

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
ÉLECTROTECHNIQUE**

SESSION 2012

ÉPREUVE E4.2

---

**AUGMENTATION DE LA  
PRODUCTIVITÉ D'UNE SUCRERIE**

**CORRIGÉ**

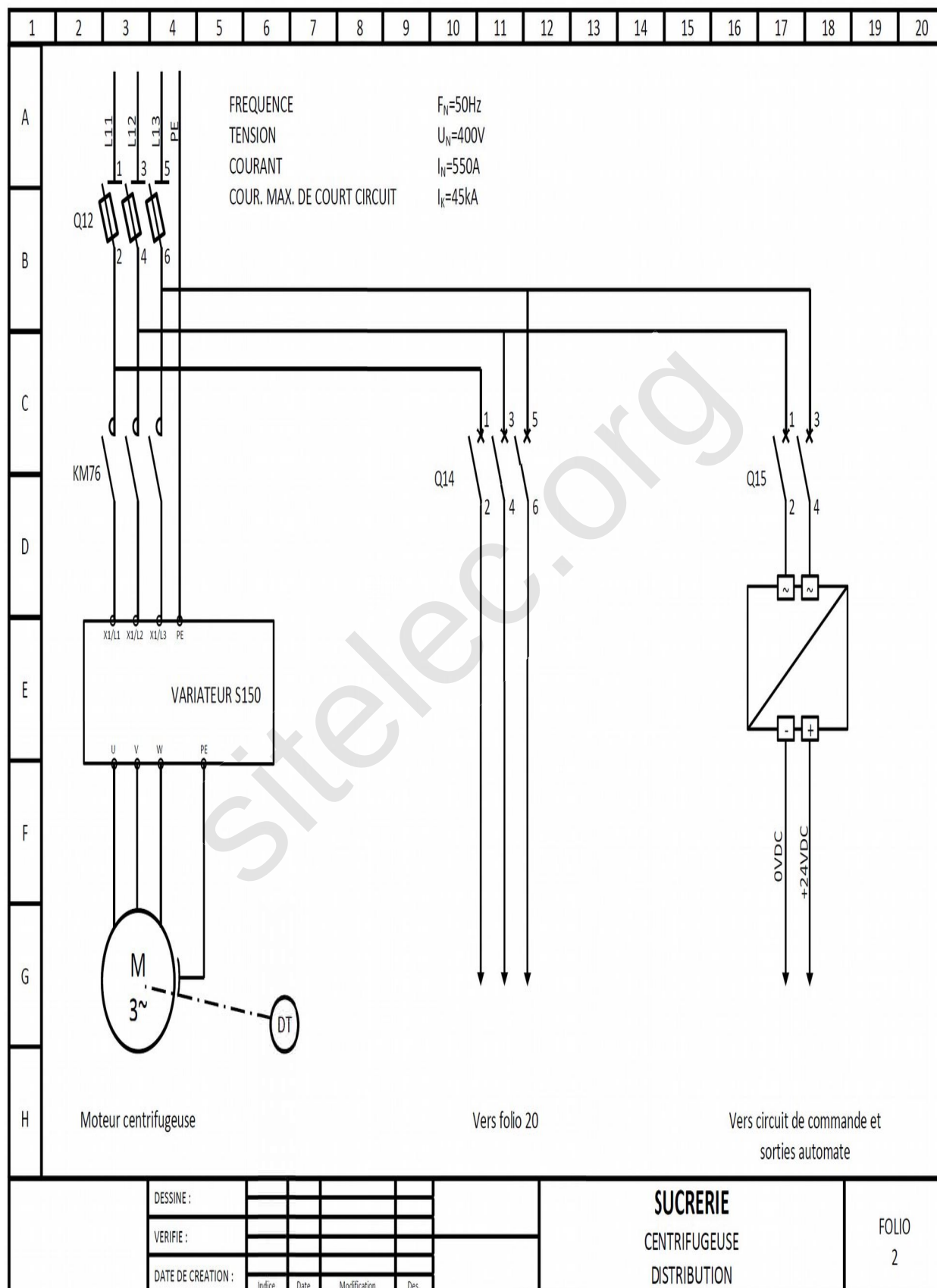
## Partie 1 : Choix du matériel nécessaire à la mise en œuvre de la moto-variation des centrifugeuses

