

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**ÉLECTROTECHNIQUE**

**Épreuve E4**  
**CONCEPTION – ÉTUDE PRÉLIMINAIRE**

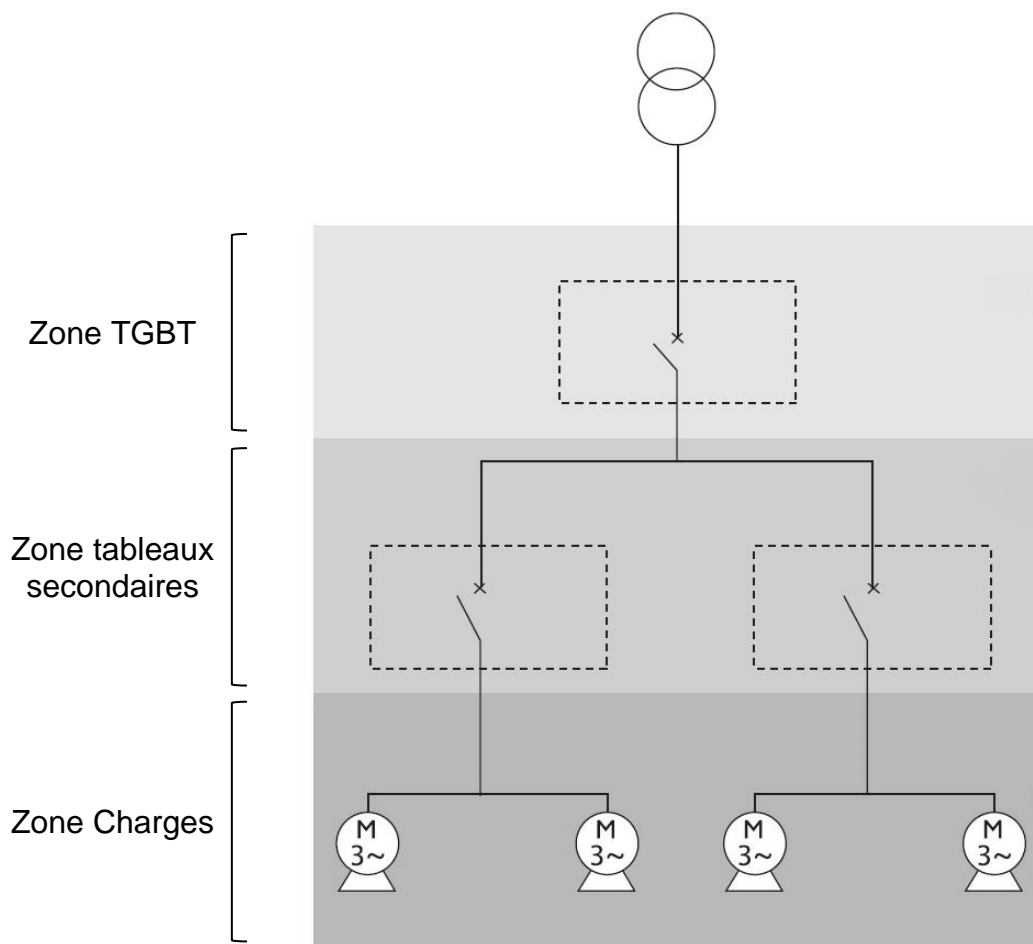
Session 2024

**ENTREPRISE STRATUS PACKAGING**



**DOSSIER RESSOURCES**

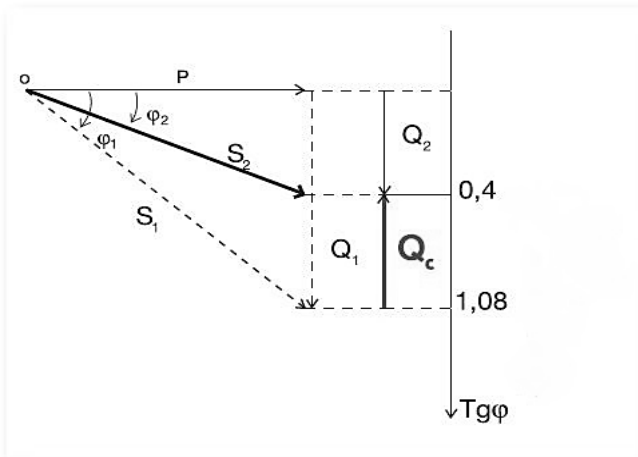
DRES 1 :	caractérisation de la compensation d'énergie réactive (2 pages) .....	2
DRES 2 :	introduction à la filiation.....	4
DRES 3 :	détermination de la section minimale des conducteurs.....	5
DRES 4 :	documentation du capteur de position de vérin MPS-256TSTU0 .....	6
DRES 5 :	modèle de Broïda.....	7

