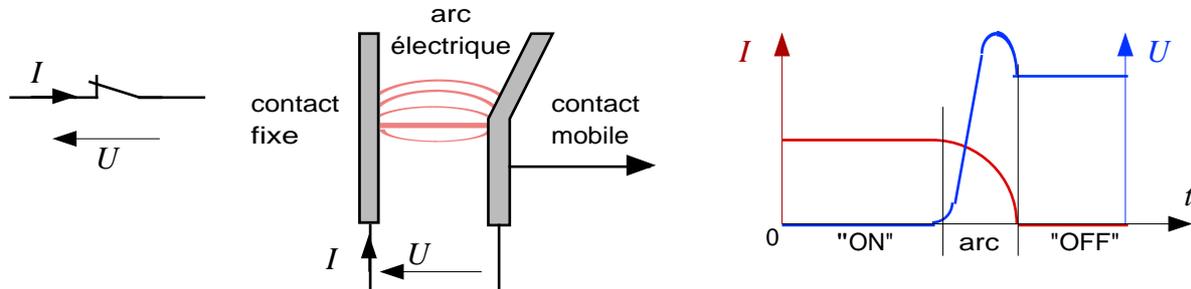


C12 - Appareillage de commande et de protection

• Appareillage de commande

Avant-propos : arc électrique à l'ouverture d'un circuit



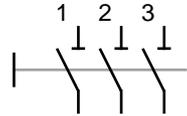
- Entre deux électrodes planes soumises à une ddp U et séparées d'une distance d existe un champ électrique $E = U / d$ (exprimé en $V.m^{-1}$). Si la valeur de ce champ est élevée, un arc électrique se forme, résultat de l'ionisation de l'air (tension disruptive ou rigidité diélectrique de l'air sec : $E_{max} \approx 3 \text{ kV/mm}$ - cf § A11).
- Lors d'une manœuvre de coupure d'un circuit par un interrupteur, l'arc prend naissance dès la séparation des contacts, même sous une faible tension (qq 10 V).
- En outre, l'apparition de l'arc est facilitée si le circuit (parcouru par un courant I) est inductif, car une surtension proportionnelle au facteur $L \, dI / dt$ est générée au moment de la coupure.
- L'arc électrique est un milieu conducteur, de température élevée (jusqu'à 5000°C). **On doit considérer que le circuit n'est réellement coupé qu'à l'extinction de l'arc.**
- En l'absence de précautions particulières, l'arc peut entraîner la soudure des électrodes.
- Extension de l'arc :
 - . La longueur de l'arc augmente avec la tension à couper.
 - . La section de l'arc augmente avec le courant à couper.
- Extinction de l'arc :
 - . Vitesse de coupure élevée : séparation rapide des électrodes de l'interrupteur.
 - . Allongement et fractionnement de l'arc par des électrodes intermédiaires ($U > \text{qq kV}$).
 - . Soufflage de l'arc par courant d'air ou par effet magnétique ($I > \text{qq kA}$).
 - . Choix du diélectrique : substitution d'hexafluorure de soufre (SF_6) à l'air (pour interrupteurs de forte puissance). Ce gaz chimiquement inerte présente des qualités diélectriques et un pouvoir d'extinction très supérieur à l'air.

Sectionneur

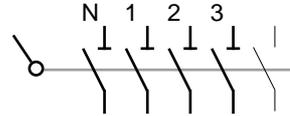
- Fonction : *séparation* entre la partie amont sous tension et la partie aval d'un circuit.
- Réalisation : *sectionnement* du circuit A VIDE par coupure de tous les conducteurs de phase et du conducteur de neutre s'il existe (mais PAS du conducteur de protection PE).
 - ⚠ ⇒ Un sectionneur n'étant pas prévu pour couper un circuit en charge, son pouvoir de coupure ou de fermeture est très faible. **NE JAMAIS ACTIONNER UN SECTIONNEUR EN CHARGE.**
- Fonctionnalités supplémentaires :
 - . le sectionnement est *visible*, par observation des contacts ou du levier de commande.
 - . *verrouillage* possible par un cadenas en position ouvert pour *consignation*.
 - . un ou des *contact(s) auxiliaire(s)* permet de couper le circuit de commande qui est associé

au circuit principal d'un équipement. Par construction du sectionneur, l'ouverture de ce contact s'effectue *avant* l'ouverture des contacts principaux. L'ouverture du circuit de commande de l'équipement entraînant l'ouverture de son circuit de puissance, celui-ci n'est donc jamais ouvert en charge.

Inversement, à la mise sous tension, le contact auxiliaire est fermé *après* la fermeture des contacts principaux.



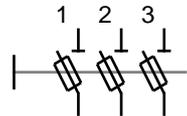
sectionneur à commande manuelle
(symbole général), 3 phases



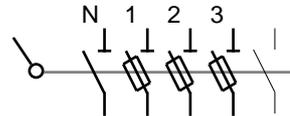
sectionneur à levier, 3 phase + neutre,
avec contact auxiliaire

Sectionneur porte-fusible

- Fonction : séparation et protection
- Réalisation : adjonction de *fusibles* sur les pôles du sectionneur (conducteurs de phase, mais non du neutre).

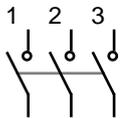


sectionneurs porte-fusible

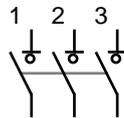


Interrupteur-sectionneur

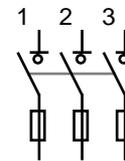
Fonction : *interruption*, c'est-à-dire ouverture / fermeture manuelle du circuit EN CHARGE et *séparation*. Exemples d'application : manœuvre, arrêt d'urgence.



interrupteurs



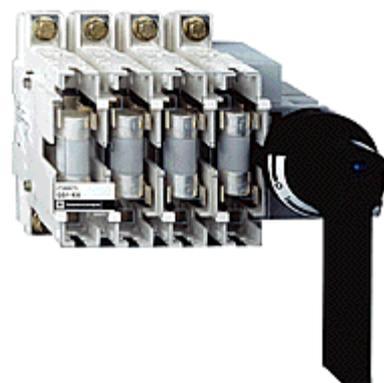
interrupteurs-sectionneurs



interrupteurs-sectionneurs à fusibles



sectionneur tripolaire 690V 25A,
ref Schneider LS1-D25

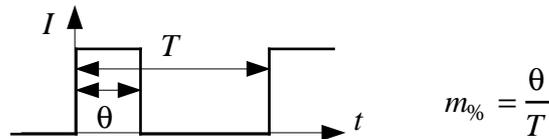


interrupteur-sectionneur porte-fusibles tétrapolaire
750V 125 A avec levier de commande, *ref* Schneider GS1-K4

Contacteur

- Fonction : *commutation* (ouverture / fermeture d'un circuit en charge commandée à distance).
- Réalisation : *commande à relais électromagnétique*. Le circuit de commande est isolé du circuit de puissance.