- 1.1 Forme de construction du moteur: **IM V1 / IM 3011** code: **4** (page 2/17)  
(avec bride et capot de protection)
- 1.2 Référence complète du moteur: **1PQ8 357-8PB44** (page 3/17)  
(**4** → 400V et **4** → avec bride et capot de protection)
- 1.3 Vitesse maximum du cycle  $980 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} < \mathbf{2500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}}$  (page 4/17)
- 1.4 Fréquence maximale  $f_{\max}$ :  
sachant qu'à 50 Hz la vitesse de rotation est 741 tr/mn (page 3/17)  
à 980 tr/mn, la fréquence est  $f_{\max} = 980 \times 50 / 741 = \mathbf{66,12 \text{ Hz}}$   
Rapport  $f_{\max} / f_{\text{nominale}}: 66,12 / 50 = \mathbf{1,32}$
- 1.5 Couple limite thermique à cette vitesse:  
 $C / C_n = \mathbf{0,75}$  (courbe page 4/17)  
 $C_{(66,12\text{Hz})} = 4060 \text{ (page 3/17)} \times 0,75 = \mathbf{3045 \text{ Nm}}$
- 1.6 Couple thermique équivalent sur un cycle de fonctionnement (p 3/9 et 6/6):  
$$C_{\text{theq}} = \sqrt{\frac{1}{160}(3020^2 \times 5 + 340^2 \times 20 + 4400^2 \times 30 + 340^2 \times 40 + 3740^2 \times 30 + 340^2 \times 35)}$$
  
 $C_{\text{theq}} = \mathbf{2570 \text{ Nm}}$
- 1.7 Justification:
- vitesse maximale et nominale compatibles
  - couple nominal supérieur au couple thermique équivalent
  - couple maximal suffisant
- 1.8 Justification: amélioration du refroidissement aux basses vitesses
- 1.9 Référence du variateur: **6SL3710-7LE36-1AA0** (page 5/17)
- 1.10 Choix du câble:
- $I_n = 580 \text{ A}$
  - 2 câbles par phase :  $I_{\text{cable}} = 290 \text{ A}$
  - Lettre F – PVC3
  - $K1 = 1; K2 = 1; K3 = 1,12; K_n = 1; K_s = 1 \rightarrow K = 1,12$
  - $I_z = 290 / 1,12 = 259 \text{ A}$
  - $S = 120 \text{ mm}^2 \text{ (299 A)}$
- 1.11 Numéro d'article du câble: OLFLEX FD 90 CY 120 mm<sup>2</sup> → **0026665**
- 1.12 Référence des fusibles: **3NE1 438 – 2** (page 9/17)
- 1.13 Référence complète du variateur avec ses options (page 10/17) :  
**6SL3710-7LE36-1AA0 Z + L 60 + L83 + K50 + K82**
- 1.14 Référence de l'afficheur à installer: **CA 2100-P** (page 11/17)

