

BUT

En distribution d'énergie, l'électrotechnicien est souvent amené à déterminer les courants de court-circuit possibles aux différents niveaux du réseau de distribution.

En effet, la connaissance des courants de court-circuit possibles dans l'installation, est nécessaire pour :

- le choix du pouvoir de coupure des protections
- la tenue des câbles ou des canalisations électriques.

⇒ L'Etudiant peut se référer dans la documentation qui suit, autant qu'il le souhaite.

I. PRINCIPE DE CALCUL DE I_{cc}

1.1) Définition

Un courant de court-circuit est un défaut produit par un contact d'impédance négligeable entre des conducteurs actifs présentant une différence de potentiel en service normal.

Ce défaut se traduit par une élévation brutale de l'intensité du courant dans le circuit, que l'on appelle courant de court-circuit.

1.2) Calculs de l'intensité I de court-circuit

Soit un réseau triphasé, dans lequel survient un court-circuit sur les trois phases (I_{cc3}).

La valeur de l'intensité de court-circuit est :

$$I_{cc \text{ tri}} = \frac{U_0}{Z_T \cdot \sqrt{3}}$$

I_{cc tri} : courant de court-circuit entre 3 phases.

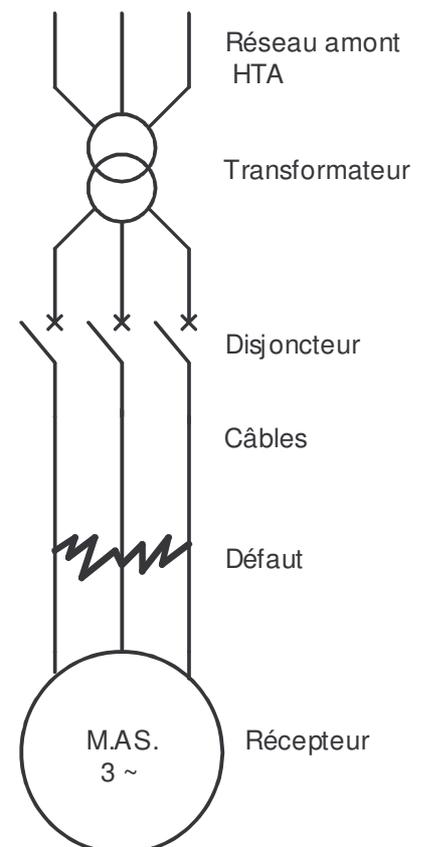
U₀ : tension entre phases à vide, au secondaire du transformateur.

Z_T : impédance totale par phase, en amont du défaut.

$$Z_T = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

∑R : somme des résistances

∑X : somme des réactances



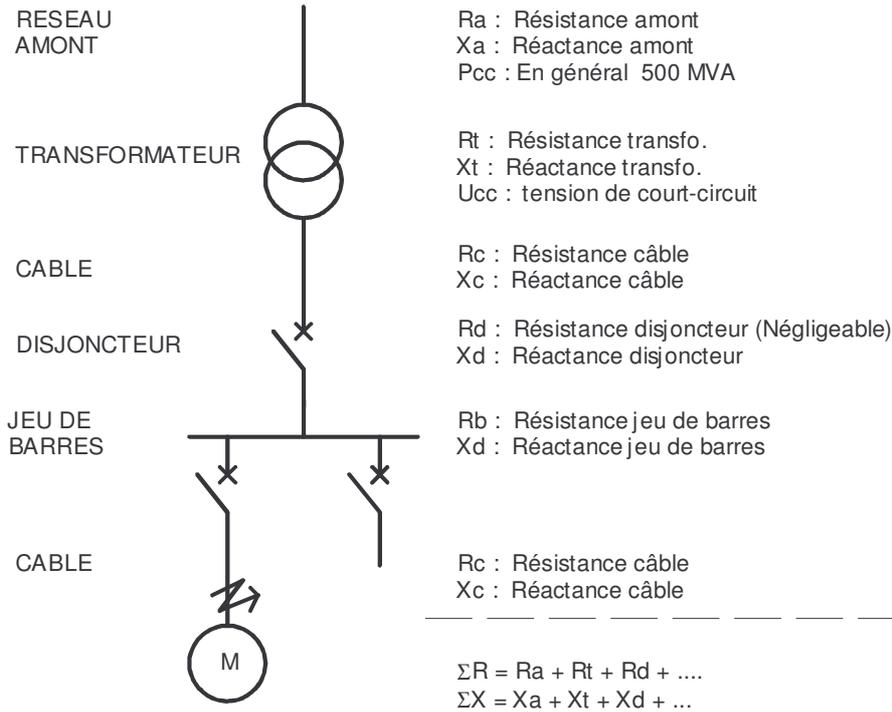
II. METHODE DES IMPEDANCES

2.1) Principe

La disposition d'un réseau de distribution basse tension peut être généralisée et présentée sous la forme d'un schéma (voir page suivante), dans lequel on trouve les éléments suivants :

- * le réseau amont
- * le ou les transformateurs
- * un ou des disjoncteurs
- * des câbles, des jeux de barres, des canalisations préfabriquées.