**Zones d'implantation possibles d'un système de compensation d'énergie réactive**


Zone d'implantation			
	TGBT	Tableaux secondaires	Charges
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"> <li>suppression de la facturation d'énergie réactive</li> <li>augmentation de la puissance disponible au secondaire du transformateur</li> <li>solution très économique car une seule batterie de compensation installée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>suppression de la facturation d'énergie réactive</li> <li>augmentation de la puissance disponible au secondaire du transformateur si l'on installe tous les niveaux secondaires de batteries de compensation d'énergie réactive</li> <li>solution économique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>suppression de la facturation d'énergie réactive</li> <li>pas de chutes de tension</li> <li>économies sur le dimensionnement des équipements électriques</li> <li>compensation d'énergie réactive au plus près des appareils consommateurs du réactif</li> </ul>
COMMENTAIRES	<ul style="list-style-type: none"> <li>pas de réduction de pertes en lignes (chutes de tension)</li> <li>pas d'économies sur le dimensionnement des équipements électriques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>solution parfaitement adaptée pour des réseaux d'usine très étendus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>solution onéreuse</li> </ul>

## Calcul de la puissance réactive d'un système de compensation

### Bilan des Puissances.



$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Avec : P : puissance active

$Q_1$  : puissance réactive **sans** compensation d'énergie réactive

$S_1$  : puissance apparente **sans** compensation d'énergie réactive

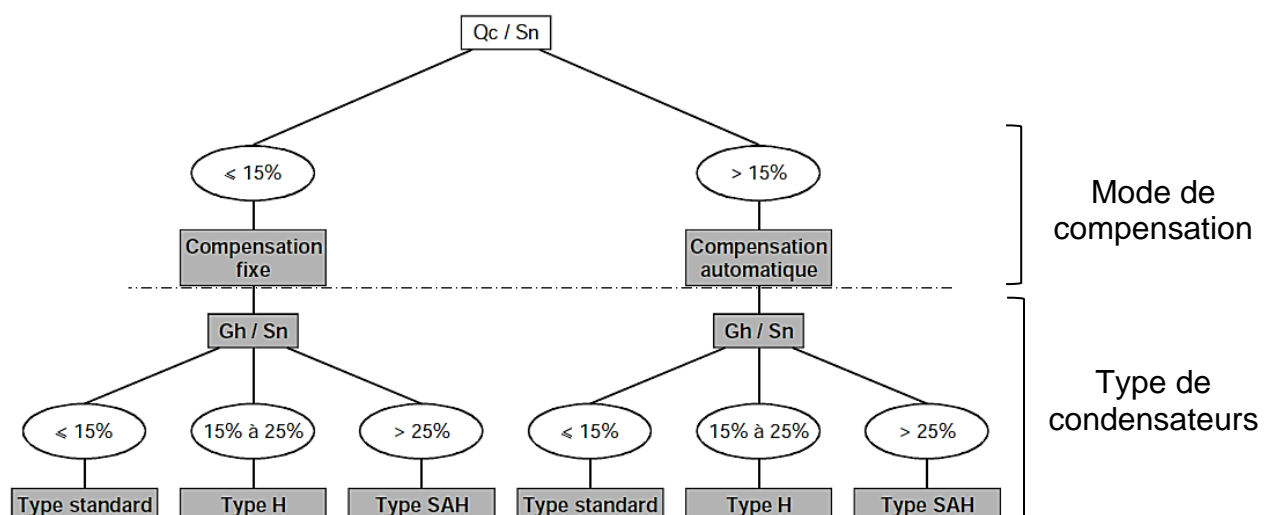
$\varphi_1$  : déphasage **sans** compensation