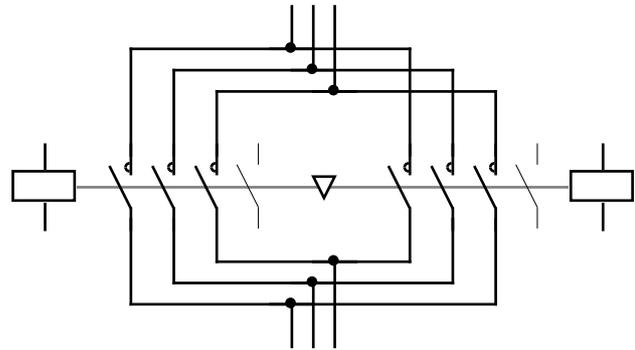
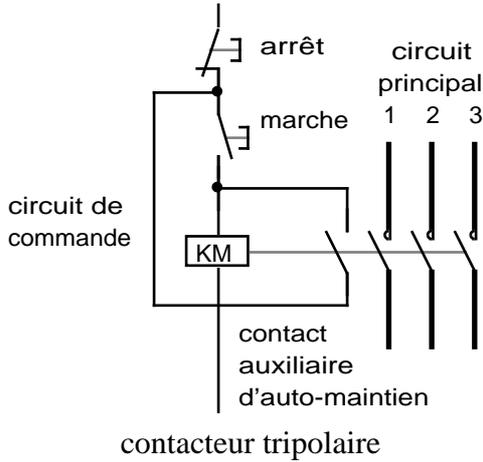
- Paramètres caractéristiques (norme IEC 947, extrait) :
 - . Température ambiante : $-5\text{ °C} / +55\text{ °C}$ (valeurs typiques)
 - . Courant thermique conventionnel (I_{th}) : valeur du courant qu'un contacteur en position fermée peut supporter pendant 8 heures sans que l'échauffement de la bobine ne dépasse 90 °C . NB : $I_{th} > I_e$.
 - . Caractéristiques électriques assignées : valeurs nominales d'emploi du courant (I_e), de la tension (U_e , entre phases en triphasé), de la puissance. Dépendent du facteur de marche et de la catégorie d'emploi.
 - . Impédance des pôles : $\underline{Z} = R_{résiduelle} + j\omega L_{résiduelle}$ d'un pôle à 50 Hz, pour I_e .
- Critères de choix d'un contacteur :
 - . Facteur de marche : rapport m entre la durée θ de passage du courant pendant un cycle de manœuvre et la durée T de ce cycle ($\Leftrightarrow m \approx$ rapport cyclique)



- . Fiabilité, ou durabilité électrique (resp. mécanique) : nb moyen de cycles de manœuvre en charge (resp. à vide) que les pôles sont susceptibles d'effectuer sans entretien.
- . Catégorie d'emploi : elle dépend du type de moteur et du service désiré. Tableau :

Catégorie	Description	Fermeture / Ouverture	Exemples
Alt.	AC1 tout récepteur tel que : $\cos \phi \geq 0,95$		Chauffage, éclairage, distribution
	AC2 Commutation en régime sévère des moteurs asynchrones à bagues		Coupure en cours de démarrage, inversion rapide de marche, marche par à-coups, freinage en contre-courant
	AC3 Commutation des moteurs asynchrones à cage dont la coupure s'effectue moteur lancé		Tous moteurs à cage courants: pompe, compresseur, malaxeur, climatiseur, bande transporteuse, élévateur
	AC4 Commutation en régime sévère des moteurs asynchrones à cage		Coupure en cours de démarrage, inversion rapide de marche, marche par à-coups, freinage en contre-courant
Cont.	DC1 tout récepteur tel que : $\tau = L/R \geq 1\text{ ms}$	comme AC1	Charges résistives ou peu inductives
	DC3 Commutation en régime sévère des moteurs shunt $\tau = L/R \leq 2\text{ ms}$	comme AC2	Démarrage, inversion rapide, marche par à-coups, freinage en contre-courant
	DC5 Commutation en régime sévère des moteurs série $\tau = L/R \leq 7,5\text{ ms}$	comme AC2	Démarrage, inversion rapide, marche par à-coups, freinage en contre-courant

Schémas :



contacteur tripolaire

contacteur-inverseur tripolaire

Exemples : **Contacteur tripolaire** (ref Schneider LC1-K0610)

Circuit de commande en courant alternatif

Température ambiante : -25...+50°C

Durabilité : 10 millions de cycles

Cadence maximale de fonctionnement : 3600 cycles par heure

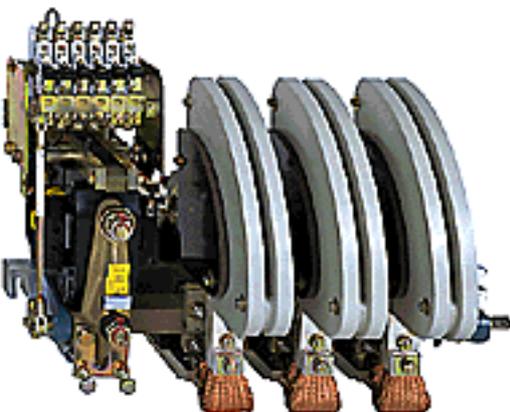
Courant thermique conventionnel : 20 A

Tension assignée d'emploi : 690 V



AC-1	courant assigné	m		
	d'emploi maxi (A)	90%	60%	30%
	nb cycles /h : 300	13	15	18
	120	15	18	19
	30	19	20	20
AC-3	puissance assignée	% de Pe		
	d'emploi Pe : 3 kW			
	nb cycles /h : 1200	50		
	900	75		
	600	100		

Cas des fortes intensités : **Contacteur tripolaire** (ref Schneider LC1BL33)



Circuit de commande en courant alternatif

Température ambiante : ≤ 40°C

Tension assignée d'emploi : 1000 V

AC-1 : courant assigné d'emploi : 800 A

AC-3 : courant assigné d'emploi : 750 A (≤ 440 V)

puissance d'emploi : 450 kW (≤ 440 V)

cadence maxi de fonct^t : 120 cycles / heure

durabilité : 1 millions cycles

AC-4 : courant coupé maximal : 4320 A (≤ 440 V)

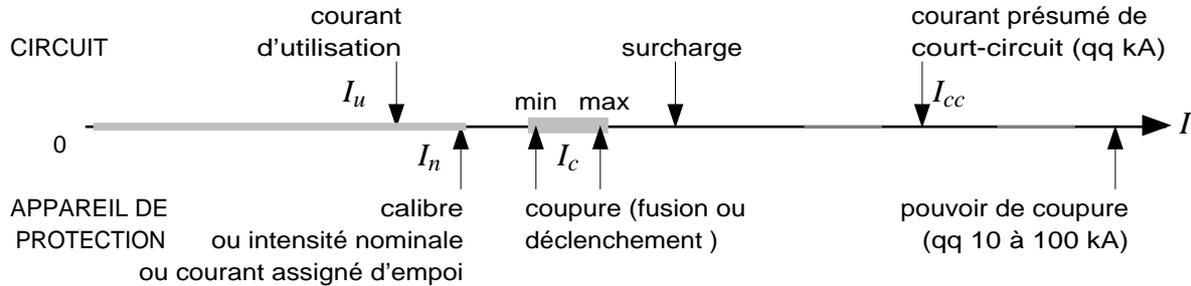
puissance d'emploi maxi : 160 kW (≤ 440 V)

durabilité maxi : 0,6 millions cycles

• **Appareillage de protection**

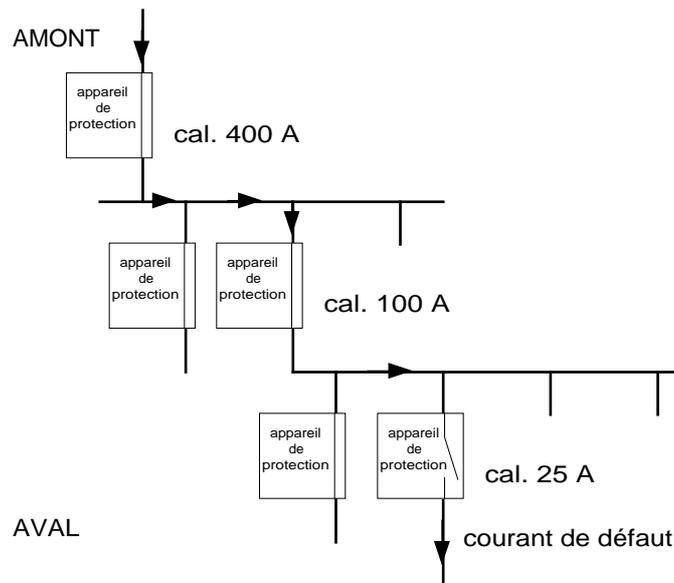
Généralités

Déclenchement des appareils de protection en cas de surintensité



- . Fonctionnement normal : courant d'utilisation \leq calibre de l'appareil de protection.
- . Surintensité passagère : démarrage moteur, connexion transformateur, etc. Pas de coupure.
- . Surintensité anormale :
 - . Surcharge : échauffement thermique, puissance demandée excessive... Coupure après un certain délais.
 - . Court-circuit. Coupure immédiate.
- . Coupure : le fonctionnement de l'appareil de protection est assuré pour un courant donné dans un certain intervalle, qui correspond à une plage de réglage dans le cas d'un disjoncteur ou à une zone de fonctionnement indéterminé dans le cas d'un fusible.
- . Pouvoir de coupure : courant maximal qu'un dispositif de protection peut couper (exprimé en kA)

Association des appareils de protection : sélectivité et filiation

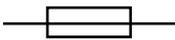


Un courant traverse en général plusieurs appareils de protection en série, dont les calibres sont calculés et répartis en fonction des différents circuits à protéger. En cas de surintensité il y a bonne *sélectivité* lorsque seul l'appareil protégeant le circuit en défaut fonctionne. Mais il faut aussi assurer la protection de l'installation en cas de fort court-circuit : c'est le

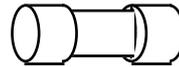
rôle de la *filiation*.

