



**ROYAUME DU MAROC**  
**MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE**  
**L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE ET DE LA FORMATION DES CADRES**  
**ACADEMIE REGIONALE DE L'ÉDUCATION ET DE FORMATION**  
**REGION DU GRAND CASABLANCA**  
**DELEGATION FIDA - MERS SULTANE**  
**LYCEE AL KHAOUARIZMY**  
**SESSION MAI 2009**

**Examen de passage**  
**Brevet de Technicien Supérieur**

**Section : Electrotechnique**

**Epreuve de : Etude de systèmes électriques**

**Coefficient : 12**

**Durée : 3 heures**

**AVERTISSEMENTS**

- *Aucun document n'est autorisé.*
- *La lecture de l'ensemble du sujet est vivement conseillée avant la rédaction des réponses.*
- *Inscrire le numéro de la question avant la rédaction de la réponse correspondante et encadrer le résultat final.*

**Documents constituant le sujet :**  
- *texte sujet : 5 pages (à rendre)*

**Documents techniques :**  
*5 pages*

## PRESENTATION La société ARC-EN-CIEL

L'entreprise arc-en-ciel est chargée de l'incinération d'une partie des ordures ménagères du district de l'agglomération Nantaise (75 000 tonnes) et de déchets industriels banals (60 000 tonnes).

L'usine fonctionne depuis 1994, dispose de deux fours permettant de traiter 7 tonnes / heure chacun à pouvoir calorifique inférieur (PCI) de 2 000 kcal/kg.

L'incinération permet la production d'énergie en cogénération :

- vapeur 350°C à 32 bars pour l'entraînement d'un turbo alternateur de 6,2 MW pour l'auto alimentation de l'usine et vente à distributeur d'énergie (production 20 000 MWh/an).
- vapeur 225°C à 18 bars (sortie de la turbine) pour une entreprise voisine (80 000 tonnes par an).

Lors de la mise en place du nouveau système de traitement des fumées, il a fallu modifier la distribution d'énergie électrique de l'usine. Pour alimenter l'ensemble de la nouvelle installation, il a été décidé d'utiliser un départ existant de 400 kVA en changeant le transformateur pour l'adapter à la nouvelle puissance désirée. (Voir schéma Annexe A0).

### 1. Dimensionnement du transformateur

Q.1.1. Compléter le document réponse DRA-1 permettant d'établir le bilan des puissances électriques.

Q.1.2.. Calculer la puissance apparente nécessaire pour la nouvelle installation.

S=.....

Q.1.3. Choisir la puissance du transformateur directement supérieure à partir du document Annexe A1-1

S<sub>n</sub>=.....

### 2. Compensation de l'énergie réactive

Q.2.1. Quels avantages économiques et techniques présentent la compensation de l'énergie réactive?

- avantages économiques

.....  
.....

-avantages techniques

.....  
.....

**Q.2.2** la compensation d'énergie réactive entraîne une diminution de la chute de tension en ligne justifier ?

.....  
.....

**Q.2.3** la compensation d'énergie réactive entraîne une augmentation de la puissance disponible au bornes du transformateur justifiez

.....  
.....

**Q.2.4.** Dans le cas d'un comptage en BT réalisé en aval du transformateur, la valeur de  $\text{tg } \varphi$  maximum imposée par le distributeur d'énergie est de 0,31 au lieu de 0,4 en comptage HTA, pourquoi?

.....  
.....

La puissance réactive à compenser pour le transformateur est donnée par les formules suivantes :

Compensation totale :  $Q_t = Q_0 + Q_{ch}$   
Compensation à vide :  $Q_0 = 0.01 \times S_n \times I_0$   
Compensation en charge :  $Q_{ch} = 0.01 \times S^2 \times U_{cc} / S_n$

Avec

- $S_n$  : puissance apparente nominale de transformateur
- $S$  : puissance apparente délivrée par de transformateur
- $I_0$  : courant à vide absorbé par le transformateur en %
- $U_{cc}$  : tension de court-circuit de transformateur en %

**Q.2.5.** Calculer la compensation à vide et en charge et la compensation totale.

$Q_0 =$ .....  $Q_{ch} =$ .....  $Q_t =$ .....

