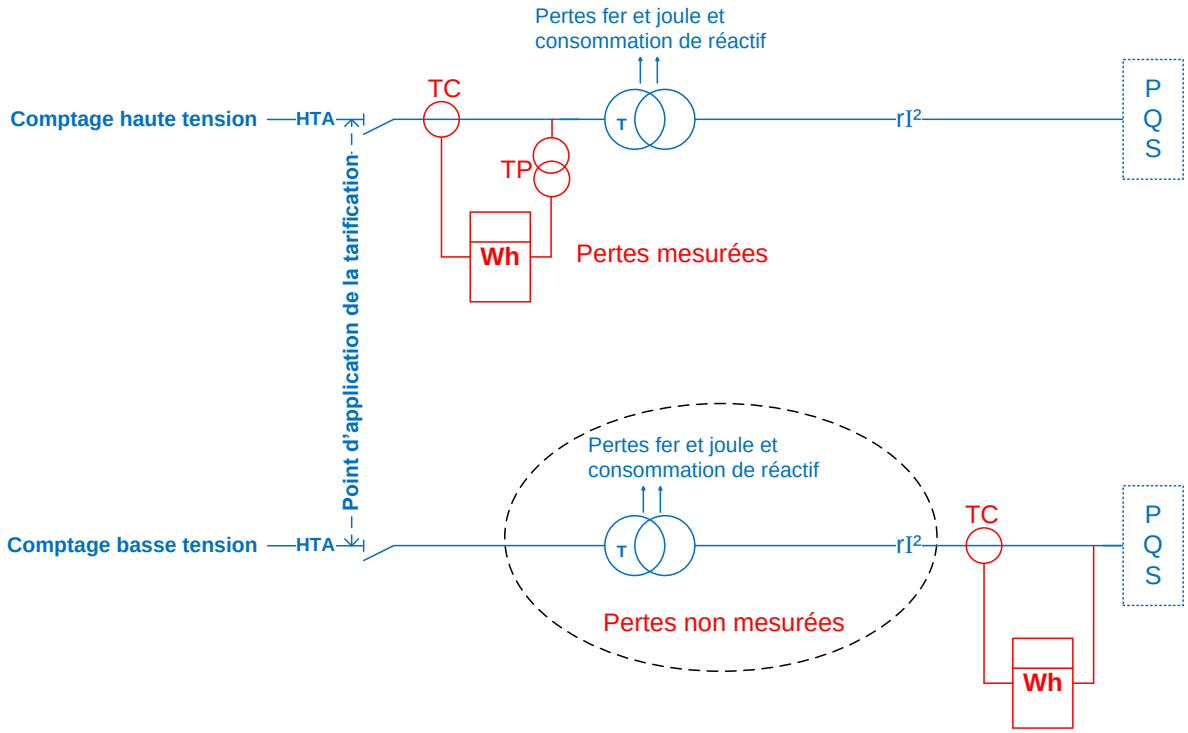
Note : les bornes S2 des transformateurs sont reliées à la terre des masses des postes HTA / BTA lorsque le comptage s'effectue en HTA.

- **<u>Complétez</u>, en vous aidant du schéma unifilaire de distribution HTA, le schéma de raccordement du compteur d'énergie sur le document N°1.**

DOC N°1


Viens de...
HTA
HTA
HTA
L3
L2
L1
P1 S1
TC
P2 S2
Transformateur de courant
P1 P2
TT
S1 S2
Transformateur de tension
Circuit puissance HTA
Comptage
S1
S2
I1
I2
I3
I'1
I'2
I'3
L1
L2
L3
P1
P2
S1
S2
Terre des masses
Bornier compteur Trimaran 2
A B C
a b c
T1
T2
U_N
U1
U2
U3
Vers ....

Note : Lorsque le point de comptage ne se situe pas au point de la tarification, voir schémas ci-dessous, il faut prendre en compte les éléments du réseau situés entre le point d'application de la tarification et le point de comptage : pertes fer, joule, etc. Le compteur **trimaran2** permet de prendre en compte ces pertes qui ne peuvent pas être négligées : **P_{fer} = 1700W P_{joule} = 8500 W pour un transformateur de 800kVA**



- **Consignation en HTA**

Les difficultés liées aux interventions sur une installation HTA sont nombreuses:

- ⇨ Point d'alimentation éloignée du point d'intervention.
- ⇨ Risques liés à la HTA : distance d'isolement.
- ⇨ Etc.