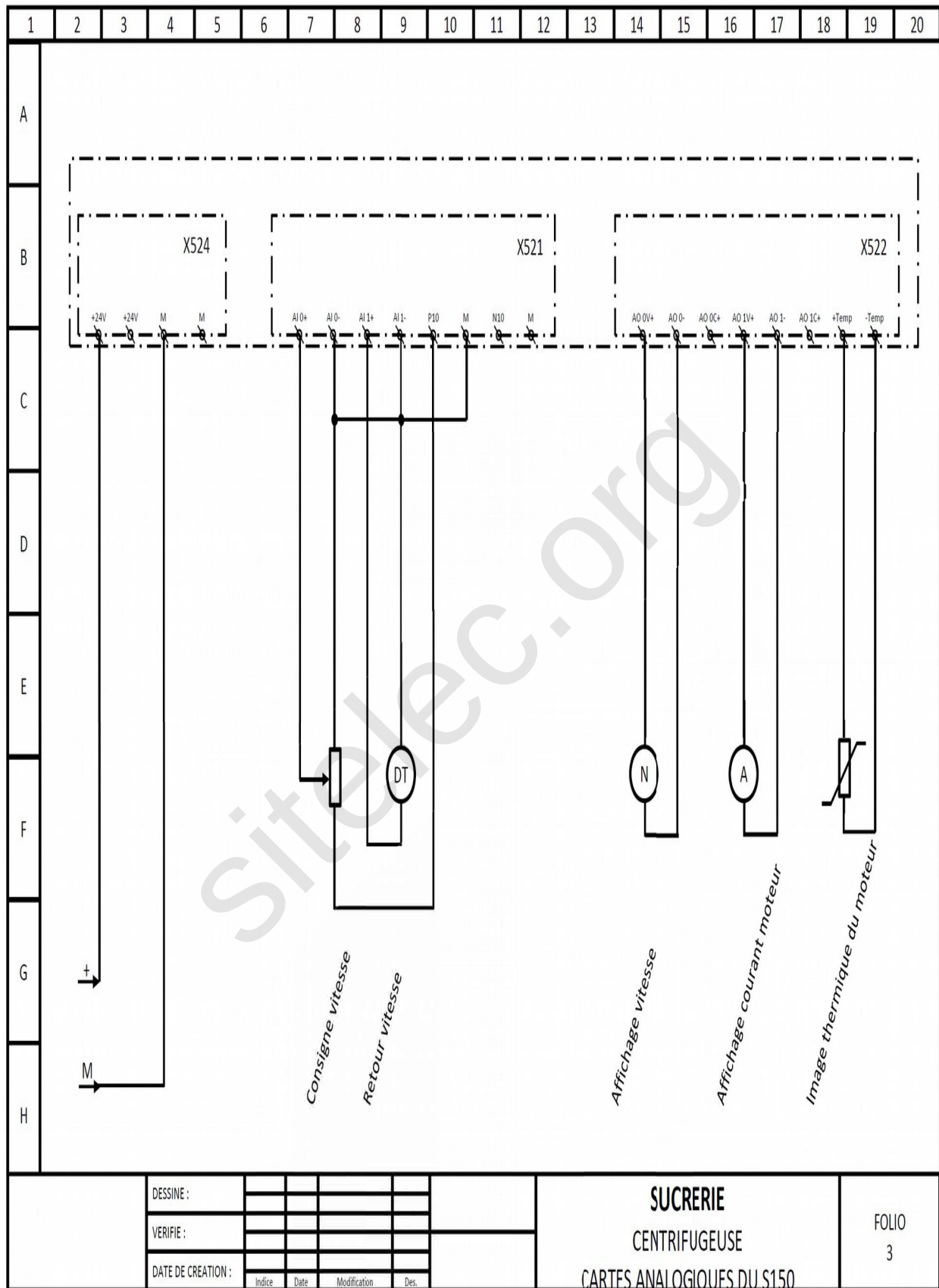
## Partie 2 : Mise en œuvre de la motorisation des centrifugeuses