**Q.2.6.** si le  $\text{tg } \varphi$  en amont du transformateur vaut 0,31; calculer la  $\text{tg } \varphi$  en aval du transformateur.

.....  
.....  
.....

Vérifier que la valeur de  $\text{tg } \varphi$  de 0,31 imposée par le distributeur d'énergie se justifierait dans notre cas.

.....  
.....

Q.2.7. Calculer la puissance de la batterie de condensateurs nécessaire à la compensation de l'installation en tenant compte du transformateur pour avoir une valeur de  $\text{tg } \varphi$  de 0,4 au secondaire de transformateur.

.....  
.....

### 3. Choix de la batterie de condensateurs

Q3.1. La puissance  $Q_c$  de la batterie installée est de 250 kvar. Calculer le rapport  $Q_c/S_n$

.....

Q3.2 calculer la somme des puissances apparentes consommées par les variateurs de vitesse 1 et 2

.....

Q3.3 Choisir le type de condensateur à installer à partir des documents fournis en Annexe A3-1 et des résultats des questions Q3.1

.....  
.....

Q.3.4. Choisir la batterie de compensation à partir des documents fournis en Annexe A3-2

.....

### 4. Protection des personnes :

Q.4.1. citer les différents schémas des liaisons à la terre (SLT)

.....  
.....

Q.4.2 Donner le schéma de liaison à la terre (SLT) mis en oeuvre, préciser sa signification. Donner les avantages et inconvénients de ce SLT (annexe A0)

.....  
.....  
.....

Q.4.3 dans ce (SLT), quel(s) type(s) d'appareil(s) assure(nt) la sécurité des personnes ?

.....  
.....

**Q.4.4.** La protection des personnes est assurée par le disjoncteur Q1. référence NS 100 N , équipé d'un déclencheur magnétothermique TM (annexe B3.3); le courant nominal dans le câble C2 est de 39 A ; choisir le calibre du déclencheur magnétique. Le temps de réponse de déclencheur en cas de courant supérieur au courant magnétique est de l'ordre de 0,15s ; En cas de défaut franc (  $I_f=700$  A) et en tenant compte du temps de coupure maximale imposé par le tableau ci-dessous, la protection des personnes est-elle assurée ? Justifier votre réponse ?

Tension d'alimentation	$U_{0\leq 120}$ V	$U_{0\leq 230}$ V	$U_{0\leq 400}$ V	$U_{0\geq 400}$ V
Régime TN	0,8s	0,4s	0,2s	0,1s
Régime IT				
Régime TT	0,3s	0,2s	0,07s	0,04s

Temps de coupure maximal (en s) pour les circuits terminaux

calibre de déclencheur .....

.....

courant magnétique  $T_{mag} =$  .....

justification.....

.....

.....

DOCUMENT REPONSE 1 (DR1)

DESIGNATION	Puissance mécanique installée (kW)	Facteur d'utilisation	Rendement	cos $\phi$	Tension (V)	Intensité absorbée (A)	Puissance active (kW)	Puissance réactive (kVAR)	Puissance absorbée (kVA)
Armoire variateur du ventilateur ligne 1	400,00	0,85	0,96	0,97	400 TRI				
Armoire variateur du ventilateur ligne 2	400,00	0,85	0,96	0,97	400 TRI				
Armoire auxiliaire usine		1		0,75	400 TRI	460			
Armoire MCC traitement des fumées		1			400 TRI	400	220,00		
Armoire filtre à manches		1			400 TRI	250	131,00		
Armoire éclairage et PC		1		0,80	400 TRI	100			
Ventilateur local compresseur	3,00	1	0,81	0,80	400 TRI				