Des règles particulières viennent renforcer les conditions d'intervention sur les installations alimentées en HTA, afin d'éviter les risques d'erreur de manipulation.

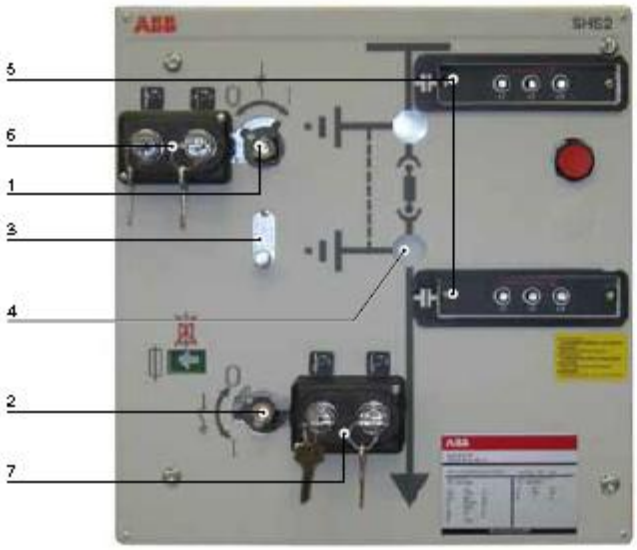
Ainsi, **6 manœuvres** de base doivent être systématiquement interdites :

- ⇨ **Manœuvrer en charge** un sectionneur : pas de PdC (point déjà évoqué).
- ⇨ **Débrocher et embrocher en charge** les disjoncteurs et contacteurs : risque = point précédent.
- ⇨ **Fermer le sectionneur de mise à la terre** si les câbles ou la cellule se trouve sous tension : court-circuit.
- ⇨ **Ouvrir les portes** ou panneaux d'accès aux têtes de câble si le sectionneur de mise à la terre n'est pas fermé : contact direct.
- ⇨ **Mettre en parallèle** plusieurs arrivées non synchronisées : cela revient à coupler des transformateurs d'indices horaires différents avec pour

conséquences de générer des courants très importants qui casseront les appareils.

Solution :

Des verrouillages réalisés par des serrures interdisent les manœuvres aléatoires d'ouverture ou de fermeture d'appareils afin d'éviter de se trouver dans un des cas cités ci-dessus. L'électricien habilité ordonne et effectue les manœuvres de consignation à partir d'un schéma précis de l'installation sur lequel on trouvera aussi le repérage des clés de condamnation : exemple de cellule ABB ci-dessous.



1. Siège de manœuvre de l'interrupteur-sectionneur
2. Siège de manœuvre du sectionneur de terre
3. Levier de verrouillage entre sectionneur et sectionneur de terre
4. Indicateur mécanique de position du schéma synoptique
5. Lampe de présence tension (sur demande)
6. Verrouillage à clés sur la manœuvre de l'interrupteur-sectionneur (sur demande)
7. Verrouillage à clé sur la manœuvre du sectionneur de terre (sur demande)

Un codage de principe est utilisé pour repérer assez rapidement l'ordre dans lequel doit s'effectuer la manœuvre des appareils :