- . Sélectivité ampèremétrique : répartition des valeurs de courant d'emploi :
calibre AMONT > calibre AVAL (typiquement : cal. amont ≈ 2 x cal. aval)
- . Sélectivité chronométrique : échelonnement des temps de déclenchement :
délai de coupure AMONT > délai de coupure AVAL (temporisation sur ap. amont)
- . Filiation : utilisation répartie des pouvoirs de coupure des appareils de protection :
pouvoir de coupure AMONT > pouvoir de coupure AVAL

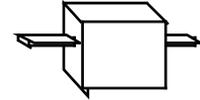
Fusible

Schéma : 

boîtiers :

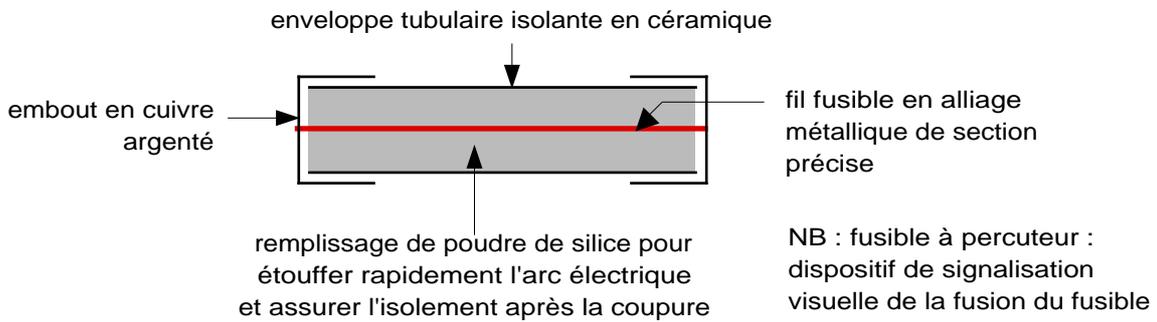


cartouche cylindrique



cartouche à couteau

Constitution :



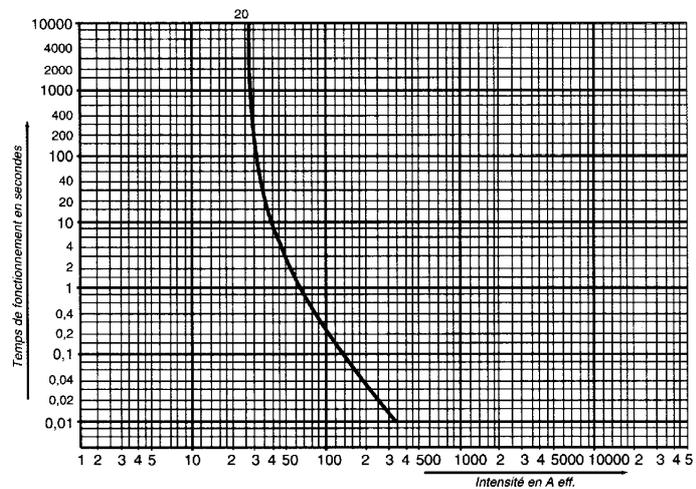
Fonction : protection des lignes de distribution ; pouvoir de coupure élevé.

Types :

- . gG (*anciennement dénommés gl*) : usage général. Marqués en noir.
- . Am (*Accompagnement Machine*) : supportent une surcharge passagère (pour démarrage moteur). Marqués en vert.

Caractéristiques :

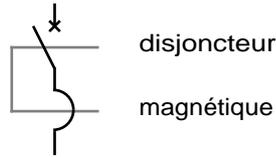
- . Courant de non-fusion I_{nf} : courant qui peut être supporté par le fusible pendant un temps spécifié sans fondre.
- . Courant de fusion I_f : courant qui provoque la fusion avant la fin d'un temps spécifié.
- . Caractéristique temps de fusion / courant coupé :



(fusible cal. 20 A type gG, doc. Legrand)

Disjoncteur à déclenchement électromagnétique (ou déclencheur magnétique)

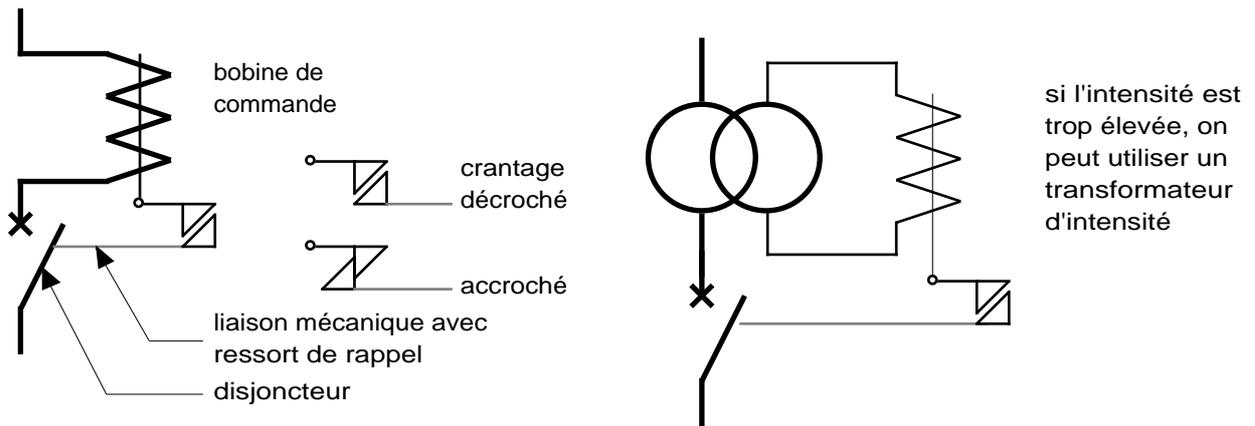
Schéma :



Fonction : protection contre les courts-circuits :

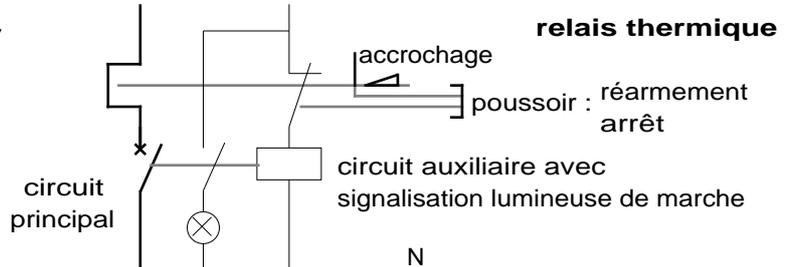
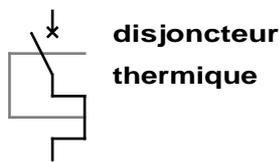
- court-circuit impédant ($10 < I_{cc} < 50 I_n$) : souvent provoqué par la détérioration des isolants des conducteurs (bobinages moteur...)
- court-circuit ($I_{cc} > 50 I_n$) : provoqué par exemple par une erreur de connexion au cours d'une opération de maintenance.