Impédances concernées en cas de court-circuit.



La méthode des impédances consiste à décomposer le réseau en tronçons et à calculer, pour chacun des tronçons, R et X, puis les additionner arithmétiquement.

Le courant de court-circuit est d'une façon générale, calculé à partir de la relation suivante :

$$I_{cc} = \frac{U_0}{Z_T} = \frac{U_0}{\sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2}}$$

avec U_0 : tension de la source d'alimentation à vide.
 Z_T : impédance de la boucle de défaut.

Il existe différentes valeurs significatives du courant de court-circuit :

I_{cc1} : courant de court-circuit entre phase et neutre.
 I_{cc2} : courant de court-circuit entre deux phases.
 $I_{cc\ tri}$: courant de court-circuit triphasé :

$$I_{cc\ tri} = \frac{U_0}{Z_T \sqrt{3}}$$

avec U_0 : tension entre phases à vide.

Attention : il ne faut surtout pas calculer Z séparément pour chaque tronçon et faire la somme arithmétique des valeurs pour trouver Z_T . (car Z_T est la somme vectorielle des R_i et X_i).

2.2) Réseau amont

La puissance de court-circuit du réseau haute tension est donnée par le distributeur d'énergie, en général EDF.

L'impédance du réseau amont ramenée au secondaire du transformateur, est donnée par la relation suivante :

$$Z_a = \frac{U_o^2}{S_{cc}}$$

$$Z_a = \sqrt{R_a^2 + X_a^2}$$

On admet généralement

que : $R_a = 0,15 \times X_a$

U_o : tension entre phases à vide au niveau basse tension

S_{cc} : puissance de court-circuit du réseau à haute tension.

Z_a : impédance du réseau amont ramenée au secondaire du transformateur.

Impédances amont pour un réseau BTA 230V / 400V (420V à vide)

| Scc en MVA | Ra en mΩ | Xa en mΩ |
|------------|----------|----------|
| 125 | 0,2 | 1,4 |
| 250 | 0,1 | 0,7 |
| 500 | 0 | 0,35 |

2.3) Transformateurs

L'impédance Z_s d'un transformateur vue du secondaire est donnée par la relation :

$$Z_s = \frac{U_{20}^2}{S_n} U_{cc}$$

Z_s : impédance du transformateur ramenée au secondaire

U_{20} : tension entre phases au secondaire à vide.

S_n : Puissance du transformateur (en VA)

U_{cc} : tension de court-circuit

Pertes cuivre : $P_{cu} = 3 \cdot R_s \cdot I_n^2$

$$\Rightarrow R_s = \frac{P_{cu}}{3 \cdot I_n^2} \quad \text{et} \quad X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2}$$

2.3) Appareillages et conducteurs

a) Disjoncteurs :

La résistance d'un disjoncteur est souvent négligeable, et sa réactance est supposée généralement égale à 0,15 mΩ.

b) Jeu de barres :

Généralement, la résistance d'un jeu de barres est négligeable, sauf pour les faibles sections. La réactance est supposée égale à 0,15 mΩ / m.

c) Câbles :

