



hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Sommaire

disjoncteur divisionnaire **6000** 10 kA série NE - NF

Documents :

Fiche Ia	- Généralités
	- Composition du produit
Fiche Ib	- Gamme
Fiches IIa - IIb	- Choix des disjoncteurs
Fiches IIIa - IIIb	- Caractéristiques des disjoncteurs
Fiche IVa	- Sous-ensemble thermique
Fiche IVb	- Sous-ensemble magnétique
Fiches Va - Vb	- Chambre de coupure

Transparents couleurs :

- vue éclatée du disjoncteur
- coupe du disjoncteur
- déclenchement thermique du disjoncteur
- déclenchement magnétique du disjoncteur
- courbes de déclenchement
- tension d'arc

Produits

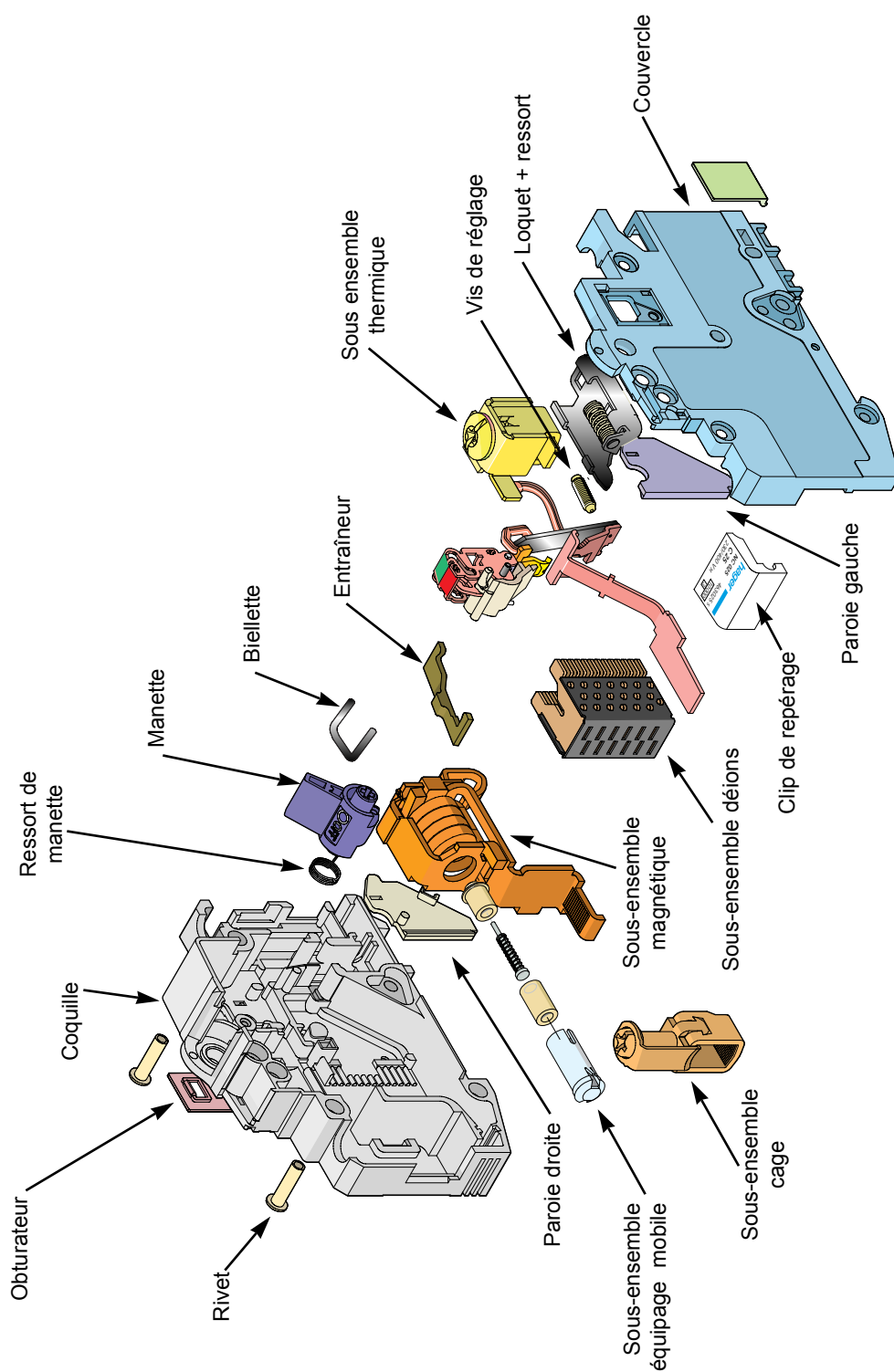
- disjoncteur transparent
- disjoncteur en vrac



hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire





hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Généralités

Le disjoncteur est un appareil électromagnétique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales, mais surtout dans celles dites "anormales", c'est-à-dire :

- surcharge,
- court-circuit.