Constitution :



Disjoncteur à déclenchement thermique ; relais thermique :

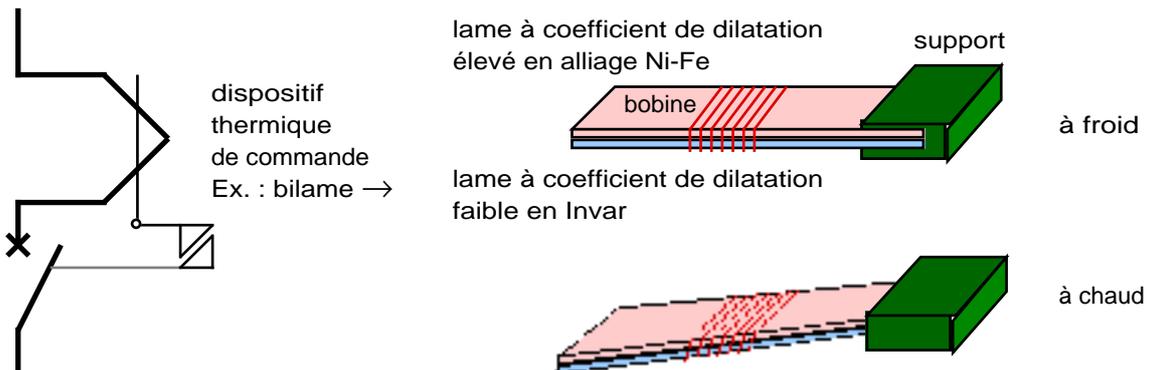
Schémas :



Fonctions : - protection contre les surcharges dues à une anomalie du réseau (surtension...) ou à une cause mécanique (couple résistant excessif au démarrage d'un moteur par exemple).
Exemple : déclenchement à $7,2 I_n$ entre 2 et 10 s.

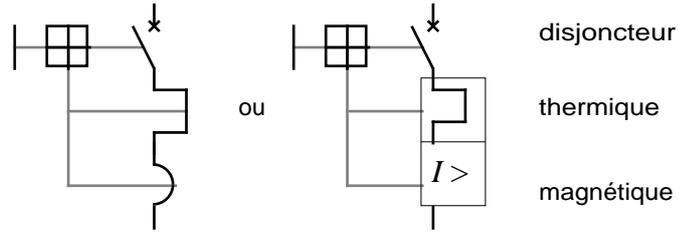
- disjoncteur à déclenchement thermique : coupure directe du circuit principal.
- relais thermique : coupure du circuit auxiliaire, par exemple le circuit de commande du contacteur principal d'un départ moteur.

Constitution :

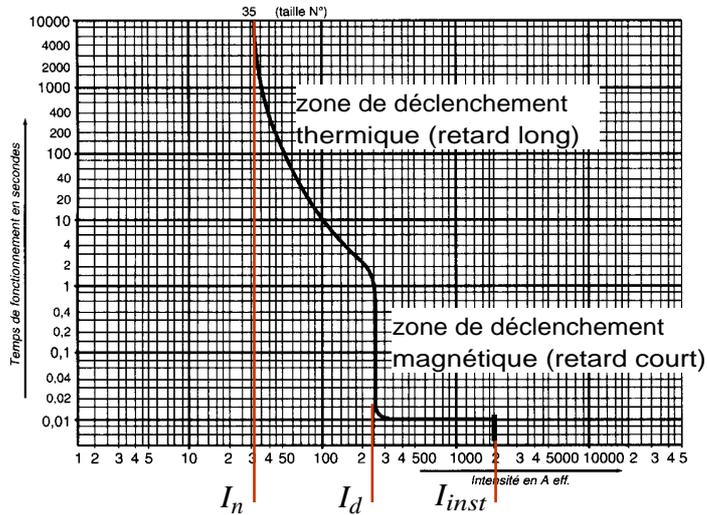


Disjoncteur magnéto-thermique

Schéma : association d'un disjoncteur thermique et d'un disjoncteur électromagnétique.



Courbe de déclenchement :



Caractéristiques :

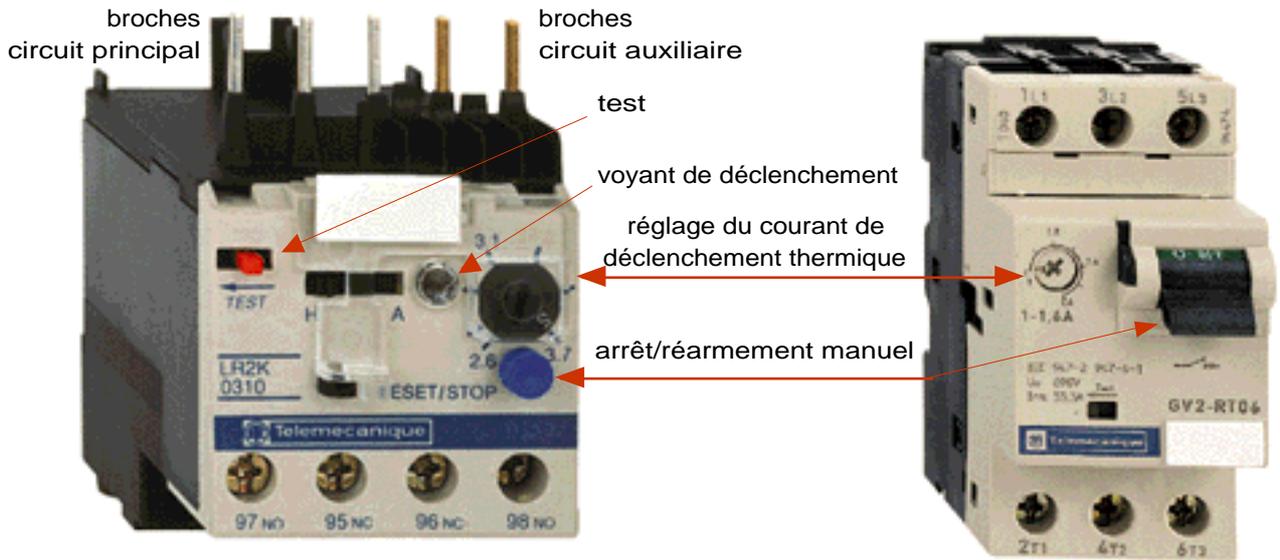
- . Calibre I_n : courant nominal ou courant assigné d'emploi
- . Courant de réglage I_r : réglage du déclenchement thermique : typiquement, $0,1I_n \leq I_r \leq I_n$
- . Courant de déclenchement magnétique I_d . En général, $I_d \approx 10$ à $20 I_n$
- . Courant de déclenchement instantané I_{inst} : n'existe que sur les disjoncteurs électroniques. Il correspond à une coupure immédiate en cas de fort court-circuit.
- . Tension assignée d'emploi, pouvoir de coupure : voir fusibles.

Types :

- Courbe Z : $I_d \approx 2,4$ à $3,6 I_n$ protection des circuits électroniques
- Courbe B : $I_d \approx 3$ à $5 I_n$ protection des générateurs, des personnes, des grandes longueurs de câbles en régime TN et IT
- Courbe C : $I_d \approx 5$ à $10 I_n$ protection des récepteurs classiques, usage général
- Courbe D : $I_d \approx 10$ à $14 I_n$ protection des récepteurs à fort courant d'appel (moteurs, transformateurs,...)
- Courbe MA : $I_d = 12 I_m$ déclencheur magnétique seul (pas de protection thermique) : protection des démarreurs de moteur.