$$R = \rho_1 \frac{L}{S}$$

ρ_1 : résistivité : pour le cuivre 0,0225 Ω mm² / m

pour l'aluminium 0,0360 Ω mm² / m

L : longueur de la ligne en m

S : section des conducteurs en mm²

X : réactance linéique des conducteurs

leur moyenne : 0,08 . 10⁻³ Ω / m pour les câbles multipolaires

0,12 . 10⁻³ Ω / m pour les câbles unipolaires

0,15 . 10⁻³ Ω / m pour les jeux de barres

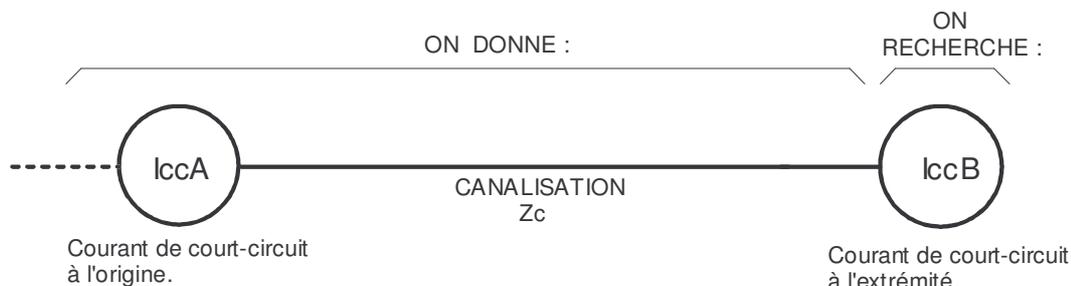
III. METHODE DE COMPOSITION

cette méthode s'applique à des installations dont la puissance ne dépasse pas 800 kVA.

3.1) Principe

On détermine le courant de court-circuit I_{ccB} à l'extrémité d'une canalisation, lorsqu'on connaît :

- le courant de court circuit à l'origine de la canalisation I_{ccA}
- l'impédance Z_c de la canalisation



$$I_{ccB} = I_{ccA} \frac{U}{U + Z_c \cdot I_{ccA}} \quad (\text{calcul approché})$$

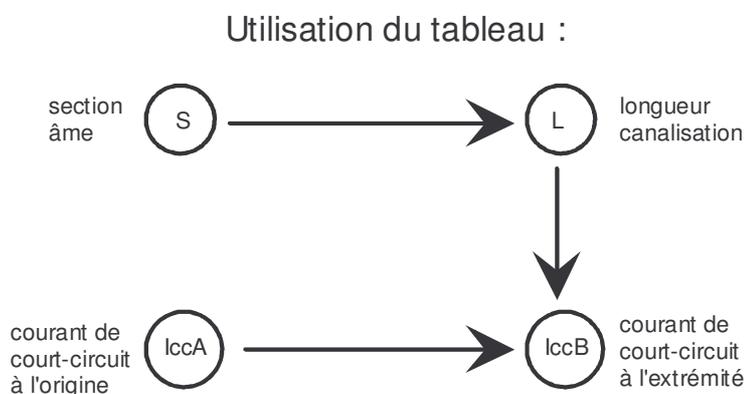
avec Z_c : impédance du câble

La principale approximation consiste à admettre que les impédances élémentaires de deux tronçons successifs de l'installation, possède des arguments suffisamment voisins pour justifier le remplacement des additions vectorielles par des additions algébriques des impédances.

3.2) Application de la méthode

La méthode repose sur le tableau page __, établi avec la formule donnée dans le principe.

Si l'on connaît le courant de court-circuit I_{ccA} à l'origine, le tableau page __ permet de connaître le courant de court-circuit I_{ccB} , à l'extrémité d'une canalisation de section et longueur données.



(Si l'installation est alimentée par plusieurs transformateurs pouvant fonctionner en parallèle, le courant de court-circuit est pris égal à la somme des courants de court-circuit de chaque transformateur)