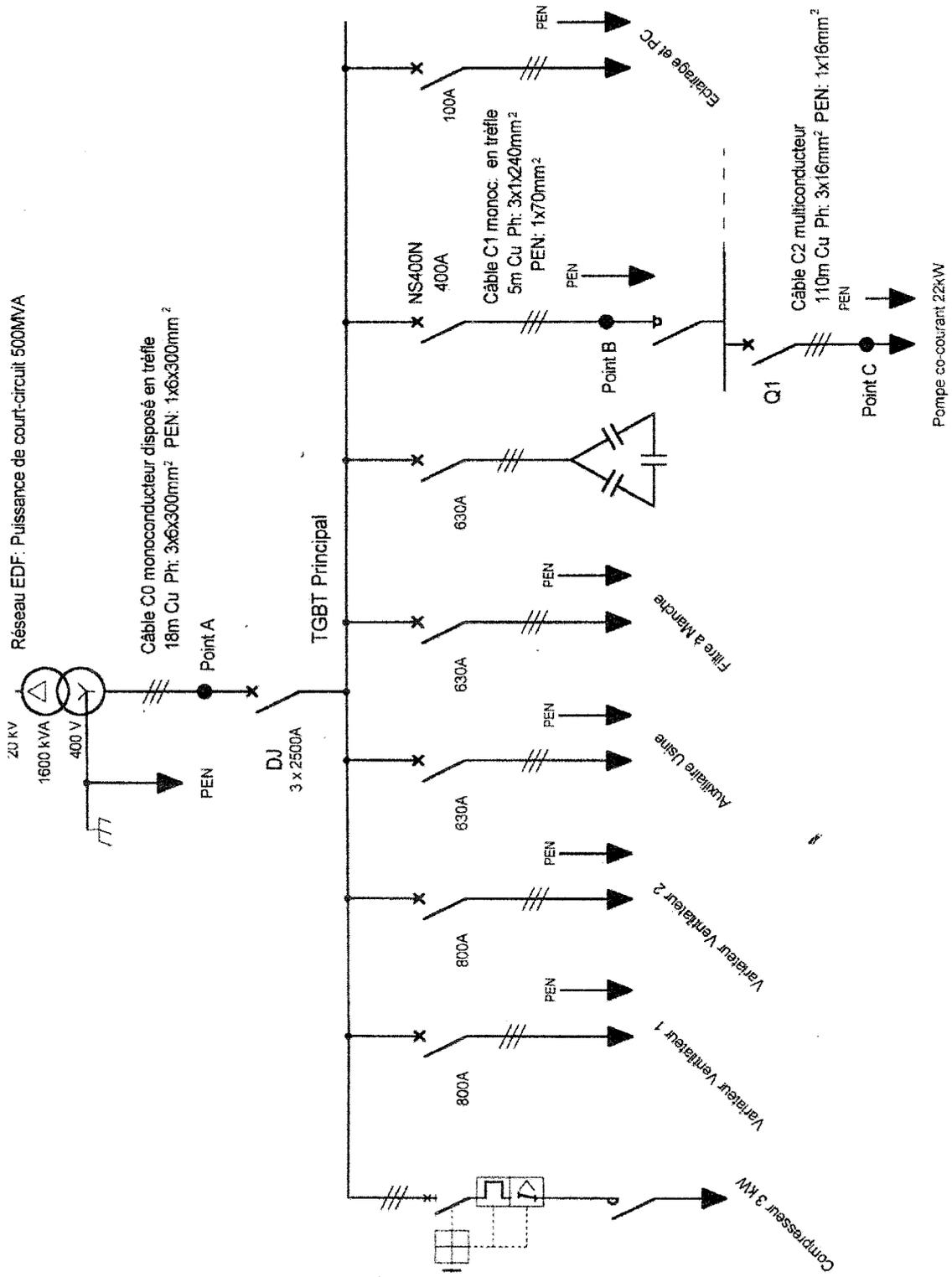

Total

Coefficient de simultanéité au niveau du jeu de barres :