Il s'ouvre alors automatiquement. Après élimination du défaut, il suffit de le réarmer par une action manuelle sur la manette.

Composition du produit

Il est constitué :

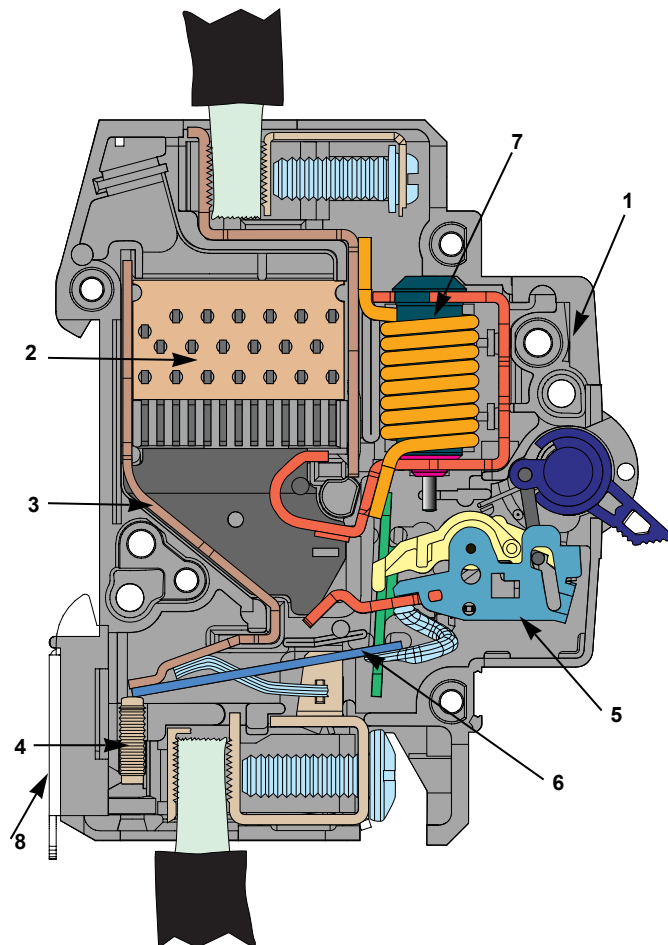
- des pièces enveloppes :
 - coquille (1)
 - couvercle
- de pièces spécifiques :
 - chambre de coupure (2)
 - tôle d'arc (3)
 - vis de réglage (4)
 - sous-ensemble serrure (5)
- d'ensembles variables :
 - sous-ensemble thermique (6)
 - sous-ensemble magnétique (7)

Remarque :

Certains disjoncteurs ne comportent pas de sous-ensemble thermique mais uniquement magnétique (ex : série MN). Ces disjoncteurs sont destinés à la protection des canalisations électriques alimentant les moteurs de désenfumage contre les courants de court-circuit. Ils ne déclenchent pas en cas de surcharge et acceptent les pointes de courant liées au démarrage de ces moteurs.

- de pièces de finition :
 - clip de marquage
 - ressort et loquet bistable (8)

La position bistable du loquet facilite le montage et démontage du disjoncteur sur le rail.





hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Gamme de la série NE - NF

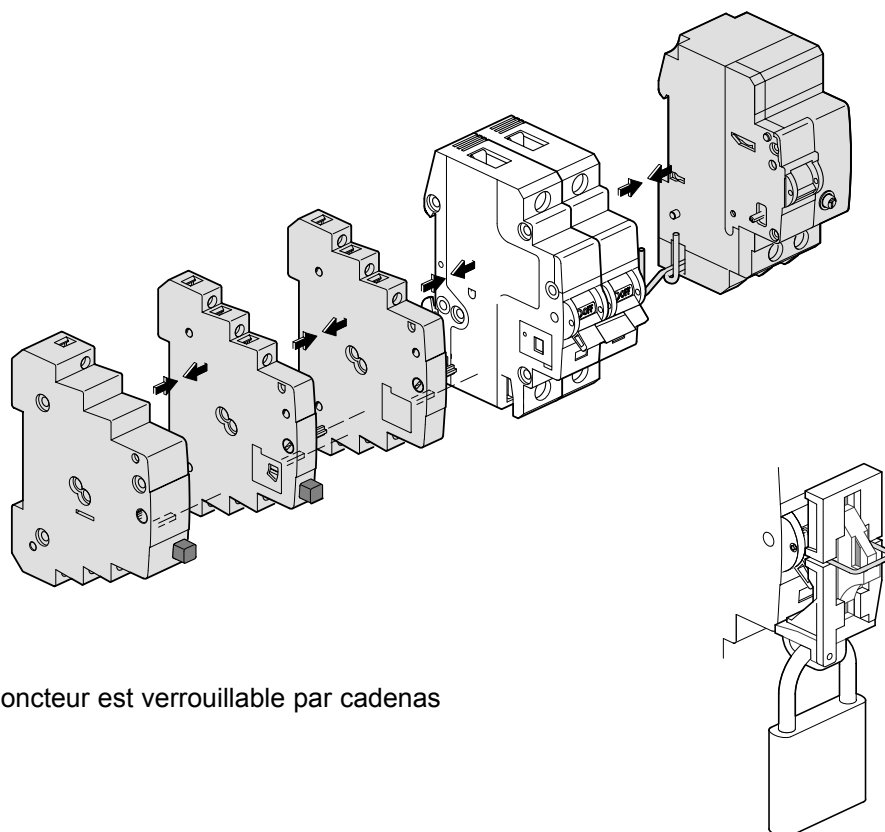
La gamme se compose :

