

Brevet de Technicien Supérieur ELECTROTECHNIQUE

STATION DE SKI DE "LA FOUX D'ALLOS" LE SYSTEME "YORK" DE FABRICATION DE LA NEIGE

Constitution du sujet

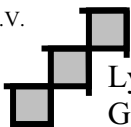
- CAHIER n°1 : Présentation de l'avant projet : Page 2 / 30 à 10 / 30
- CAHIER n°2 : Etude de l'alimentation hydraulique : Page 11 / 30 à 13 / 30
- CAHIER n°3 : Dimensionnement du moteur de la pompe : Page 14 / 30 à 19 / 30
- CAHIER n°4 : Protection du matériel et régime du neutre : Page 20 / 30 à 30 / 30

Document réponse

- PARTIE A : Page 2 / 14 à 4 / 14
- PARTIE B : Page 5 / 14 et 7 / 14
- PARTIE C : Page 8 / 14 à 14 / 14

Rédiger toutes les réponses sur les documents réponses

Il est conseillé d'apporter le plus grand soin à la rédaction de votre travail, notamment aux représentations graphiques : il en sera tenu compte dans la notation.



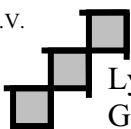
CAHIER N° 1 : PRESENTATION

STATION DE SKI DE "LA FOUX D'ALLOS" **LE SYSTEME "YORK" DE FABRICATION DE LA NEIGE**

- | | |
|--|-----------|
| ✓ Intérêt de la fabrication de la neige de culture | PR1 |
| ✓ Fabrication de la neige de culture | PR1 à PR3 |
| ✓ La station de "La Foux d'Allos" | PR3 |
| ✓ Le système "York" de fabrication de la neige | PR3 à PR7 |
| ✓ La zone d'étude sur l'enneigement | PR8 |

Ce dossier de présentation contient les documents suivants :

- ▶ 8 pages numérotées de PR 1 à PR 8



INTERET DE LA FABRICATION DE LA NEIGE DE CULTURE

Depuis deux décennies, le tourisme hivernal s'est affirmé comme une composante essentielle de l'économie des zones de montagne, en apportant aux populations des massifs français d'importantes possibilités de développement.

D'abord localisées dans les secteurs de haute altitude, les stations de sports d'hiver ont eu tendance à se multiplier à des altitudes plus basses bénéficiant d'un enneigement naturel moindre.

Le souci majeur des exploitants de domaines skiables reste, sur une période d'ouverture et de fermeture pré-décidée souvent antérieurement, de pouvoir offrir à leur clientèle la garantie de possibilité de pratique du ski et ce, dans des conditions optimum de qualité et de quantité du manteau neigeux.

La production de neige de culture n'est donc pas une fin en soi, mais simplement le moyen d'honorer le contrat moral existant entre le prestataire de service et le client. Cette production doit se doter de moyens suffisants pour permettre la constitution partielle ou totale d'un manteau neigeux dans les cas les plus défavorables, de manière à offrir une prestation entière qui sera invariablement proportionnelle aux recettes envisagées.

FABRICATION DE LA NEIGE DE CULTURE

Pour produire de la neige de culture, il faut projeter dans un air à température négative, un brouillard d'eau très finement pulvérisé, à grande distance. Sous l'influence de l'air froid, les gouttelettes d'eau se refroidissent, se congèlent, avant de retomber congelées sur le sol. (Il n'est économiquement pas concevable de fabriquer de la neige à une température supérieure à -4°C humide).

Contrairement à la neige naturelle, la formation du cristal de neige de culture ne provient pas d'un phénomène de condensation solide de la vapeur d'eau (passage direct de l'état gazeux à l'état solide), mais simplement de la solidification des gouttelettes d'eau (passage de l'état liquide à l'état solide) : c'est pourquoi les cristaux de neige de culture ont l'apparence de granules de formes sphériques.

Propriétés physiques de la neige de culture

Plus stable sur les plans thermodynamiques et mécaniques, la neige de culture ne se tasse que très peu.

Sa densité, en moyenne 4 fois supérieure à la neige naturelle fraîche et sèche (masse volumique de 400 kg/m^3), confère à ce matériau une plus grande facilité de cohésion et un potentiel de résistance mécanique plus élevé. La qualité de fabrication peut être sélectionnée en faisant varier le débit instantané d'eau.

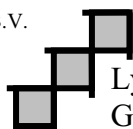
Il est couramment admis que l'on produit deux m^3 de neige de culture à partir d'un m^3 d'eau.