Exemples (cf page suivante) :

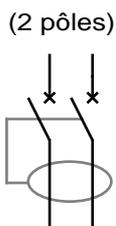
	relais thermique tripolaire	disjoncteur magnéto-thermique tripolaire
ref	Schneider LR2-K0310	Schneider GV2-RT06
I_n	3,7 A	1,6 A
I_r	2,6... 3,7	1... 1,6 A
I_d	-	33 A = $20 I_n$ (spécial pour moteurs à fort courant de démarrage)



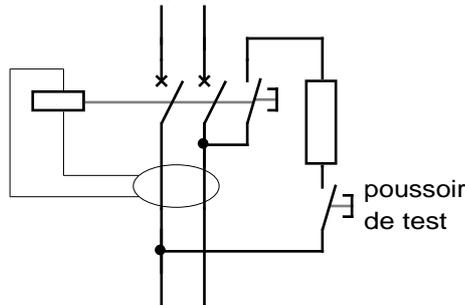
Disjoncteur différentiel (DDR : Dispositif Différentiel Résiduel)

Schémas :

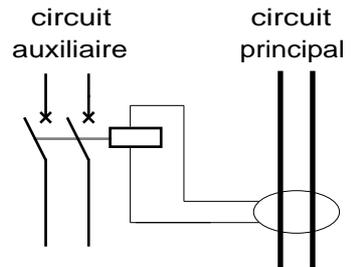
symbole général



DDR avec système de test



DDR à circuits séparés



Fonction : protection des personnes en régime TT contre les contacts indirects ; protection complémentaire des équipements.

Fonctionnement : mesure la somme vectorielle des intensités des courants parcourant une ligne de distribution. En fonctionnement normal, on doit avoir :

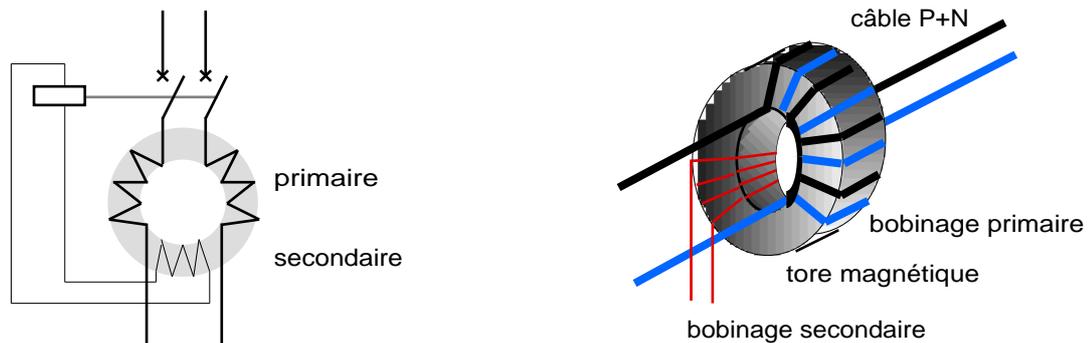
monophasé $\vec{I}_1 + \vec{I}_N = 0$

triphase sans neutre $\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_N = 0$

triphase avec neutre $I_1 + I_2 + I_3 + I_N = 0$

Sur un tore magnétique sont bobinés 2, 3 ou 4 enroulements primaires et un enroulement secondaire connecté à un relais déclencheur. En cas de défaut, la somme des courants induit une fem dans le secondaire qui actionne le relais.

Constitution (DDR 2 pôles) :

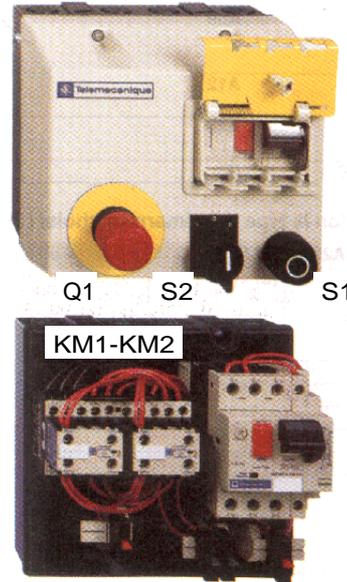
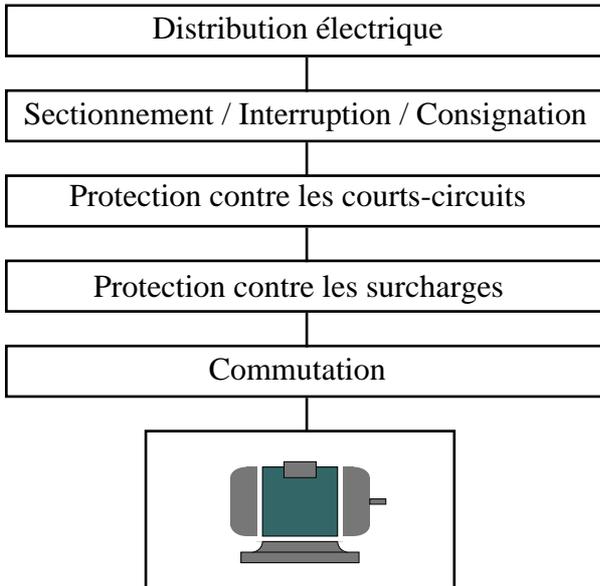


Caractéristiques :

- . Calibre, tension assignée d'emploi, pouvoir de coupure : comme précédemment.
- . Courant différentiel résiduel assigné ($I\Delta n$) : valeur efficace nominale de la somme vectorielle des courants mesurés assurant avec certitude le déclenchement du disjoncteur. En outre, ce déclenchement ne peut avoir lieu pour un courant différentiel résiduel $\leq I\Delta n / 2$.

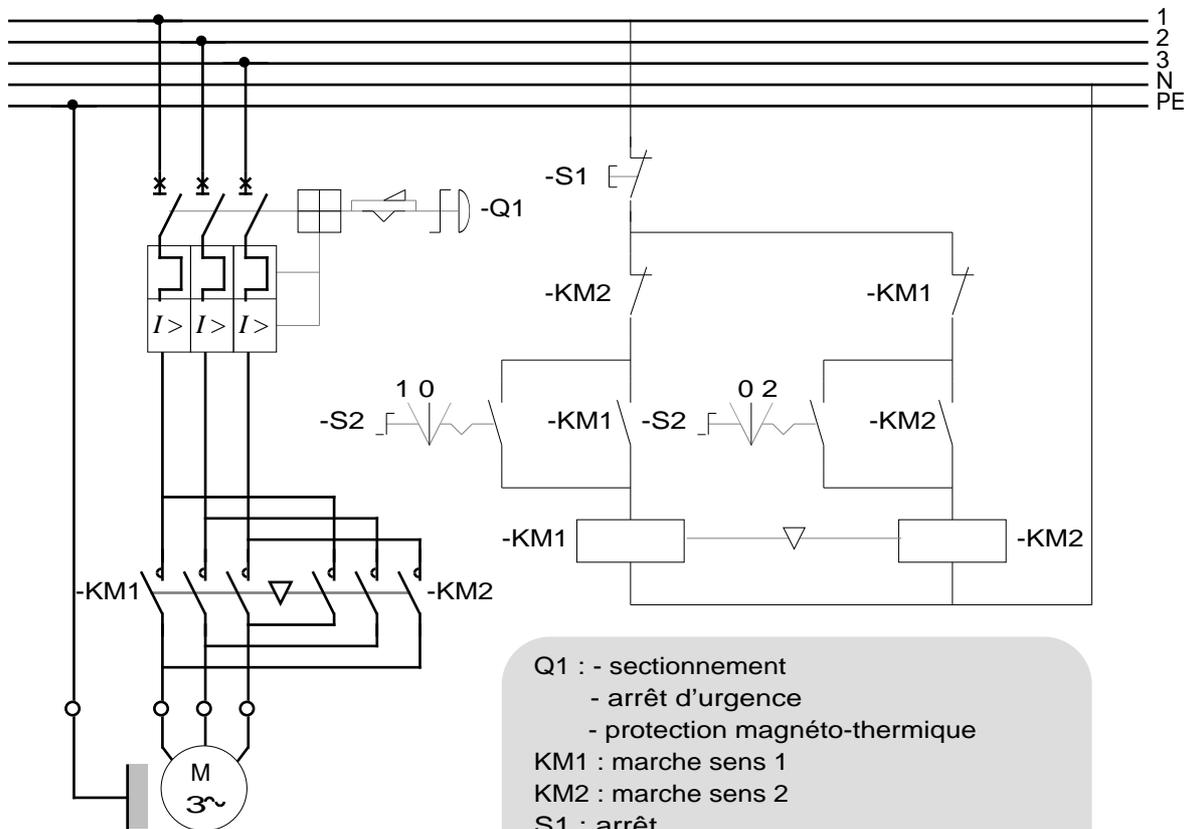
• **Exemple : coffret de démarrage de moteur asynchrone triphasé à cage**