version	pôles	symbole	courbe B	courbe C
unipolaire	1 P.P.		de 6 A à 63 A	de 0,5 A à 63 A
bipolaire	1 P.C. + 1 P.P.		/	de 0,5 A à 63 A
bipolaire	2 P.P.		de 6 A à 63 A	de 0,5 A à 63 A
tripolaire	3 P.P.		de 6 A à 63 A	de 0,5 A à 63 A
tétrapolaire	4 P.P.		de 6 A à 63 A	de 0,5 A à 63 A

On lira : P.P. = Pôle Protégé
P.C. = Pôle Coupé

Cette gamme de disjoncteur est accessoirisable :

- sur sa partie droite : avec des blocs différentiels : 10 mA , 30 mA , 300 mA , 300 mA \bar{S} , 1 A \bar{S}
- sur sa partie gauche : avec des auxiliaires de commande et de signalisation tels que :
 - contact auxiliaire et signal défaut
 - déclencheur à émission de courant ou déclencheur à minimum de tension



Cette gamme de disjoncteur est verrouillable par cadenas



hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Choix des disjoncteurs

Le choix d'un disjoncteur s'effectue en fonction :

- de la norme d'installation : ex NF C 15-100, (installation domestique - type de récepteur - intensité d'emploi - courbes de fonctionnement)
- des normes produits,
- des caractéristiques du réseau (tension, fréquence),
- de l'environnement (type de local, température, section et nature des câbles en aval),
- des impératifs d'exploitation (sélectivité, auxiliaires de commande,...).

• Normes produits

- La NF C 61-410 associée à la norme NF EN 60898 pour les applications domestiques,
- La NF C 63-120 associée à la norme NF EN 60947-2 pour les autres applications.

• Tension nominale

C'est la tension maximale d'utilisation en courant continu ou alternatif. C'est également la tension à laquelle se rapporte le pouvoir de coupure et de fermeture du disjoncteur.

Un disjoncteur peut avoir plusieurs tensions nominales; chacune d'elle correspondant à un pouvoir de coupure différent.

• Courant nominal

C'est le courant que le disjoncteur est capable de supporter dans des conditions d'essais spécifiés en service ininterrompu tout en respectant les limites d'échauffement (température ambiante = 30°C).

Le courant nominal est déterminé en fonction de l'intensité du courant admissible passant dans la section du conducteur à protéger.

• Pouvoir de coupure

C'est l'intensité maximale du courant de court-circuit que peut couper le dispositif de protection sans se détériorer et sans mettre en danger l'entourage, dans les conditions de tension, de $\cos \varphi$ et de court-circuit déterminées par les normes.

Le pouvoir de coupure doit être au moins égal au courant de court-circuit présumé au point d'installation du disjoncteur (**$P_{dc} > I_{cc \max}$**).

• Courbes de fonctionnement

Les normes "produits" disjoncteur imposent au moins l'existence des courbes B, C et D.

On choisira la courbe de fonctionnement du disjoncteur en fonction du type de récepteurs (résistifs, inductifs) et de la ligne à protéger :

- la courbe B : le disjoncteur a un déclenchement magnétique relativement bas (entre 3 et $5 \times I_n$) et permet d'éliminer les courts-circuits de très faible valeur. Cette courbe est également utilisée pour les circuits ayant des longueurs de câbles importantes, notamment en régime TN.
- la courbe C : ce disjoncteur couvre une très grande majorité des besoins (récepteurs inductifs) et s'utilise notamment dans les installations domestiques. Son déclenchement magnétique se situe entre 5 et $10 \times I_n$.
- la courbe D : cette courbe est utilisée pour la protection des circuits où il existe de très fortes pointes de courant à la mise sous tension (ex: moteurs). Le déclenchement magnétique de ce disjoncteur se situe entre 10 et $20 \times I_n$.



hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

• Sélectivité totale

La sélectivité est dite totale entre deux disjoncteurs lorsque, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif de protection aval assure la protection sans provoquer le fonctionnement de l'autre dispositif.