0.9

# Annexe A0

## Schéma électrique de l'installation



# Annexe A1-1

## Transformateurs immergés de 100 à 2500 kVA

### Caractéristiques électriques

3 Tension la plus élevée du réseau 36 kV / Tension secondaire à vide 410V

Puissance assignée	kVA	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Pertes à vide	W	380	530	750	1050	1400	1640	1900	2500	2900	3430	3870
Pertes dues à la charge (1)	W	2340	3330	4230	6210	8820	10800	13000	16000	19200	23800	28400
Tension de court-circuit (1)	U <sub>cc</sub>	%	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
Courant assigné	I <sub>n</sub>	A	140,8	226,3	352,0	563,3	887,1	1126,6	1408,2	1760,2	2263,1	2816,3
Courant de court-circuit	I <sub>cc</sub>	A	3129	5007	7823	12517	19714	22531	25603	29337	34663	40233
Courant à vide	I <sub>0</sub>	%	4,4	3,9	3,5	3,2	2,9	2,8	2,7	2,5	2,2	2,1
Puissance réactive à vide	kVar		4,1	6,2	8,7	12,8	18,2	22,3	26,9	31,1	35,1	41,9
à compenser à pleine charge	kVar		8,2	12,6	19,1	29,7	46,2	60,9	80,4	104,4	137,3	179,8
Chutes de tension cos φ = 1	%		2,41	2,18	1,78	1,64	1,49	1,47	1,44	1,45	1,40	1,43
à pleine charge cos φ = 0,8	%		4,19	4,08	3,88	3,81	3,72	4,01	4,31	4,82	4,89	5,21
		charge 50%	98,11	98,33	98,57	98,72	98,87	98,93	98,98	98,97	99,05	99,07
		charge 75%	97,79	98,04	98,36	98,51	98,67	98,73	98,79	98,79	98,87	98,89
		charge 100%	97,35	97,64	98,05	98,22	98,40	98,47	98,53	98,54	98,64	98,66
Rendements en % (1)		charge 50%	97,64	97,92	98,22	98,40	98,59	98,66	98,73	98,72	98,81	98,84
		charge 75%	97,25	97,59	97,96	98,14	98,34	98,42	98,49	98,49	98,59	98,62
		charge 100%	96,71	97,07	97,57	97,78	98,01	98,09	98,17	98,18	98,30	98,30
Puissance Acoustique	LWA dB(A)		55	61	64	67	69	72	73	74	76	79

Nota : Autres Puissances, tensions secondaires, islements : nous consulter.

(1) Conformément aux normes en vigueur, les pertes dues à la charge, et donc les rendements, sont garantis à la température de référence de 75°C.

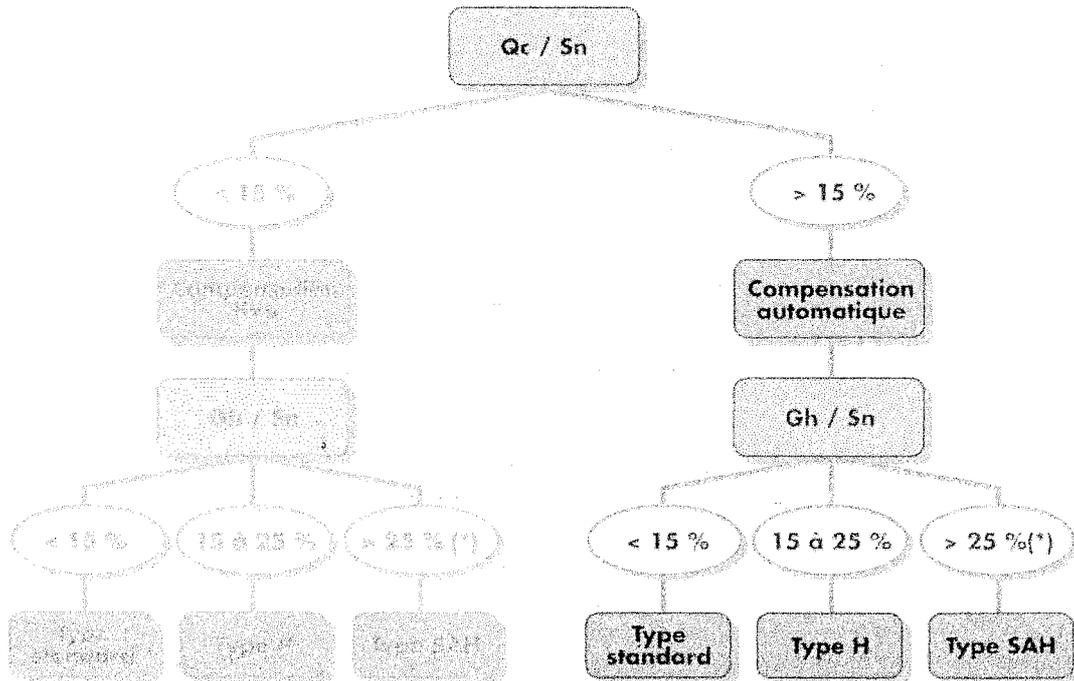
rappel des principales définitions et formules : voir guide pratique.