ref Schneider LG8-K06 : démarreur direct 2 sens de marche. En AC-3 : 0,06/0,09 kW 230/400 V



sectionneur avec volet de cadenassage pour consignation

sectionneur



- Q1 : - sectionnement
- arrêt d'urgence
- protection magnéto-thermique
- KM1 : marche sens 1
- KM2 : marche sens 2
- S1 : arrêt
- S2 : commande par bouton tournant "1-2" à position non maintenue

C12 - Certification à la prévention du risque électrique

AVANT-PROPOS (à lire attentivement)

Arrêté du 8 septembre 1999 du Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie concernant le BTS CIRA – Programme de l'enseignement en STS CIRA – discipline Physique Appliquée (extrait) :

C.1.2. : Etre "habilitable" à intervenir sur des appareils et des équipements électriques conformément au décret du 14/11/1998. En cours on dispense la formation aux risques d'origine électrique, certifiant l'étudiant au niveau BR conformément à la norme UTE C 18-510.

Cette section introduit, en les résumant, aux publications de l'UTE :

C 18-510 : Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique

C 18-530 : Carnet de prescriptions de sécurité électrique destiné au personnel habilité (B0, H0, B1, H1, BR)

Union Technique de l'Électricité, BP23, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

 ***Cette introduction didactique ne saurait EN AUCUN CAS dispenser le lecteur de se référer aux publications sus-mentionnées.***

Cette introduction contient et/ou commente des *extraits* des dispositions qui intéressent les personnels de catégorie BR. En outre ont été ajoutés des éléments relevant d'autres habilitations (notamment § V : travaux sous tension) pour compléter l'exposé des principes des règles de la sécurité électrique.

Cette introduction reprend la numérotation des chapitres de la publication UTE C 18-510.

I - GÉNÉRALITÉS

Domaine d'application

Opérations *sur* ou *au voisinage* des ouvrages électriques en exploitation.



Il y a mise en exploitation d'un ouvrage électrique *dès sa première mise sous tension*.

Opérations d'ordre électrique

Doivent être confiées à des personnes qualifiées dans le domaine électrique, et habilitées vis-à-vis des risques électriques.

Opérations d'ordre non électrique (ex. : peinture, maçonnerie, nettoyage, ...)

Peuvent être confiées à des personnes non qualifiées dans le domaine électrique, *mais* habilitées vis-à-vis des risques électriques ou placées sous la surveillance d'une personne compétente en matière de sécurité électrique.

Travail en équipe

Une équipe d'exécutants est obligatoirement dirigée par un *chargé de travaux* ou par un *chargé d'interventions*.

II - DOMAINES DE TENSION ET DÉFINITIONS

Domaines de tensions en AC (rappel, cf § C11) : $TBT < 50 V_{\text{eff}} < BT < 1000 V_{\text{eff}} < HT$

Définitions

- **Ouvrage électrique** : tout type d'installation ou d'équipement électrique.
- **Installation électrique** : matériels qui *transforment* et *distribuent* l'énergie électrique.
- **Équipement électrique** : matériels qui *utilisent* l'énergie électrique.
- **Travaux** : réalisation, modification, maintenance d'ouvrages électriques.
- **Intervention** : opération de courte durée sur un *sous-ensemble* d'ouvrage électrique.
- **Manœuvre** : opération conduisant à un changement de la configuration d'un sous-ensemble.
- **Mesurages, Essais, Vérifications** : sens usuels
- **Consignation électrique d'un ouvrage** : opération destinée à assurer la protection des personnes, des installations et des équipements contre les conséquences de tout maintien accidentel ou de tout retour intempestif de la tension sur cet ouvrage.
- **Voisinage** : au sens de travail sur des pièces hors tension dans l'environnement immédiat de pièces nues sous tension.
- **Distance minimale d'approche** : distance définie dans le domaine HT par rapport aux pièces nues sous tension en deça de laquelle tout travail est équivalent à un travail sous tension.

III - FORMATION ET HABILITATION

Habilitation

Reconnaissance par l'employeur de la capacité d'une personne à accomplir en sécurité les tâches fixées.



L'habilitation n'autorise pas, à elle seule, un titulaire à effectuer de son propre chef des opérations pour lesquelles il est habilité. Il doit en outre être désigné par son employeur pour l'exécution de ces opérations.

Symboles d'habilitation

Habitations des personnels	Opérations							
	Travaux						Interventions	
	hors BT	tension HT	au BT	voisinage HT	sous BT	tension HT	BT	HT
Non électricien	B0	H0	B0V	H0V	-	-		
Exécutant électricien	B1	H1	B1V	H1V	B1T	H1T		
Chargé de travaux	B2	H2	B2V	H2V	B2T	H2T		
Chargé d'interventions							BR*	-
Chargé de consignation							BC	HC

(*) BR : interventions de dépannage ou de raccordement, mesurages, essais, vérifications (n'est défini qu'en BT). Voir § VII et VIII.

 Le titulaire d'une habilitation BR a l'habilitation B1 et peut remplir les fonctions du chargé de consignation.

NB : *Habilitation spéciale* : une mention explicite supplémentaire peut être portée sur le titre d'habilitation en vue de répondre aux exigences de certaines opérations spéciales.

IV - TRAVAUX HORS TENSION

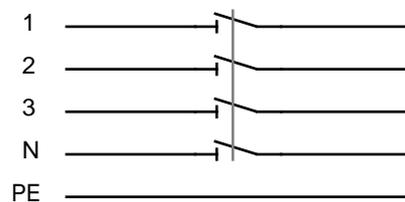
- Les habilités B0, B1, H0 et H1 ne doivent commencer les travaux qu'après en avoir reçu l'ordre exprès du *chargé de travaux* ou du *chargé d'interventions*.
- Cet ordre doit être accompagné des indications permettant de délimiter la *zone de travail* (cf § VI).
- Cet ordre ne devra être donné qu'après *consignation* de l'ouvrage.

Consignation

1) Séparation

Exemples d'organes de séparation de l'ouvrage des sources de tension :

- sectionneur
- disjoncteur / sectionneur
- interrupteur / sectionneur



 L'ouverture d'un sectionneur est obligatoirement effectuée à l'arrêt ou à vide.

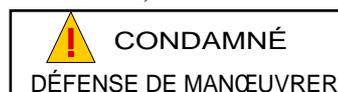
 La séparation est effectuée sur tous les conducteurs actifs, y compris le neutre (exception : le neutre ne doit pas être coupé en BT en cas de schéma TNC).

 Le conducteur de protection (PE) n'est jamais coupé.

2) Condamnation

La condamnation en position d'ouverture a pour but d'interdire la manœuvre de l'organe de séparation.