• Sélectivité partielle

La sélectivité est dite partielle entre deux disjoncteurs lorsque, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif aval assure la protection jusqu'à un niveau donné de surintensité sans provoquer le fonctionnement de l'autre dispositif de protection placé en amont.

Au delà, les deux protections déclenchent simultanément.

• Contrainte thermique

Un court-circuit dégage une énergie thermique considérable qui peut être calculée par l'intégrale de Joule : $R \int i^2 dt = R I^2_{eff} t$ (exprimée en A²s).

La contrainte thermique détermine l'aptitude du disjoncteur à limiter l'influence du court circuit sur le fonctionnement ultérieur de la ligne (conducteur + récepteur). C'est cette valeur qui permet de déterminer la sélectivité d'un disjoncteur par rapport à un dispositif de protection amont.

• Intensité crête

C'est la valeur maximale atteinte par l'intensité pendant l'essai. Elle détermine la contrainte électrodynamique subie par la ligne, c'est à dire notamment les contraintes mécaniques exercées sur les conducteurs, les connexions et les jeux de barres ($I_{crête}$ limitée par le disjoncteur < $I_{crête}$ du jeu de barres).

• Disjoncteur limiteur de courant

Disjoncteur qui a la capacité de limiter le courant de court-circuit en amplitude et en temps.

• Coordination

Elle permet d'utiliser un dispositif de protection ayant un pouvoir de coupure inférieur au courant de court-circuit présumé au point où il est installé, à la condition qu'il soit doublé en amont d'un autre dispositif qui possède le pouvoir de coupure requis et que l'énergie que laisse passer le disjoncteur amont soit supportable par le disjoncteur aval.

• Catégories de limitation

Les disjoncteurs ayant un courant assigné jusqu'à 32A et un pouvoir de coupure de 3 - 4,5 - 6 ou 10 kA sont classés en classes de limitation d'énergie (1, 2 ou 3). Ces classes donnent, pour le courant assigné, les valeurs limites (I^2t) de la contrainte thermique d'un disjoncteur. Cette valeur permet de définir les performances de sélectivité.

classe 1 : disjoncteur peu sélectif

classe 2 : disjoncteur moyennement sélectif

classe 3 : disjoncteur très sélectif

• Aptitude au sectionnement

Fonction destinée à assurer la mise hors tension de façon sûre de toute ou une partie d'une installation par rapport à sa source d'énergie (origine de l'installation).

Pour un appareillage à simple coupure, les caractéristiques nécessaires pour garantir cette mise en sécurité sont définies :

- soit de manière explicite dans sa norme produit, (ex NF C 61-410)
- si non, il doit satisfaire à l'ensemble des règles de l'article 537.2 de la NF C 15-100, à savoir :
 - la coupure de tous les conducteurs actifs d'alimentation du circuit considéré
 - une distance minimale entre contact de 4 mm pour la tension nominale de 230/400V
 - un courant de fuite à travers les pôles ouverts inférieur à 0,5mA (à l'état neuf et dans des conditions propres et sèches)
 - une coupure pleinement apparente (marquage avec les symboles graphiques "0 OFF" - "I ON")
 - un dispositif pour éviter toute fermeture intempestive (cadenas, pancarte,...)
 - une protection contre une ouverture accidentelle ou non autorisée

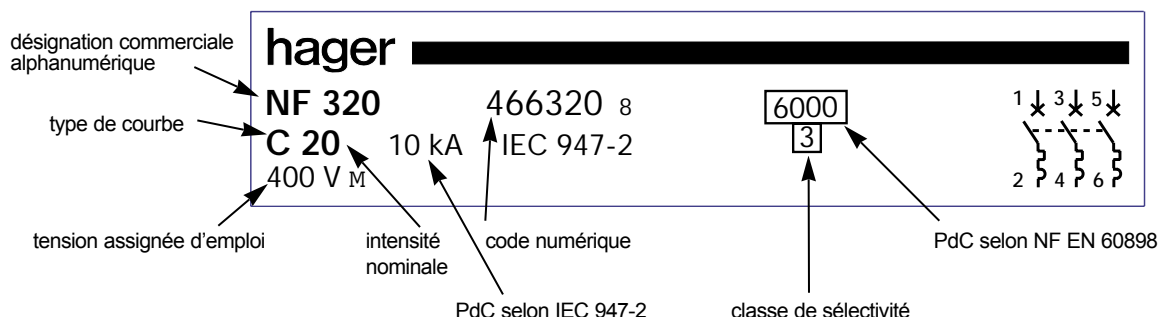


hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Caractéristiques des disjoncteurs (extraits de la NF EN 60947-2)