$Q_2$  : puissance réactive **après** compensation d'énergie réactive

$S_2$  : puissance apparente **après** compensation d'énergie réactive

$\varphi_2$  : déphasage **après** compensation

## Détermination du mode de compensation et du type de condensateur



### Légende :

- $\varphi$   $S_n$  : puissance apparente en kVA du transformateur.
- $\varphi$   $Q_c$  : puissance réactive de compensation en kVAR.
- $\varphi$   $G_h$  : puissance apparente en kVA des récepteurs produisant des harmoniques (moteurs à vitesse variable, convertisseurs statiques, électronique de puissance....)

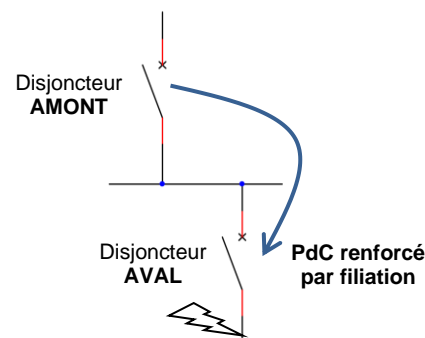
## DRES 2 : introduction à la filiation

### La filiation

Cette technique consiste à utiliser le pouvoir de limitation de l'intensité de court-circuit du disjoncteur situé en amont d'une installation. Lors du court-circuit, le disjoncteur amont s'ouvre et augmente ainsi l'impédance de ligne, permettant au disjoncteur aval de couper un courant de court-circuit inférieur à celui présumé.

Elle permet d'installer, en aval, des disjoncteurs ayant des pouvoirs de coupure inférieurs aux courants de court-circuit présumés aux points où ils sont installés.

Elle procure un **pouvoir de coupure (PdC) "renforcé"** aux disjoncteurs placés en aval d'un disjoncteur limiteur.



### Utilisation de la filiation

Le pouvoir de coupure de l'appareil amont doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit présumé au point où il est installé. L'association de deux disjoncteurs en filiation est prévue par les normes :

- de construction des appareils (IEC 60947-2) ;
- d'installation (NF C 15-100).

Des tableaux de filiation entre disjoncteurs sont élaborés par les fabricants.

#### Exemple :

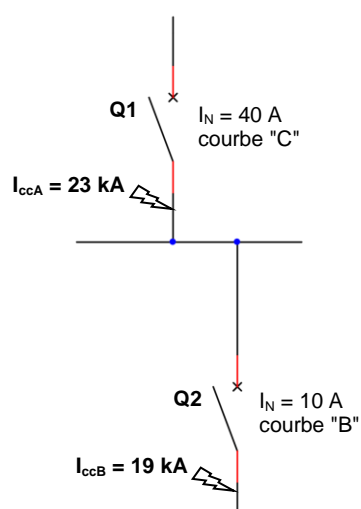


Tableau de filiation

Aval	Caractéristique	I <sub>cu</sub> [kA]	I <sub>n</sub> [A]	Amont			
				S 200L	S200	Q1	S200P
				C	B-C	B-C	B-C
				10	20	25	40
				6..40	0,5..63	0,5..63	0,5..25
S931 N	C	4,5	2..40	10	20	25	40
S941 N*	B, C	5	2..40	10	20	25	40
S951 N*	B, C	10	2..40	10	20	25	40
S971 N*	B, C	10	2..40	10	20	25	40
S200 L	C	10	6..40		20	25	40
S200	B, C, K, Z	20	0,5..63			25	40
S200 M	B, C, D	25	0,5..63				40

	Sans filiation	Avec filiation
Q1	<b>S200M</b> PdC = 25 kA	<b>S200M</b> PdC = 25 kA
Q2	<b>S200</b> PdC = 20 kA	<b>S941 N</b> PdC = 6 kA PdC renforcé = 25 kA

Pouvoir de coupure renforcé par filiation

### Avantage de la filiation

Grâce à la filiation, des disjoncteurs possédant des pouvoirs de coupure inférieurs au courant de court-circuit présumé de l'installation peuvent être installés en aval de disjoncteurs limiteurs. Il s'en suit que de substantielles économies peuvent être réalisées au niveau de l'appareillage et des tableaux électriques.