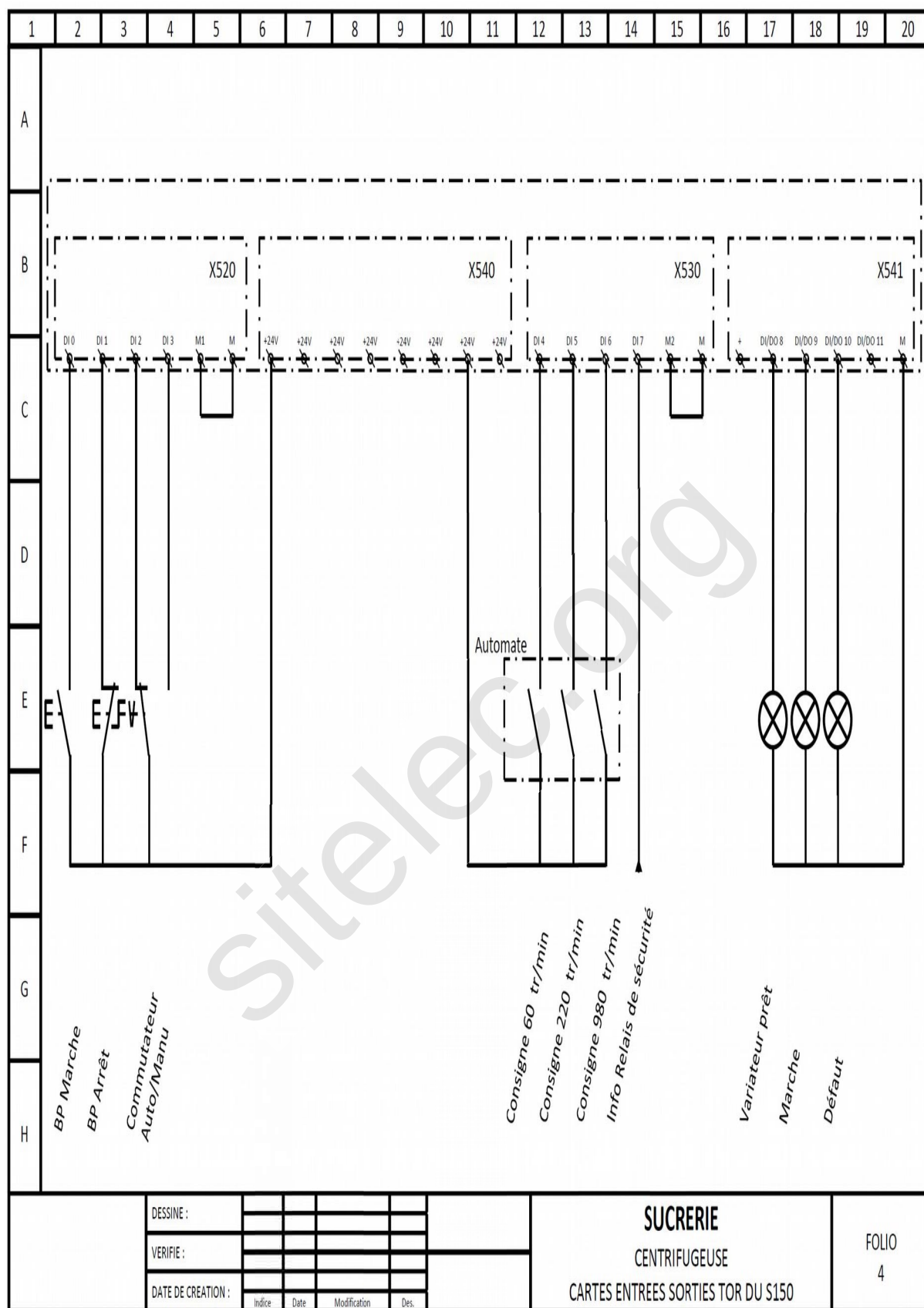
### 2.1. SCHÉMA DE CÂBLAGE

#### 2.1.1. Schéma de puissance :



## 2.1.2. Schéma de commande :





## 2.2. PARAMÉTRAGE DU VARIATEUR

| Paramètre | Désignation                  | Unité                | Valeur à régler |
|-----------|------------------------------|----------------------|-----------------|
| p0304     | Tension assignée             | V                    | 400             |
| p0305     | Courant assigné              | A                    | 580             |
| p0307     | Puissance assignée           | kW                   | 315             |
| p0308     | Facteur de puissance assigné |                      | 0,82            |
| p0309     | Rendement assigné            | %                    | 96              |
| p0310     | Fréquence assignée           | Hz                   | 50              |
| p0311     | Vitesse de rotation nominale | tr·min <sup>-1</sup> | 741             |
| p1082     | Vitesse maximale             | tr·min <sup>-1</sup> | 980             |
| p1001     | Consigne vitesse 1           | tr·min <sup>-1</sup> | 60              |
| p1002     | Consigne vitesse 2           | tr·min <sup>-1</sup> | 220             |
| p1003     | Consigne vitesse 3           | tr·min <sup>-1</sup> | 980             |
| p1120     | Temps d'accélération         | s                    | 38,7            |
| p1121     | Temps de décélération        | s                    | 32              |

Détail du calcul du temps d'accélération:  
 passage de 220 à 980 tr/mn en 30 s et passage de 0 à 980 tr/mn en → ??  
 $p1120 = 30 \times 980 / (980 - 220) = 38,7 \text{ s}$