Les caractéristiques d'un disjoncteur doivent, chaque fois que cela est possible, être indiquées de la façon suivante :

• Type du disjoncteur

- Nombre de pôles
- Nature du courant : alternatif ou continu

• Tensions

- Tension assignée d'emploi (**U_e**)
Pour les appareils multipolaires, elle correspond à la tension entre phases.
- Tension d'isolement (**U_i**)
C'est la tension de référence pour les essais diélectriques.
- Tension de tenue aux chocs (**U_{imp}**)
C'est la valeur crête de la tension de tenue à l'onde de choc 1,2/50 (protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou de manoeuvre) que le disjoncteur peut supporter sans dommage.

• Courants

- Courant thermique conventionnel à l'air libre (**I_{th}**)
(limites de fonctionnement de la zone thermique I_{th1}=1,13I_n I_{th2}=1,45 I_n)
- Courant thermique conventionnel sous enveloppe (**I_{the}**)
Essai d'échauffement si le matériel est décrit comme matériel sous enveloppe dans le catalogue du constructeur et normalement destiné à être utilisé avec une ou plusieurs enveloppes de type et de taille spécifiés.
- Courant nominal (**I_n**)
Courant indiqué par le constructeur comme étant le courant que le disjoncteur peut supporter en service ininterrompu, à une température ambiante de référence spécifiée.

• Fréquence assignée

C'est la fréquence d'alimentation pour laquelle un matériel est établi.
Un même matériel peut avoir plusieurs fréquences assignées. Les valeurs de déclenchement thermique ne sont pas influencées, par contre les valeurs de déclenchement magnétique devront être réajustées.

• Service assigné

- Service continu (8 heures)
Service dans lequel les contacts principaux d'un matériel demeurent fermés, tout en étant parcourus par un courant constant pendant une durée assez longue pour qu'ils puissent atteindre l'équilibre thermique mais ne dépassant pas 8 h sans interruption.
- Service ininterrompu
Fermeture des contacts supérieurs à 8 h (des semaines, des mois ou années)



hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

• Caractéristiques de court circuit

- Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (**Icm**)

C'est la valeur de pouvoir de fermeture en court-circuit pour la tension assignée d'emploi, la fréquence assignée et pour un facteur de puissance spécifié.

Il ne doit pas être inférieur au produit de son pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit (**Icu**) multiplié par un facteur n (1,5 à 2,2).

- Pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit (**Icu**)

C'est la valeur de pouvoir de coupure ultime en court-circuit fixée par le constructeur pour la tension nominale et dans des conditions spécifiées (non encadrée).

Ce courant correspond au cycle d'essai : o - t - co avec :

o : ouverture de l'appareil sur court-circuit

t : 3 mn ou durée du temps de repos entre une ouverture et une fermeture sur court-circuit

c : fermeture de l'appareil sur court-circuit

- Pouvoir assigné de coupure de service en court-circuit (**Ics**)

C'est la performance de coupure en service pour des courants inférieurs à **Icc** (encadrée).

Ce courant correspond au cycle d'essai : o - t - co - t - co

• Catégories d'emploi

Elles permettent de savoir si l'appareil est prévu pour une sélectivité avec d'autres disjoncteurs avals :

- Catégorie A (pas de sélectivité chronométrique)

Disjoncteur non spécifiquement prévu pour la sélectivité en condition de court-circuit, par rapport à d'autres dispositifs de protection montés en série côté aval, c'est-à-dire sans retard intentionnel de courte durée et sans courant assigné de courte durée admissible. Les petits disjoncteurs sont toujours de catégorie A.

- Catégorie B (sélectivité chronométrique)

Spécifiquement prévu pour la sélectivité en condition de court-circuit par rapport à des dispositifs de protection montés en série côté aval, avec un retard intentionnel de courte durée (qui peut être réglable). Ces disjoncteurs ont un courant assigné de courte durée admissible à $12 I_n$ ou 5 kA pour $I_n < 2500$ A et 30 kA pour $I_n > 2500$ A. La sélectivité n'est pas nécessairement assurée jusqu'au pouvoir de coupure ultime en court-circuit (**Icu**) mais elle l'est au moins jusqu'aux valeurs spécifiées plus haut.