## DRES 3 : détermination de la section minimale des conducteurs

Les tableaux ci-contre permettent de déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit.  
Ils ne sont utilisables que pour des canalisations non enterrées et protégées par disjoncteur.

Pour obtenir la section des conducteurs de phase, il faut :

- déterminer une lettre de sélection qui
- dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose
- déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les facteurs de correction, K1, K2, K3, Kn et Ks :

- le facteur de correction K1 prend en compte le mode de pose
- le facteur de correction K2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte
- le facteur de correction K3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant
- le facteur de correction du neutre chargé Kn
- le facteur de correction dit de symétrie Ks.

### Détermination de la section minimale

Le courant admissible I<sub>z</sub> dans la canalisation correspond au réglage thermique du disjoncteur de protection.

L'intensité fictive I'<sub>z</sub> prenant en compte le coefficient K est :

$$I'_z = \frac{I_z}{K}$$

La **section minimale** s'obtient en considérant la valeur immédiatement supérieure à I'<sub>z</sub> dans les tableaux correspondants.

### Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	● sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ● sous vide de construction, faux plafond ● sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles	<b>B</b>
	● en apparent contre mur ou plafond ● sur chemin de câbles ou tablettes non perforées	<b>C</b>
câbles multiconducteurs	● sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ● fixés en apparent, espacés de la paroi ● câbles suspendus	<b>E</b>
câbles monoconducteurs	● sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ● fixés en apparent, espacés de la paroi ● câbles suspendus	<b>F</b>

### Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
<b>B</b>	● câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	<b>0,70</b>
	● conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	<b>0,77</b>
	● câbles multiconducteurs	<b>0,90</b>
	● vides de construction et caniveaux	<b>0,95</b>
<b>C</b>	● pose sous plafond	<b>0,95</b>
<b>B, C, E, F</b>	● autres cas	<b>1</b>

### Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2												
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
<b>B, C, F</b>	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40	
<b>C</b>	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles.			
	simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64				
<b>E, F</b>	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de :

- 0,80 pour deux couches
- 0,73 pour trois couches
- 0,70 pour quatre ou cinq couches.

### Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

### Facteur de correction Kn (conducteur Neutre chargé) (selon la norme NF C 15-100 § 523.5.2)

- Kn = 0,84
- Kn = 1,45

► Détermination de la section d'un conducteur Neutre chargé ► page A47.

### Facteur de correction dit de symétrie Ks

(selon la norme NF C 15-105 § B.5.2 et le nombre de câbles en parallèle)

- Ks = 1 pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la symétrie
- Ks = 0,8 pour 2, 3 et 4 câbles par phase si non respect de la symétrie.

## DRES 4 : documentation du capteur de position de vérin MPS-256TSTU0



### Informations de commande

Type	Référence
MPS-256TSTU0	1050739

Autres modèles d'appareil et accessoires → [www.sick.com/MPS-T](http://www.sick.com/MPS-T)

### Caractéristiques techniques détaillées

<b>Type de vérin</b>	Rainure en T
<b>Formes de vérin avec adaptateur</b>	Vérin cylindrique Vérins à tige profilée et à tirant Vérin avec rainure en queue d'aronde Rail SMC CDQ2 Rail SMC ECDQ2 Pour vérin SMC avec rainure en C
<b>Plage de mesure</b>	256 mm <sup>1)</sup>
<b>Longueur du boîtier</b>	269 mm
<b>Fonction de sortie</b>	Analogique
<b>Version électrique</b>	CC 4 fils
<b>Sortie analogique (tension)</b>	0 V ... 10 V <sup>2)</sup>
<b>Sortie analogique (courant)</b>	4 mA ... 20 mA <sup>2)</sup>
<b>Apprentissage</b>	✓
<b>Indice de protection</b>	IP67 <sup>3)</sup>
<b>Réglage</b>	
Panneau de commande apprentissage	Programmation des sorties analogiques Réinitialisation de la plage de mesure aux réglages par défaut
<b>Tension d'alimentation</b>	15 V DC ... 30 V DC
<b>Consommation</b>	22 mA, sans charge
<b>Résistance de charge max.</b>	≤ 500 Ω Sortie de courant, pour 24 V

<sup>1)</sup> , ± 1 mm.