Symboles de principe

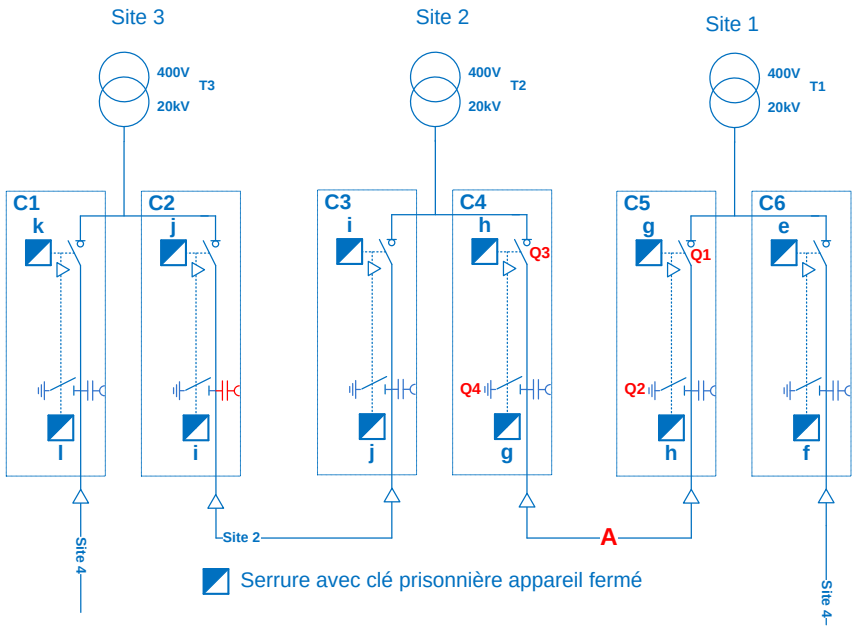
- Serrure avec clé toujours libre
- Serrure avec clé toujours prisonnière
- Serrure avec clé prisonnière appareil fermé et libre en position ouverte
- Serrure avec clé prisonnière appareil ouvert et libre en position fermée

- **Exemple d'application**

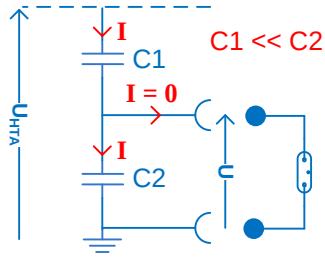
Ainsi, un schéma simplifié de boucle d'alimentation peut se présenter sous cette forme :
Pour effectuer une mise hors tension afin de remplacer le tronçon A , il faut :

⇨ Ouvrir le sectionneur Q1 de la cellule C5 du site 1 et récupérer la clé g.
⇨ Ouvrir le sectionneur Q3 de la cellule C4 du site 2 et récupérer la clé h.
⇨ Effectuer la VAT à l'arrivée de la cellule C4.

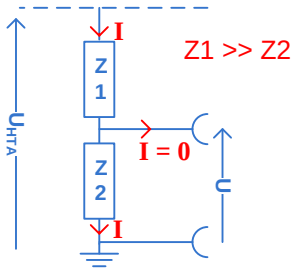
- ⇨ Effectuer la VAT à l'arrivée de la cellule C5, puis introduire la clé h dans le sectionneur de terre pour effectuer la mise à la terre et en court-circuit et signaler la consignation de C5.
- ⇨ Effectuer la VAT à l'arrivée de la cellule C4, puis introduire la clé g dans le sectionneur de terre pour effectuer la mise à la terre et en court-circuit et signaler la consignation de C4.
- ⇨ La déconnexion et le remplacement du tronçon A peut être effectuée.



- **Mesurage de la HTA : diviseur capacitif**



Un « DIVISEUR CAPACITIF » est utilisé pour visualiser et mesurer la tension au niveau des cellules HTA. Ici aussi, une « réduction » de la HTA est effectuée avant sa visualisation. L'utilisation de **condensateurs** au lieu de résistances évite de produire des pertes joule inutiles. Le montage ci-contre est réalisé sur chacune des phases



$Z_1 = Z_{C1}$; $Z_2 = Z_{C2}$ et $Z_C = \frac{1}{C\omega}$ donc si C↗ Z↘

$I = \frac{U_{HTA}}{Z_{eq}} = \frac{U_{HTA}}{Z_1+Z_2} = \frac{U}{Z_2}$ donc $\frac{U_{HTA}}{Z_1+Z_2} = \frac{U}{Z_2}$

Et $U = \frac{Z_2 \times U_{HTA}}{Z_1+Z_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \times U_{HTA}$ et $\mathbf{U = \frac{C_1}{C_2} \times U_{HTA}}$

Ainsi la valeur de U dépend uniquement de C_1 et C_2