• Endurance électrique

Les essais sont destinés à vérifier que le matériel est capable d'établir, de transporter et de couper sans défaillance les courants traversant son circuit principal dans les conditions correspondant à la catégorie d'emploi spécifiée. Ils peuvent se faire à vide (sans courant) et en charge et doivent correspondre à un nombre de cycles donnés par la norme (un cycle : une fermeture suivie d'une ouverture).

• Correction du courant nominal

Une correction du courant nominal est à apporter dans les cas suivants :

- température supérieure à 30° C
- disjoncteurs juxtaposés

• Puissance dissipée par pôle

Par ce biais, on est à même de calculer la température interne d'une armoire de distribution grâce à la puissance d'échauffement par pôle de disjoncteur.

ex : disjoncteur multipolaires 1 A 1,5 W par pôle
disjoncteur multipolaires 100 A 10 W par pôle

• Essai diélectrique en volt sous 50Hz pendant 1 minute

Cet essai consiste à appliquer une tension (ex : 2 500V) durant 1 mn sur le disjoncteur installé dans les conditions normales d'utilisation.

L'essai est jugé satisfaisant s'il n'y a eu, ni déformation du boîtier du disjoncteur, ni contournement du courant vers une pièce métallique extérieure.

Suite à cet essai le constructeur garantit le fonctionnement limite de l'appareillage à la tension U_i pour un régime permanent.



hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Sous-ensemble thermique

But

Provoquer l'ouverture des contacts en cas de surcharge de faible importance.

Moyens

- | | | |
|------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| - bilame (1) | - déclencheur (4) | - sous-ensemble serrure (7) |
| - vis (2) | - bielle (5) | - contact mobile (8) |
| - entraîneur (3) | - ressort de contact (6) | - ressort de rappel de la manette (9) |

Réglage :

Le positionnement de la vis détermine l'origine de la course de la bilame.

Une augmentation du courant par surcharge provoque l'échauffement et la déformation de celle-ci par la dilatation différentielle des deux alliages laminés à froid qui la constituent.

La diversité des calibres peut être obtenue par l'utilisation de bilames dont la partie active a une résistivité différente.

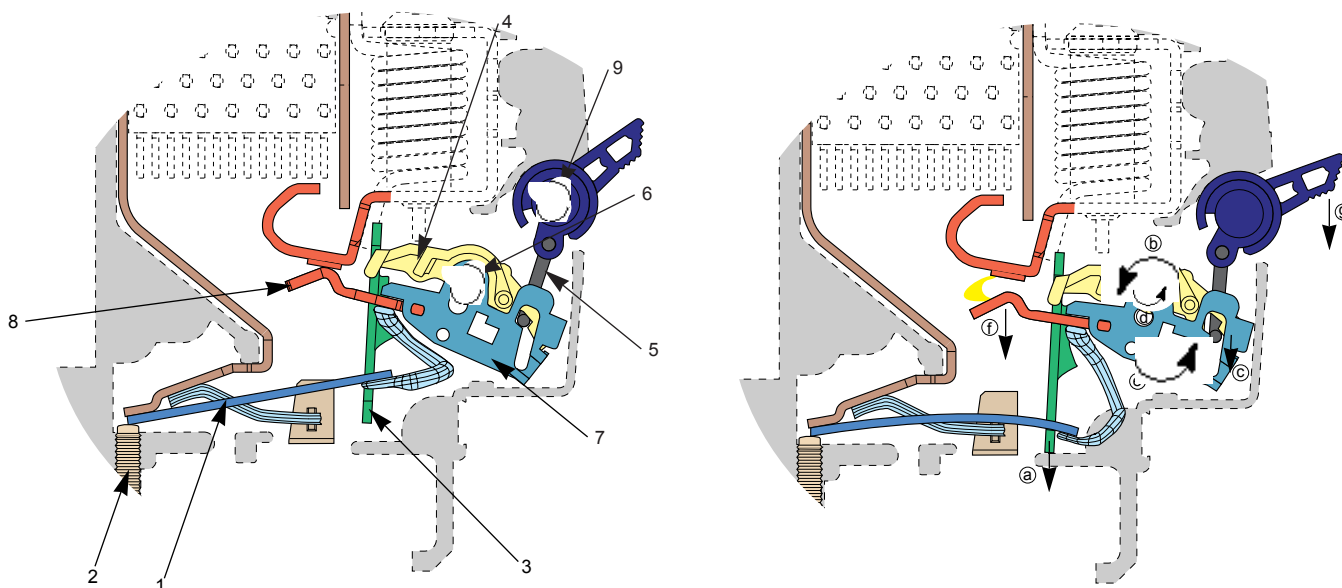
La largeur totale de la bilame reste toutefois constante (5mm dans la grande majorité des cas).

