Document ressource – Choix d'un câble électrique

BTS Électrotechnique 1re année · ADM – Bureau d'études · Ligne de traitement de surface GALVANOR

Annexe à la demande d'étude
DE-2026-TS-024
Référentiel : NF EN 60204-1

Ce document est une aide méthodologique pour justifier les sections de conducteurs de la liasse (phases 1 à 3). Le seul référentiel retenu est la **NF EN 60204-1** (équipement électrique des machines), dont un condensé est fourni en ressource.

1. Les critères de choix d'une section

La section retenue doit satisfaire **simultanément** tous les critères ci-dessous ; on garde donc **la plus grande** des sections obtenues :

1. **Tenue mécanique** : section minimale imposée par la norme (§4).
2. **Critère thermique** : en service normal, le conducteur ne doit pas dépasser sa température admissible (§2).
3. **Chute de tension** : la tension aux bornes du récepteur doit rester suffisante (§3).
4. **Tenue au court-circuit** : le conducteur doit supporter le courant de défaut le temps que la protection coupe (§5).
5. **Coordination avec la protection** : la protection amont doit réellement protéger le conducteur (§6).

2. Critère thermique – courant admissible I_z

La NF EN 60204-1 (§12.4 et annexe D) donne les courants admissibles de conducteurs en cuivre isolés PVC, pour une **température ambiante de référence de 40 °C** (et non 30 °C comme dans les installations du bâtiment) et pour quatre modes de pose :

Mode de pose	Description	Exemple sur la ligne
B1	Conducteurs isolés ou câbles monoconducteurs sous conduit ou en goulotte	Fils de câblage dans les goulottes de l'armoire
B2	Câble multiconducteur sous conduit ou en goulotte	Câble moteur dans une goulotte de la machine
C	Câbles fixés directement sur une paroi, sans conduit	Câble capteur fixé au bâti
E	Câble multiconducteur à l'air libre (chemin de câbles perforé)	Câble d'alimentation sur chemin de câbles

Le courant admissible réel s'obtient en **multipliant** la valeur de référence par des facteurs de correction (tous ≤ 1 dans des conditions plus sévères que la référence) :

$$I_z = I_{z,réf} \times K_\theta \times K_g$$

Terme	Signification
$I_{z,réf}$	Courant admissible de référence (tableau 6 de la NF EN 60204-1 ou documentation du fabricant de câble), fonction de la section et du mode de pose
K_θ	Correction de température ambiante (si l'ambiance dépasse 40 °C, par exemple armoire près des bains chauds)

K_g	Correction de groupement : nombre de circuits chargés posés côte à côte

La condition à vérifier est :

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

avec I_B le courant d'emploi du circuit et I_n le calibre de la protection (pour un disjoncteur-moteur réglable : le courant de réglage I_r).

Application à l'étude : les courants sont faibles (moteur du chariot ≈ 0,3 A, commande : quelques centaines de mA à quelques ampères). Le critère thermique n'est donc presque jamais dimensionnant ici : ce sont la section minimale (§4), la chute de tension en 24 V (§3) et la coordination avec la protection (§6) qui décident.

3. Critère de la chute de tension

La NF EN 60204-1 (§12.5) impose qu'en fonctionnement normal, la chute de tension entre le point d'alimentation de la machine et la charge **ne dépasse pas 5 %** de la tension nominale. C'est donc une exigence de la norme machine, applicable à tous les circuits (puissance et commande).

Formules complètes (L en km, R et X en Ω/km, données constructeur) :

$$\text{Triphasé équilibré : } \Delta u = \sqrt{3} \times I_B \times L \times (R \cos\varphi + X \sin\varphi)$$
$$\text{Monophasé (ex. secondaire 24 V du transformateur) : } \Delta u = 2 \times I_B \times L \times (R \cos\varphi + X \sin\varphi)$$

Formules simplifiées pour une première estimation (réactance négligée, cos φ pris égal à 1, ce qui donne un résultat légèrement majorant, donc sécuritaire) :

$$\text{Monophasé : } \Delta U(\%) = (2 \times \rho \times L \times I_B) / (S \times U_n) \times 100$$
$$\text{Triphasé : } \Delta U(\%) = (\sqrt{3} \times \rho \times L \times I_B) / (S \times U_n) \times 100$$

avec ρ ≈ 0,0225 Ω·mm²/m (cuivre en service), L longueur simple du câble (m), S section (mm²), U_n tension nominale du circuit (V) – tension entre phases en triphasé.

À faire dans l'étude : à partir des longueurs fixées par le client (ou d'une estimation justifiée selon l'implantation armoire / chariot), vérifier que ΔU < 5 % :

- sur le départ moteur (triphasé 400 V) ;
- sur le circuit de commande 24 V CA (monophasé) ;
- en phase 3, sur l'alimentation 24 V CC des entrées automate.

Conclure : la section minimale du §4 suffit-elle, ou faut-il l'augmenter ?