Détail du calcul du temps de décélération:  
 passage de 980 à 60 tr/mn en 30 s et passage de 980 à 0 tr/mn en → ??  
 $p1121 = 30 \times 980 / (980 - 60) = 32 \text{ s}$

## 2.3 . GESTION DE LA SÉCURISATION

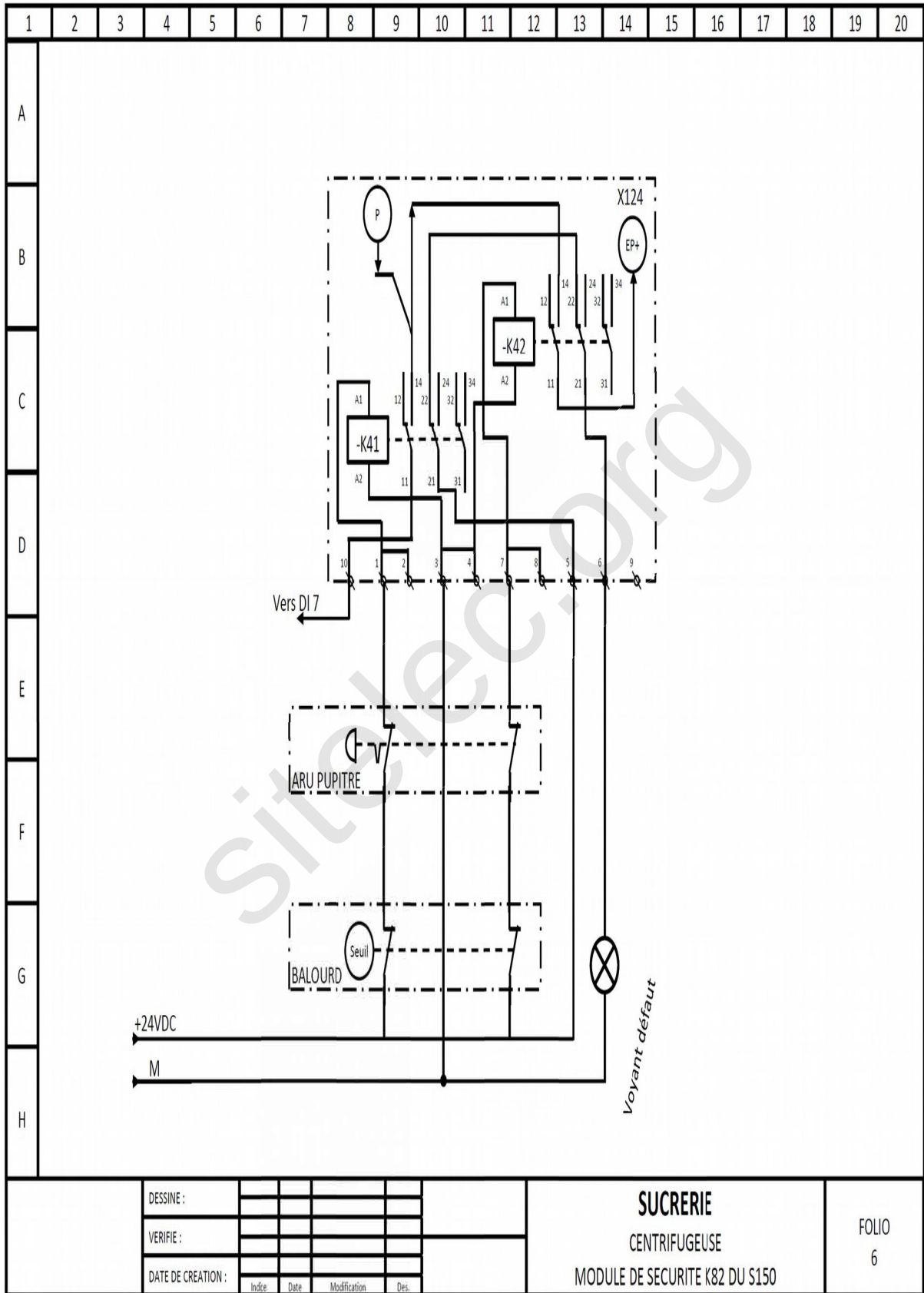
2.3.1. Analyse du risque: (page 5/9 et 14/17)