Pour des intensités comprises entre 1,13 In et 1,45 In, le déclenchement du disjoncteur intervient au maximum 1 heure après le début de la surcharge.

Fonctionnement

La dilatation vers le bas du bilame provoque dans l'ordre :

- la descente de l'entraîneur (3)
- la rotation du déclencheur (4)
- la libération de la bielle de son encoche (5)
- la détente du ressort de contact (6)
- la rotation du sous-ensemble serrure (7)
- l'ouverture des contacts (8)
- le déplacement de la manette (9)
- le retour de la bielle dans son encoche (grâce au ressort de rappel de la manette)





hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Sous-ensemble magnétique

But

Provoquer l'ouverture des contacts en cas de surcharge importante ou de court-circuit.

Moyens

- bobine (10)
- noyau mobile (11)
- noyau fixe (12)
- ressort calibré (13)
- percuteur (14)

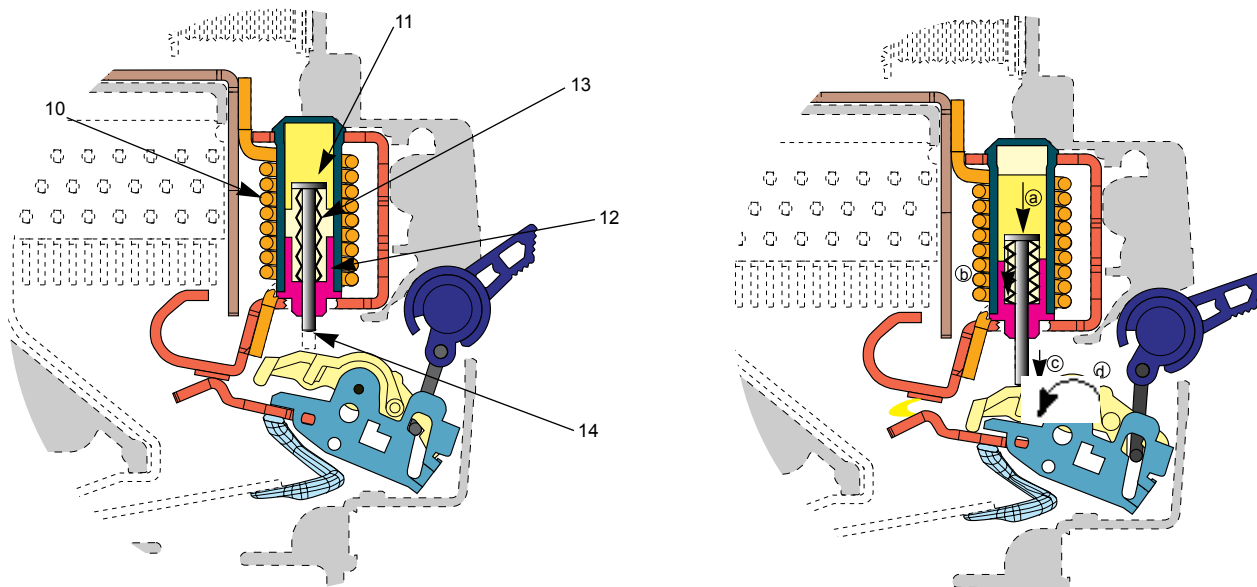
Le champ magnétique créé autour de la bobine est proportionnel au **courant** qui la traverse et au nombre de **spires**.
Le ressort s'oppose à l'attraction du noyau mobile vers le noyau fixe.
Le choix des courbes de déclenchement se fait par l'emploi de ressorts différents.

Fonctionnement

Lors d'un court-circuit important, le champ magnétique qui en résulte produit dans l'ordre :

- a) l'attraction du noyau mobile (11) vers le noyau fixe (12)
- b) la compression du ressort calibré (13)
- c) le déplacement du percuteur (14)
- d) la rotation du déclencheur (4)

L'ouverture des contacts est directement réalisée par l'impact violent du percuteur sur le déclencheur qui répercute cet impact sur les contacts (phénomène "d'arrachage des contacts").



avant déclenchement magnétique

après déclenchement magnétique



hager

enseignement technique

Dossier d'études : le disjoncteur divisionnaire

Chambre de coupure

But

Le rôle de la chambre de coupure est d'attirer et d'éteindre l'arc lors d'un court-circuit qui se développe entre les contacts pendant la coupure.

Moyens

- joues latérales (15)
- tôle d'arc (16)
- tôles de déionisation (17)

Fonctionnement

Dès la séparation des contacts, l'arc est déplacé vers la chambre de coupure sous l'effet de la force dite de Laplace, induite par la géométrie des contacts fixe et mobile.