Attention en très basse tension : U_n est au dénominateur. À courant et longueur égaux, la chute de tension relative est environ 17 fois plus forte en 24 V qu'en 400 V. Penser aussi au courant d'appel des bobines en alternatif, nettement supérieur au courant de maintien.

4. Sections minimales (tenue mécanique)

Indépendamment des autres critères, la norme impose des sections minimales en cuivre (valeurs du condensé NF EN 60204-1 fourni) :

Emplacement	Type de conducteur	Section minimale
À l'intérieur des coffrets / armoires	Circuits électriques (puissance, commande)	0,75 mm²
	Circuits électroniques	0,2 mm²
À l'extérieur des coffrets	Conducteurs câblés (souples)	1 mm²
	Conducteurs rigides	1,5 mm²
	Câbles électriques	0,75 mm²
	Câbles électroniques	0,5 mm²
	Câbles blindés	0,3 mm²

« Des conducteurs de section plus faible ne peuvent être utilisés que si c'est nécessaire au bon fonctionnement de l'équipement et si les efforts mécaniques sont pris en compte par d'autres moyens. Dans tous les cas, le respect de la chute de tension maximale admissible est obligatoire. »

5. Tenue au court-circuit

Pendant un court-circuit, le conducteur s'échauffe très vite. Il ne doit pas être détruit avant que la protection ait coupé. La condition s'écrit :

$$I^2 \times t \leq k^2 \times S^2 \quad (k \approx 115 \text{ pour un conducteur cuivre isolé PVC})$$

où I^2t est l'énergie laissée passer par la protection (donnée par le constructeur du disjoncteur ou du fusible). Voir l'annexe D de la NF EN 60204-1.

> **Application à l'étude :** avec les petites sections utilisées, ce critère est assuré par le choix d'une protection limitatrice adaptée (disjoncteur-moteur, fusibles, disjoncteur de commande). Il suffit de vérifier dans le catalogue que la protection choisie protège bien la section retenue.

6. Coordination avec la protection amont

Une fois les calibres de protection choisis (Q3 et Q4), reprendre chaque section et vérifier I_n (ou I_r) ≤ I_z. C'est un point de contrôle obligatoire de la revue de conception.

Vérifier aussi, dans les catalogues Schneider Electric et Legrand, la plage de sections acceptée par les bornes de chaque appareil (sectionneur, disjoncteur, contacteur, borniers). À reporter lors du devis (Q7).

7. Identification des conducteurs par la couleur (NF EN 60204-1, §13.2)

Réseau / fonction	Couleur	Statut
Conducteur de protection (PE)	Vert / jaune	**Obligatoire**, réservé exclusivement au PE
Neutre	Bleu clair	Obligatoire si le neutre est repéré par la couleur
Circuits de puissance (alternatif ou continu)	Noir	Recommandé

Circuits de commande en alternatif	Rouge	Recommandé
Circuits de commande en continu	Bleu (foncé)	Recommandé
Circuits restant sous tension lorsque le **sectionneur général est ouvert** (circuits « en exception », §5.3.5)	Orange	Recommandé

À appliquer dans l'étude :

- puissance triphasée → noir ; neutre (primaire du transformateur si alimenté en phase-neutre) → bleu clair ;
- commande 24 V CA (phases 1 et 2) → rouge ;
- alimentation 24 V CC des entrées du M221 (phase 3) → bleu ;
- PE → vert/jaune partout, sans exception ;
- orange → uniquement pour un circuit raccordé **en amont du sectionneur général** (ex. éclairage d'armoire, prise de maintenance). Un circuit coupé par le sectionneur mais non coupé par l'arrêt d'urgence n'est **pas** orange.

Dans WinRelais/XRelais, paramétrer une couleur de conducteur par fonction (cf. didacticiel « Aide WinRelais 10 ») pour respecter ce code sur toute la liasse.

Œil de maintenance : un fil orange dans une armoire signifie « encore sous tension même sectionneur ouvert et cadenassé ». La VAT doit aussi porter sur ces circuits avant toute intervention.

8. Méthode de travail conseillée

1. Relever le courant d'emploi I_B de chaque circuit (moteur, primaire et secondaire du transformateur, alimentation 24 V CC en phase 3).
2. Choisir la protection amont (Q3, Q4) : $I_B \leq I_n$.
3. Partir de la section minimale imposée (§4).
4. Vérifier le critère thermique $I_n \leq I_z$ (§2 et §6).
5. Calculer la chute de tension avec cette section (§3). Si $\Delta U > 5$ %, augmenter la section.
6. Vérifier la tenue au court-circuit et la compatibilité avec les bornes des appareils (§5, §6).
7. Appliquer le code couleur (§7) sur l'ensemble des folios.
8. Consigner chaque choix dans la note de calcul : hypothèse, formule, résultat, conclusion.

Rappel : ce document est une aide méthodologique. Il ne remplace pas la lecture du condensé de la norme NF EN 60204-1 fourni en ressource, notamment pour le marquage, les protections, l'arrêt d'urgence et les enveloppes. En cas de doute, c'est le texte de la norme en vigueur qui fait foi.