| cuivre (réseau 400 V) | section des conducteurs de phase (mm ²) | longueur de la canalisation (en m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|------------------------------------|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| | | 0,8 | 1 | 1,3 | 1,6 | 3 | 6,5 | 8 | 9,5 | 13 | 16 | 32 | 0,8 | 1,1 | 2,1 | 4 | 5,5 | 6,5 | 8,5 | 11 | 21 | 42 | 55 | 65 | 85 | 110 | 210 | | |
| | 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 x 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 x 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 x 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 x 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 x 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 x 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | lcc amont (en kA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | 94 | 94 | 93 | 92 | 91 | 83 | 71 | 67 | 63 | 56 | 50 | 33 | 20 | 17 | 14 | 11 | 9 | 5 | 2,4 | 2 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 90 | 85 | 85 | 84 | 83 | 83 | 76 | 66 | 62 | 58 | 52 | 47 | 32 | 20 | 16 | 14 | 11 | 9 | 4,5 | 2,4 | 2 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 80 | 76 | 76 | 75 | 75 | 74 | 69 | 61 | 57 | 54 | 49 | 44 | 31 | 19 | 16 | 14 | 11 | 9 | 4,5 | 2,4 | 2 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 70 | 67 | 67 | 66 | 66 | 65 | 61 | 55 | 52 | 49 | 45 | 41 | 29 | 18 | 16 | 14 | 11 | 5 | 4,5 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 60 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 54 | 48 | 46 | 44 | 41 | 38 | 27 | 18 | 15 | 13 | 10 | 8,5 | 4,5 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 50 | 49 | 48 | 48 | 48 | 48 | 46 | 42 | 40 | 39 | 36 | 33 | 25 | 17 | 14 | 13 | 10 | 8,5 | 4,5 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 40 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 37 | 35 | 33 | 32 | 30 | 29 | 22 | 15 | 13 | 12 | 9,5 | 8 | 4,5 | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 35 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 33 | 31 | 30 | 29 | 27 | 26 | 21 | 15 | 13 | 11 | 9 | 8 | 4,5 | 2,3 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 19 | 14 | 12 | 11 | 9 | 7,5 | 4,5 | 2,3 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | |
| | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 17 | 13 | 11 | 10 | 8,5 | 7 | 4 | 2,3 | 1,9 | 1,6 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | | |
| | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 17 | 17 | 14 | 11 | 10 | 9 | 7,5 | 6,5 | 4 | 2,2 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,5 | | | | | |
| | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 12 | 9,5 | 8,5 | 8 | 7 | 6 | 4 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 0,9 | 0,5 | | | | | |
| | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 9 | 8,5 | 7 | 6,5 | 6,5 | 5,5 | 5 | 3,5 | 2 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | | | | | | |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6 | 5,5 | 5 | 4 | 3,5 | 2,5 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | | | | | |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 4 | 4 | 4 | 3,5 | 3,5 | 2,5 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | | | | | |
| | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3 | 3 | 2,9 | 2,2 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 0,8 | 0,4 | | | | | |
| | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,3 | 1,9 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,4 | | | | |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | | | | |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | | | | |
| | alu (réseau 400 V) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 x 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 x 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 x 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 x 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 x 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 x 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 x 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 x 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota : pour une tension triphasée de 230 V entre phases, diviser les longueurs ci-dessus par $\sqrt{3} = 1,732$.

IV. METHODE CONVENTIONNELLE

Cette méthode, appelée aussi méthode simplifiée, est valable notamment pour les circuits terminaux situés suffisamment loin de la source d'alimentation.

4.1) Principe

Dans cette méthode, le courant de court-circuit minimal à l'extrémité d'une canalisation est calculé par la formule :

$$I_{cc} = \frac{0,8.U.S}{2.\rho.L}$$

- avec U : tension à l'endroit où est installé le dispositif de protection
L : longueur de la canalisation en m.
 ρ : résistivité du matériau conducteur en $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$.
S : section des conducteurs en mm^2 .

4.2) Hypothèses simplificatrices

Cette méthode suppose qu'en cas de court-circuit, la tension à l'origine du circuit soit égale à 80% de la tension assignée.

L'influence de la réactance des conducteurs est négligée pour les sections inférieures à 150 mm^2 .

Le court-circuit est supposé franc (on ne tient pas compte des résistances d'arc, ni des résistances de contact).

4.3) Application de la méthode

La méthode repose sur des tableaux établis avec la formule donnée dans le principe, en combinaison avec l'échauffement adiabatique de la canalisation, et en fonction des courbes des appareils de protection.

Ces tableaux indiquent les longueurs maximales de canalisations de sections données, protégées contre les court-circuits avec les hypothèses suivantes :

- les caractéristiques de fonctionnement des fusibles ou des disjoncteurs sont conformes aux normes en vigueur.
- le temps de fonctionnement du dispositif de protection ne doit en aucun cas être supérieur à 5 secondes.

4.4) Exemple d'un tableau donnant la longueur maximale de la canalisation

Protection par disjoncteurs courbe type ' C ' :
Courant assigné ampères

| section mm^2 | 6A | 10A | 13A | 16A | 20A | 25A | 32A | 40A | 50A | 63A |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1,5 | 148 | 89 | 68 | 56 | 44 | 36 | 28 | 22 | 18 | 14 |
| 2,5 | 247 | 148 | 114 | 93 | 74 | 59 | 46 | 37 | 30 | 24 |
| 4 | 395 | 237 | 182 | 148 | 119 | 95 | 74 | 59 | 47 | 38 |
| 6 | 593 | 356 | 274 | 222 | 178 | 142 | 111 | 89 | 71 | 56 |
| 10 | 988 | 593 | 456 | 370 | 296 | 237 | 185 | 148 | 119 | 94 |
| 16 | | 948 | 729 | 593 | 474 | 379 | 296 | 237 | 190 | 150 |
| 25 | | | | 926 | 741 | 593 | 463 | 370 | 296 | 235 |
| 35 | | | | | | 830 | 648 | 519 | 415 | 329 |
| 50 | | | | | | | 880 | 704 | 583 | 446 |

longueur maximale de la canalisation