Au cours du trajet entre les contacts et la chambre, l'arc est canalisé entre deux joues qui permettent :

- d'augmenter sa vitesse de déplacement,
- de guider sa trajectoire,
- de l'allonger.

De par leur constitution et du fait de l'augmentation de température, les joues latérales libèrent un gaz qui contribue à la déionisation de l'air.

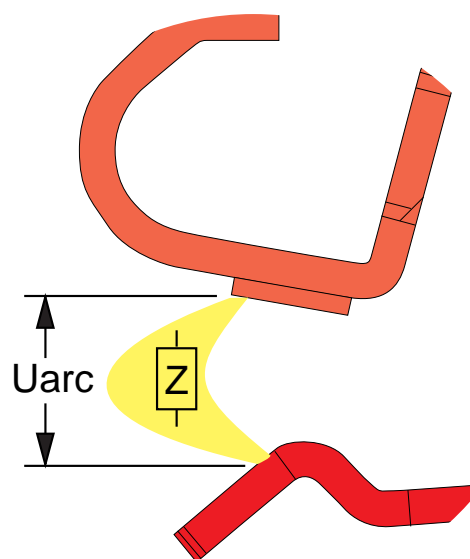
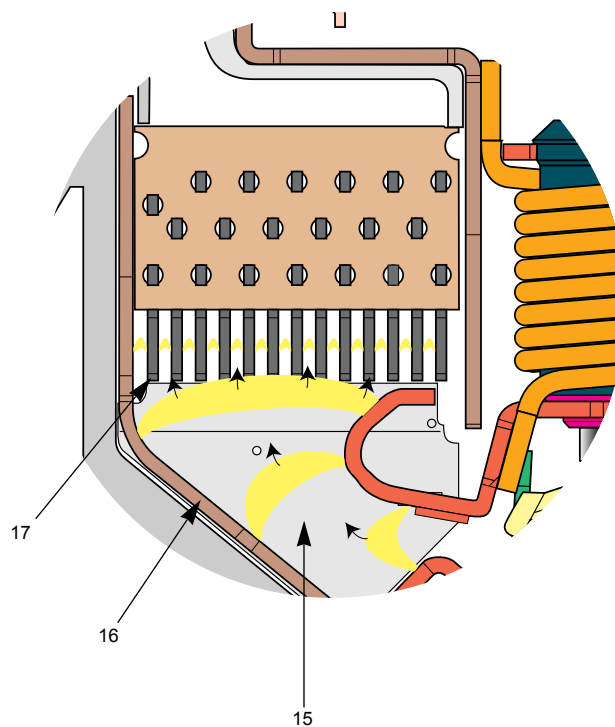
Puis, pénétrant dans les **déions** (languettes d'acier cuivré), l'arc est divisé en plusieurs arcs élémentaires.

La déionisation de l'air à l'intérieur de la chambre est également obtenue par refroidissement et évacuation de l'air ionisé hors du produit.

Pour cela, on utilise la masse des déions et l'échappement vers l'extérieur, sur le haut du produit.

L'arc peut être assimilé à une impédance qui s'ajoute à celle du disjoncteur et qui a pour effet :

- d'une part de limiter la valeur du courant de court-circuit,
- d'autre part de générer une différence de potentiel appelée "tension d'arc" (U_{arc}) entre ses bornes.





Tension d'arc

- 1) Les contacts sont fermés, la tension d'arc est nulle.
- 2) A l'ouverture des contacts, dès détection du court-circuit, une tension d'arc se développe. Dès qu'elle est supérieure à la valeur de la tension du réseau (**point A**), l'intensité de court-circuit diminue (**point B**) jusqu'à la valeur 0 (**point O**).

L'arc est éteint, le courant est coupé.

Ce phénomène a pour effet :

- d'une part de limiter le courant de court-circuit (15 kA présumés sont réduits à 5 kA),
- d'autre part de réduire le temps de coupure du court circuit (10 ms sont ramenées à 5).

Il en résulte que, pour limiter à la fois la valeur du courant (**point B**) et le temps de coupure (**point O**), donc l'énergie dégagée, la tension d'arc doit être le plus rapidement possible **supérieure à la valeur de la tension de réseau (point A)**. Ce principe est utilisé pour la limitation et la coordination des disjoncteurs.

La valeur de cette tension d'arc dépend de trois paramètres sur lesquels il faut agir :

- le nombre de subdivisions de l'arc électrique dans les déions afin de multiplier les chutes de tension anodiques,
- la longueur de l'arc,
- le degré d'ionisation de l'air à proximité de l'arc.