- Gravité de la liaison S2 (lésions graves)
- Fréquence F1 (assez rare)
- Possibilité d'évitement P2 (difficile à éviter)

2.3.2. Catégorie requise du relais de sécurité: catégorie 2 ou 3 (page 14/17)

2.3.3. Fonction d'arrêt (catégorie 2) à utiliser: Safe Stop 2

#### 2.3.4. Schéma de câblage du relais de sécurité:



### Partie 3 : Mise en place de la communication

#### 3.1. Référence du commutateur:

- 8 ports TX (RJ45) pour les 6 variateurs
- 1 port fibre FX pour la liaison au superviseur
- réf. 943 958-111

#### 3.2. Références des câbles:

- liaison variateur – switch: câble cuivre réf. R7072A
- liaison switch – superviseur: câble 4 fibres optiques réf. N6641

#### 3.3. Paramètres de la communication Ethernet:

Par exemple: 192.168.11.3 à 192.168.11.8

| Équipement        | Adresse IP   | Masque de sous réseau |
|-------------------|--------------|-----------------------|
| Centrifugeuse n°1 | 192.168.11.3 | 255.255.255.0         |
| Centrifugeuse n°2 | 192.168.11.4 | 255.255.255.0         |
| Centrifugeuse n°3 | 192.168.11.5 | 255.255.255.0         |
| Centrifugeuse n°4 | 192.168.11.6 | 255.255.255.0         |
| Centrifugeuse n°5 | 192.168.11.7 | 255.255.255.0         |
| Centrifugeuse n°6 | 192.168.11.8 | 255.255.255.0         |



## Partie 4 : Étude économique de la solution

### 4.1. CALCUL DE L'INVESTISSEMENT

4.1.1. Calcul du coût du matériel :

Coût câble :  $66,58 \times 50 \times 2 \times 3 = 19\,974 \text{ €}$

Coût matériel :  $39\,172 + 52\,826 + 2\,000 + 5\,000 = 98\,998 \text{ €}$

Coût total :  $19\,974 + 98\,998 = 118\,972 \text{ €}$

4.1.2. Calcul du coût de la main d'œuvre :

$200\text{h} \times 29 \text{ €} = 5\,800 \text{ € HT}$

4.1.3. Coût total de l'installation pour une centrifugeuse :

$118\,972 + 5\,800 = 124\,772 \text{ € HT}$

| Désignation                                                | Prix unitaire            | Quantité      | Coût HT      |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------|
| Câble liaison moteur - variateur                           | 66,58 €.ml <sup>-1</sup> | 3 x 2 x 50 ml | 19 974,00 €  |
| Matériels (moteur, variateur, divers)<br>+ mise en service |                          |               | 98 998 €     |
| Main d'œuvre                                               | 29 €.h <sup>-1</sup>     | 200 h         | 5 800 €      |
| Coût total installation                                    |                          |               | 124 772,00 € |

### 4.2. CALCUL DU GAIN ESTIME

4.2.1. Calcul du rendement de la transformation

$120\,000 / 700\,000 = 17,14\%$

4.2.2. Calcul de la masse de betteraves traitées

$12\,000 \times 70 = 840\,000 \text{ t}$

4.2.3. Calcul de la quantité de sucre supplémentaire produit

$(840\,000 - 700\,000) \times 120\,000 / 700\,000 = 24\,000 \text{ t}$

4.2.4. Calcul du chiffre d'affaire

$24\,000 \times 335 = 8\,040\,000 \text{ €}$

### 4.3. BILAN ÉCONOMIQUE

4.3.1. Calcul du surcoût d'achat des betteraves

$2\,000 \times 38 \times 70 = 5\,320\,000 \text{ € HT}$

4.3.2. Calcul du surcoût de l'énergie

$24\,000 \times 0,124 \times 850 = 2\,529\,600 \text{ € HT}$

4.3.3. Calcul du temps de retour sur investissement

Investissement pour 6 centrifugeuses =  $124\,772 \times 6 = 748\,632 \text{ €}$

Gain annuel =  $8\,040\,000 - 2\,529\,600 - 5\,320\,000 = 190\,000 \text{ €}$

T.R.I. =  $748\,632 / 190\,000 = 3,94$  soit 4 ans