( Document ALSTOM )

# Annexe A3-1

## Guide de choix des équipements de compensation automatique

Réseau 400 V - 50 Hz

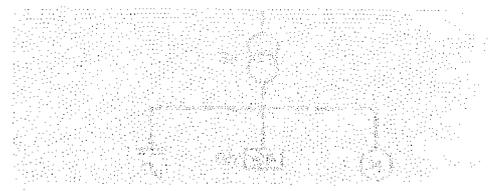


(\*) en cas de Qc / Sn > 50 % il faut utiliser les filtres en complément (voir page 21) et consulter

Équipement 1, Équipement 2	pages 6 et 7
Équipement à puissance	page 8
Équipement	pages 9 et 10

Filtre 2, standard H et SAH	pages 12 à 17
Batteries de compensation statique	page 20
Filtrage des harmoniques	page 21

Composants d'équipements de compensation :	
> Régulateurs	pages 18 à 19



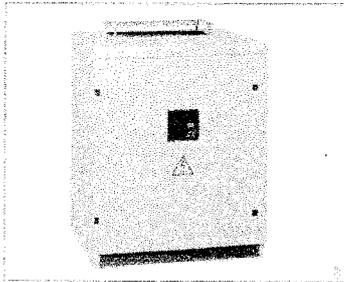
**Sn** : puissance apparente de transformateur.  
**Gh** : puissance apparente des récepteurs produisant des harmoniques (moteur à vitesse variable, convertisseurs statiques, électronique de puissance...)  
**Qc** : puissance de l'équipement de compensation.

# Annexe A3-2

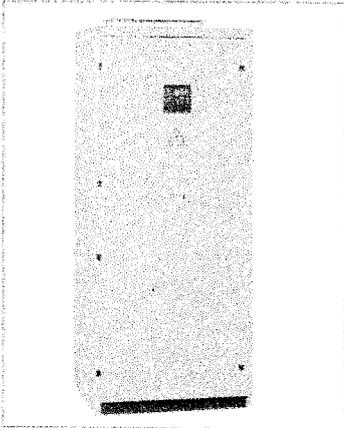
## Compensation automatique

### FIMAT 2 TYPE SAH

Les batteries Fimat 2 sont des équipements de compensation automatique qui se présentent sous la forme d'armoire



Fimat 2 armoire 2



Fimat 2 armoire 2

#### Type SAH

Pour réseaux fortement pollués ( $25 \% < Gh/Sn \leq 50 \%$ )

Fimat 2 400 V (kvar)	470 V (kvar)	Régulation	Réalisation	Disjoncteur préconisé (1)	Réf.
25		2x12,5	Armoire 2	NS100	<b>96577</b>
37,5		3x12,5	Armoire 2	NS100	<b>96578</b>
50		4x12,5	Armoire 2	NS100	<b>96579</b>
62,5		5x12,5	Armoire 2	NS160	<b>96581</b>
75		3x25	Armoire 2	NS160	<b>96582</b>
100		4x25	Armoire 2	NS250	<b>96583</b>
125		5x25	Armoire 3	NS250	<b>96584</b>
150		6x25	Armoire 3	NS400	<b>96585</b>
150		3x50	Armoire 3	NS400	<b>96586</b>
175		7x25	Armoire 3	NS400	<b>96587</b>
200		4x50	Armoire 3	NS400	<b>96588</b>
250		5x50	Armoire 3B	NS630	<b>96589</b>
300		6x50	Armoire 3B	NS630	<b>96590</b>
350		7x50	Armoire 4	C801	<b>96591</b>
400		8x50	Armoire 4	C801	<b>96592</b>
450		9x50	Armoire 4	C1001	<b>96603</b>
500		10x50	Armoire 4	C1001	<b>96604</b>
550		11x50	Armoire 4B	C1251	<b>96669</b>
600		12x50	Armoire 4B	C1251	<b>96671</b>