- Immobilisation de l'organe (exemple : cadenas)
- Signalisation (exemple : pancarte)



3) Identification

L'identification de l'ouvrage a pour but d'être certain que les travaux sont effectués sur l'ouvrage consigné :

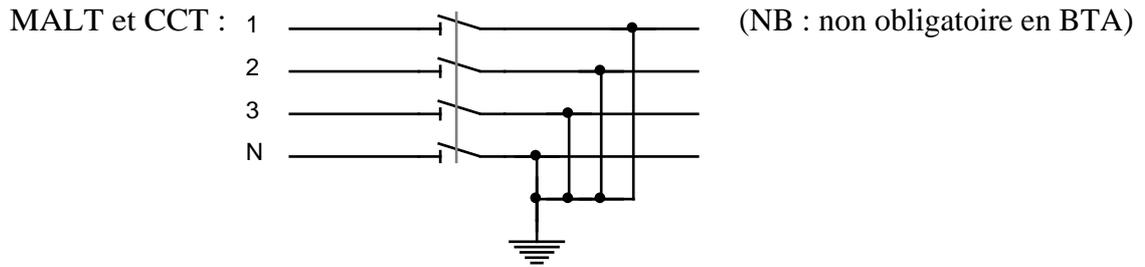
- Repérage géométrique (carte géographique, plan de situation,...)
- Schéma électrique à jour

4) VAT, MALT et CCT

La Vérification d'Absence de Tension (VAT), immédiatement suivie de la Mise A La Terre (MALT) et en Court-Circuit (CCT), est le plus sûr moyen d'assurer la prévention.

VAT effectuée :

- à l'aide d'un détecteur de tension homologué
- sur chacun des conducteurs actifs, y compris le neutre
- selon la procédure : a) vérification du détecteur
b) mesure (vérification d'absence de tension)
c) vérification du détecteur



Attestation de consignation pour travaux

Document établi par le chargé de consignation, remis au chargé de travaux, qui le signe.

Délimitation de la zone de travail

Par le chargé de travaux : écrans, panneaux, barrières, chaînes ou rubans ... (dans les trois dimensions).

Exécution du travail

- Sur ordre du chargé de travaux
- Dans la zone de travail
- Utilisation d'un matériel homologué et vérifié
- Port des **Équipements de Protection Individuelle (EPI)**
 - a) Risques au niveau de la tête → *casque isolant*
 - . chutes d'objet
 - . heurts d'obstacles
 - . choc électrique au niveau de la tête
 - b) Risques au niveau des yeux → *lunettes anti-UV*
 - . ultra-violets (court-circuit)
 - . projections
 - c) Risques au niveau des mains → *gants isolants*
 - d) Risques au niveau des pieds → *chaussures isolantes*
tapis isolant et anti-dérapant
 - e) Risques au niveau du corps → *vêtements ininflammables et secs*
 *pas d'objets métalliques sur soi !*

Déconsignation

Par le chargé de consignation, après réception de l'avis de fin de travail.

V - TRAVAUX SOUS TENSION

 Ce paragraphe NE concerne PAS les personnes habilitées B0, H0, B1, H1, BR

Généralités

Les travaux sous tension (c'est-à-dire sur des pièces nues sous tension) sont autorisés :

- sur les réseaux de distribution publics, ouvrages de production et leurs annexes
- sur les autres ouvrages, pour des raisons d'exploitation ou si la nature même des opérations rendent dangereuse ou impossible la mise hors tension (exemple : site nucléaire...)

Les prescriptions à respecter pour travailler sous tension ne concernent pas :

- les travaux au voisinage (§ VI)
- les interventions du domaine BT (§VII)
- le raccordement et la déconnexion de pièces ou d'organes amovibles conçus et réalisés de manière à permettre l'opération sans risque de court-circuit ou de contact involontaire avec des pièces nues sous tension.

Méthodes de travail

Travail au contact

L'opérateur se tient en-deça de la distance minimale d'approche. L'opérateur est correctement protégé par des EPI adaptés au niveau de tension des pièces sur lesquelles il intervient.

Travail à distance

L'opérateur se tient au-delà de la distance minimale d'approche. Les outils sont fixés à l'extrémité de perches ou de cordes isolantes.

Travail au potentiel

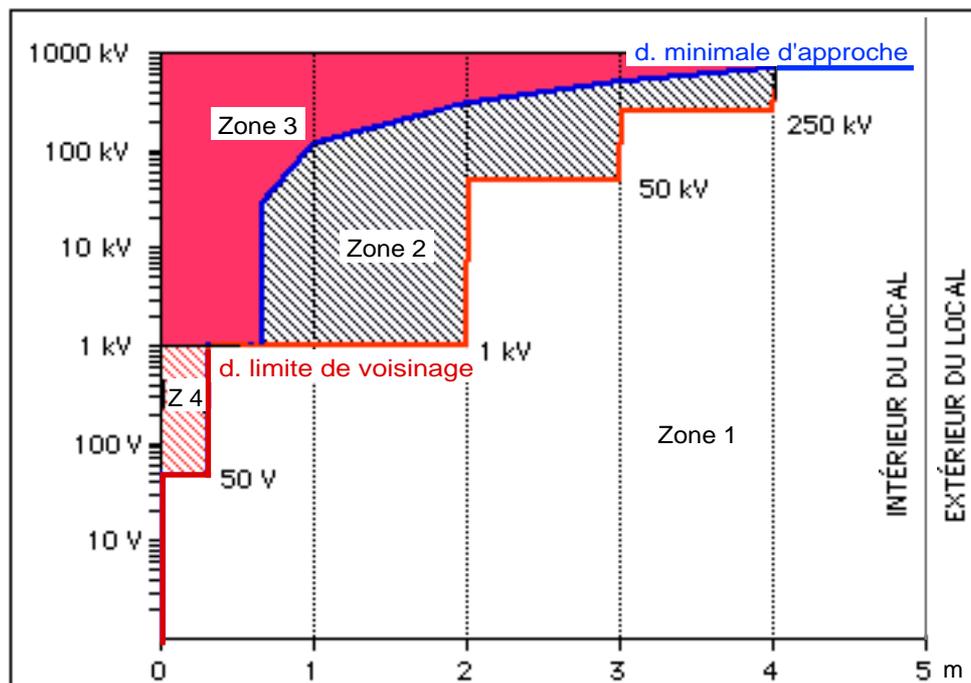
L'opérateur se met au potentiel des pièces sur lesquelles il intervient. Pendant son transfert du potentiel de terre au potentiel de travail, l'opérateur n'est relié à aucun potentiel (*potentiel flottant*). Après son transfert, l'opérateur vérifie qu'il se situe au-delà de la distance minimale d'approche par rapport à l'environnement.

Documents obligatoires en BT

- ordre de travail sous tension → Instruction de Travail Sous Tension (ITST)
- Conditions d'Exécution du Travail (CET)
- Fiches Techniques (FT)
- Modes opératoires (MO)

VI - TRAVAUX AU VOISINAGE DE PIÈCES NUES SOUS TENSION

But : assurer la sécurité pour des opérations sur des pièces hors tension *au voisinage* de pièces nues sous tension.



Distance minimale d'approche en HT

Distance minimale à respecter par rapport aux pièces nues sous tension entre phase et terre du domaine HT :

$$d_{\min} = 0,6 + 0,005 \times V_n$$

où : d_{\min} distance exprimée en mètres
 V_n tension exprimée en kV

A une distance inférieure (Zone 3), il n'est possible de travailler qu'en appliquant les règles des travaux sous tension (cf § V).

Distance limite de voisinage

Distance au-delà de laquelle il n'y a plus de prescription de voisinage à respecter.

 Toutefois, il faut être habilité pour accéder aux locaux ou aux emplacements délimités réservés aux électriciens (Zone 1).

Zones de voisinage

- en TBTS ou TBTP < 25 V : pas de voisinage
- en BT : Zone 4, comprise entre 0 m et 0,30 m des pièces nues sous tension
- en HT : Zone 2, comprise entre la distance minimale d'approche et la distance limite de voisinage

 Il doit être tenu compte pour la détermination de ces distances de tous les déplacements possibles : - de l'exécutant (exemple : ascension d'un escalier ou d'une échelle)

- des pièces nues sous tension
- des objets manipulés et des engins manœuvrés (exemple : échelle métallique...)