<sup>2)</sup> Le capteur n'active cependant que la sortie nécessaire pour l'application.

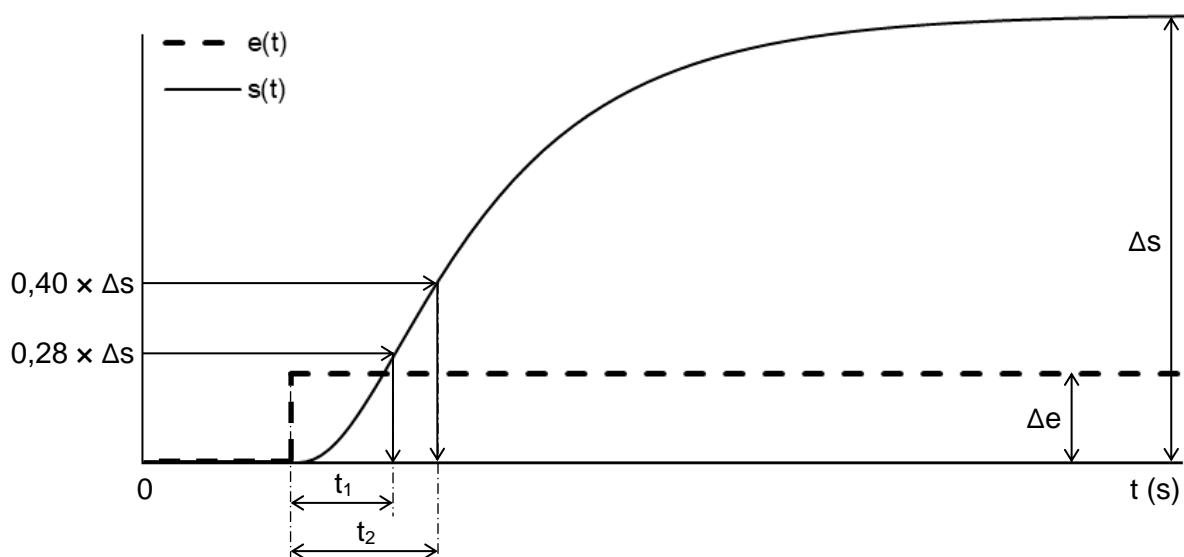
<sup>3)</sup> Selon EN 60529.

**Détermination du modèle**

La méthode de Broïda permet de modéliser un système sous la forme d'un système du premier ordre avec un retard. Ce modèle a pour paramètres :

- $K$  : gain statique
- $T_r$  : retard en secondes
- $\tau$  : constante de temps en secondes

À partir des relevés, réalisés en boucle ouverte, de l'évolution temporelle de la grandeur d'entrée  $e(t)$  du système et de la grandeur de sortie  $s(t)$ , la construction graphique ci-dessous permet de déterminer  $\Delta e$ ,  $\Delta s$ ,  $t_1$  et  $t_2$ .



La méthode d'identification s'effectue sur le graphique :

- relever les valeurs de  $\Delta e$  et  $\Delta s$  (valeur obtenue en régime établi) ;
- tracer  $0,28 \times \Delta s$  et on relève le temps  $t_1$  correspondant ;
- tracer  $0,40 \times \Delta s$  et on relève le temps  $t_2$  correspondant.

Calcul des paramètres du modèle :

- le gain statique :  $K = \frac{\Delta s}{\Delta e}$  avec  $\Delta e$  en pourcentage de l'échelle de commande et  $\Delta s$  en pourcentage de la plage de mesure ;
- le retard :  $T_r = 2,8 \times t_1 - 1,8 \times t_2$  ;
- la constante de temps :  $\tau = 5,5 \times (t_2 - t_1)$ .

**Détermination du type de correcteur :**