(1) non fourni

#### Caractéristiques

- tension assignée : 400 V, triphasée 50 Hz.
- fréquence d'accord : 215 Hz.
- tolérance sur valeur de capacité : 0, +10 %.
- classe d'isolement : 0,66 kV.
- tenue 50 Hz 1 min. : 2,5 kV.
- courant maximum admissible :  $1,2 / I_n$  (400 V).
- catégorie de température (400 V) :
- température maximale : 40 °C
- température moyenne sur 24 h : 35 °C
- température moyenne annuelle : 25 °C
- température minimale : -5 °C.
- degré de protection : IP31
- transformateur 400/230 V intégré.
- protection contre les contacts directs (porte ouverte).
- couleur :
- tôle : RAL 9002,
- bandeau : RAL 7021.
- normes : CEI 439-1, EN 60439.

#### Accessoires pour Fimat 2

Accessoire	Réf.
Socle réhausse H = 250 pour armoire SAH L = 800	<b>96999</b>

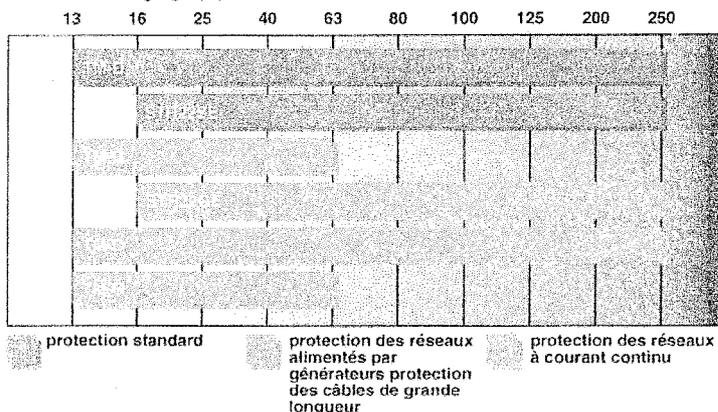
( Document ALSTOM )

## Annexe B3-3

# Déclencheurs TM-D, TM-G, STR22SE/GE Pour Compact NS100 à NS250

Les Compact NS100 à NS250 peuvent être équipés de déclencheurs magnétothermiques TM ou de déclencheurs électroniques STR22SE. Chaque déclencheur se monte indifféremment sur tous les appareils, NS100, NS160 et NS250, de type N, H ou L (à l'exception des déclencheurs de calibre 160 A). Un détrompage mécanique empêche le montage d'un déclencheur sur un disjoncteur de calibre inférieur.

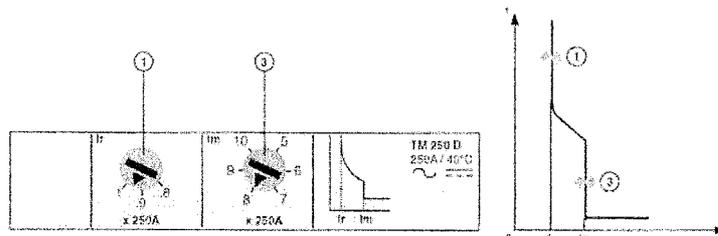
### Courants de réglage (A)



## Déclencheurs magnétothermiques TM

### Protections

- Protection contre les surcharges par dispositif thermique à seuil réglable ①.
- Protection contre les courts-circuits par dispositif magnétique à seuil fixe ou réglable selon les calibres ②.



déclencheurs pour Compact NS100 à NS250 calibres (A) pour disjoncteur		TM16D à TM 250D										TM16G à TM63G					
		In	40 °C	16	25	40	63	80	100	125	160	200	250	16	25	40	63
protection contre les surcharges (thermique)		seuil de déclenchement (A)	Ir	réglable 0,8 à 1 x In										réglable 0,8 à 1 x In			
protection du neutre (A)		4P 3d	sans protection										sans protection				
		4P 3d - Nr					56	56	63	0,5 x Ir							
		4P 4d	1 x Ir										1 x Ir				
protection contre les courts-circuits (magnétique)		seuil de déclenchement (A)	Im	fixe							réglable			fixe			
		NS100	190	300	500	500	630	800					63	80	80	125	
		NS160/250	190	300	500	500	1000	1250	1250	1250	1250	5 à 10 x In	63	80	80	125	