Travaux en zone 4 (BT)

Les travaux doivent être réalisés :

- soit en appliquant les règles relatives aux travaux sous tension (§ V)
- soit en appliquant les règles des interventions en BT (§ VII)
- soit en appliquant les règles de travail au voisinage, c'est-à-dire :
 - . établissement et notification au personnel d'une consigne précisant les mesures de sécurité à respecter.
 - . désignation par l'employeur du personnel autorisé à travailler au voisinage de pièces nues sous tension.
 - . délimitation matérielle de la zone de travail.

NB : les pièces sous tension du domaine BT correspondant au degré de protection IP2X ne sont pas à considérer comme des pièces nues sous tension.

VII - INTERVENTIONS DU DOMAINE BT (habilitation BR)**VIII - MANŒUVRES, MESURAGES, ESSAIS, VÉRIFICATIONS**

Pour déterminer l'habilitation requise en fonction de la tâche à effectuer : voir publications UTE C 18-510 et C 118-530. Le texte qui suit présente une synthèse de ces dispositions qui concerne plus particulièrement les activités du technicien supérieur CIRA habilité BR.

Activité de chargé d'intervention BR : généralités

Le chargé d'intervention BR doit :

- Avoir l'accord du chef d'établissement ou de l'utilisateur et avoir reçu l'ordre d'exécution.
- Avoir acquis la connaissance du fonctionnement de l'installation ou de l'équipement.
- Prendre toutes mesures pour assurer sa sécurité et celle des tiers. Notamment :
 - . Il peut procéder lui-même aux opérations de *consignation* au cours de ses interventions.
 - . La *mise hors tension* des équipements est réalisée obligatoirement par consignation.
 - .  Si les interventions BT sont effectuées au voisinage de pièces nues sous tension HT, une habilitation complémentaire HxV est requise.

Instructions Permanentes de Sécurité

Le chargé d'intervention BR doit :

- porter des EPI (§ IV) adaptés et vérifiés. Notamment :
 - . Port de lunettes anti-UV obligatoire pendant les opérations effectuées sous tension.
 - . Port de gants isolants obligatoire pendant les opérations effectuées au voisinage de pièces nues sous tension (indice de protection inférieur à IP2X), ou mise en place d'écran pour ne plus être en zone de voisinage.
- délimiter une zone de travail (§ IV) dégagée et isolée des éléments conducteurs
- disposer d'appareils et d'outils adaptés aux opérations à effectuer (matériels d'indice de protection égal ou supérieur à IP2X), et vérifiés (bon état mécanique et électrique).

Consignes particulières de sécurité

Elles dépendent des tâches à effectuer, énumérées ci-dessous

Mesurages en présence de tension (BT)

- Les mesurages sont effectués avec des appareils portatifs mobiles ne présentant pas de danger en cas d'erreur de branchement, ou de mauvais choix de gamme de mesure.
- Utilisation conseillée d'oscilloscopes de classe II ou, à défaut, utilisation obligatoire de sondes d'isolement avec les oscilloscopes de classe I.
- .  Habilitation BR requise pour l'utilisation d'un oscilloscope.
- Utilisation conseillée d'appareils ne nécessitant pas l'ouverture de circuits (exemple : pinces ampèremétriques).
- Cordons et accessoires normalisés CEI 1010 obligatoires
- Utilisation de lampe témoin interdite.
- .  Si le mesurage nécessite une *ouverture de circuit* (ampèremètre, wattmètre), la mise en place de l'appareil doit se faire hors tension, la consignation de l'installation durant la mise en place de l'appareil est alors obligatoire.

Essais (BT)

- .  Sur une installation comme sur un équipement, la phase des réglages est particulièrement dangereuse.

Vérifications hors tension

- Exemples :
 - . résistance d'isolement entre phases, ph. et neutre, ph. et terre, neutre et terre.
 - . tests de continuité des conducteurs

- Les *modifications* de câblage sur l'équipement doivent être faites hors tension.

Vérifications sous tension → port de lunettes obligatoire

Mesurages sous tension → cf § précédent

Maintenance (BT)

Étape 1 : Diagnostique (éventuellement en présence de tension)

- *Essais* → cf § précédent
- *Mesurages* → cf § précédent
- *Manœuvres de relais, contacteurs, etc.*

 Si l'ordre des manœuvres permises n'est pas indifférent, **respecter cet ordre.**

- *Mise en place ou retrait de ponts électriques* entre bornes de même polarité.

 Utilisation obligatoire de cordons comportant en série un fusible type gl.

-  Lorsqu'il est nécessaire de débrancher l'un après l'autre plusieurs conducteurs, il y a lieu d'isoler les extrémités de conducteurs laissés en attente de rebranchement au moyen d'un dispositif approprié (bornes de jonction, capuchons, etc).

 port des EPI obligatoire

- éventuellement : *Suppression des sécurités*

 A ne faire qu'après examen détaillé de la situation !

Étape 2 : Réparation, élimination du défaut

Étape réalisée obligatoirement **hors tension.**

- *Consignation* (cf § IV)
- *Réparation*
 - . dépannage définitif
 - . dépannage provisoire : obligation de remettre une attestation de dépannage provisoire.
- *Déconsignation*

Étape 3 : Essais → cf § précédent

Réglages et vérification du fonctionnement de l'équipement.

Étape 4 : Restitution de l'équipement

- *sécurités remises en place et vérifiées*
- *capots remis en place*
- *fermeture et verrouillage des portes d'accès.*

Cas des équipements des domaines BTA et TBT comportant des circuits HT

Exemples : appareils à tubes cathodiques, ponts de mesure HT, appareils à rayons X, etc.

 Les personnels appelés à effectuer des travaux ou des interventions sur ces équipements doivent posséder un titre d'habilitation B1 ou BR où figure expressément l'autorisation d'effectuer des opérations sur ce type de matériel et avoir reçu une formation adaptée à ces équipements (habilitation spéciale, cf § III).

Prescriptions selon :

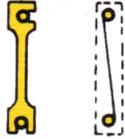
- travaux dans le domaine HT (hors tension ou sous tension)
- ou intervention en BT, avec précautions supplémentaires lors de l'étape 1 :
 - . localisation visuelle hors tension des circuits HT et vérification de leur isolement.
 - .  mise hors tension et décharge des éléments capacitifs
 - . branchement et débranchement des appareils de mesure que lorsque l'équipement est

hors tension.

Connexions / déconnexions sous tension (BTA uniquement)

- Opération interdite sur les circuits non protégés contre les surintensités.
- Opération autorisée sur les circuits de puissance pour les sections au plus égales à 6 mm²
- Opération autorisée sur les circuits de contrôle pour les sections au plus égales à 10 mm²

Remplacement de fusibles BT

REPLACEMENT DE FUSIBLES BT	RISQUE DE CONTACT DIRECT lorsque l'élément fusible de remplacement est en place		ABSENCE DE RISQUE DE CONTACT DIRECT lorsque l'élément fusible de remplacement est en place	
	RISQUE DE PROJECTION Fusion non enfermée	ABSENCE DE RISQUE DE PROJECTION Fusion enfermée	RISQUE DE PROJECTION Fusion non enfermée	ABSENCE DE RISQUE DE PROJECTION Fusion enfermée
Exemples de coupe-circuit (*matériel ne pouvant se rencontrer que sur d'anciennes installations)	 * nu à lame à recharge calibrée			
Habilitation	B1 (sur consigne), B1T ou BR	B1 (sur consigne), B1T ou BR	B1 (sur consigne), B1T ou BR	non
Remplacement HORS TENSION défaut aval éliminé ou non	Autorisé	Autorisé	Autorisé	Autorisé
Remplacement SOUS TENSION circuit aval coupé ou défaut aval éliminé ou non	Interdit 	Toléré si utilisation de : - préhenseur adapté - ou EPI	Autorisé	Autorisé

Transformateur de courant

 *L'ouverture des circuits, alimentés par le secondaire d'un transformateur de courant dont le primaire est sous tension, est rigoureusement interdite.*