Qualités de la neige de culture

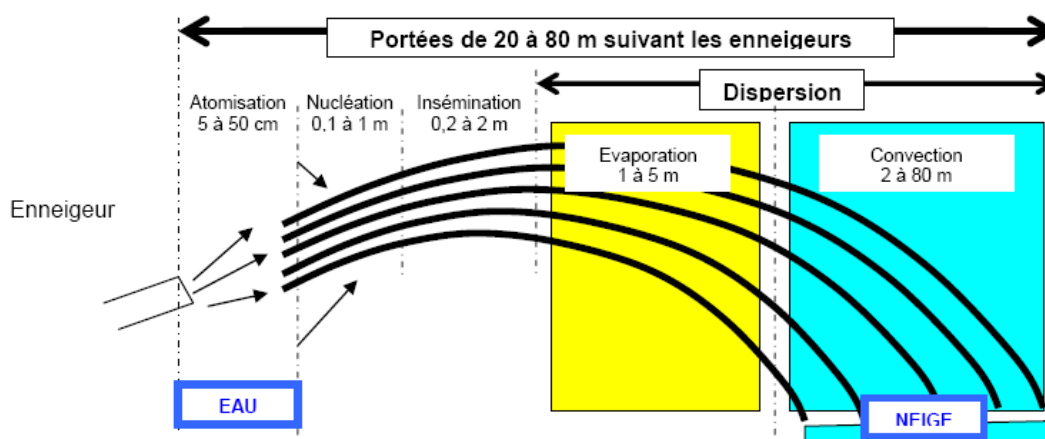
En fonction de la teneur en eau liquide au sein de la neige produite, on distingue plusieurs qualités de neige :

- Avec une teneur en eau proche de 0%, la neige est dite "sèche". Difficilement préhensible, elle ne permet pas la formation de boules de neige par compression.
- Avec une teneur en eau liquide proche de 2%, la neige est dite "peu humide". Elle autorise la formation de boules de neige par compression et retrouve son apparence initiale après fragmentation.
- Avec une teneur en eau liquide comprise entre 2 et 4%, la neige est dite "humide". Elle permet la formation de boules de neige sans retour possible à l'état initial après fragmentation.
- Avec une teneur en eau liquide supérieure à 4%, la neige est dite mouillée. Une boule de neige formée prend la couleur de la glace, elle ne se fragmente pas et de nombreuses gouttelettes se forment pendant la compression.

- PR 1 -



Principe de fabrication de la neige de culture



Différentes phases :

✓ Atomisation ou fragmentation

La première étape dans la transformation de l'eau en neige est l'atomisation du jet d'eau en fines gouttelettes dont la taille permet la cristallisation en glace dès qu'elles sont projetées dans l'air ambiant à température négative. Le diamètre courant des gouttelettes varie de 0,2 à 0,8 mm.

✓ Nucléation

La nucléation est la formation en parallèle avec l'atomisation de microcristaux de glace (noyaux de nucléation) qui serviront à inséminer les gouttelettes d'eau à la sortie de l'enneigeur.

La formation de ces noyaux de nucléation se fait à travers les étapes suivantes :

- Mélange air/eau sous pression avec une très forte proportion en air dans la chambre d'un nucléateur,
- Expulsion et fragmentation du mélange par un orifice finement calibré du nucléateur,
- Détente brutale de l'air qui provoque un fort refroidissement ambiant en sortie de nucléateur,
- Cristallisation immédiate à température négative des particules d'eau formant ainsi des noyaux de nucléation.

✓ Insémination

L'insémination qui est la rencontre du flux de nucléation et du flux d'eau principal atomisé permet la transformation des gouttelettes en grains congelés.

L'eau pure ne congèle pas naturellement à 0°C, mais autour de -8°C à -12°C. L'insémination occasionne le déclenchement de la congélation en rompant l'état d'équilibre de l'eau en surfusion et permet ainsi de ramener le seuil vers -2°C humide.

✓ Dispersion

La dispersion des particules dans l'air ambiant froid permet à l'eau de se transformer en glace avant de tomber sur le sol. Cette dispersion est nécessaire pour donner du temps à l'introduction de noyaux de nucléation et permettre les différents échanges thermiques entre la goutte et l'air ambiant.

La dispersion est obtenue de différentes façons :

- Détente d'air comprimé,
- Flux d'air d'un ventilateur,
- Détente d'eau à forte pression,
- Combinaison des trois techniques précédentes.

- PR 2 -

✓ **Evaporation**

Lorsque la gouttelette est projetée dans l'air ambiant, sa partie extérieure s'évapore en utilisant les calories contenues dans l'eau, ce qui entraîne un abaissement de la température et facilite la congélation.

✓ **Convection**

Cette étape caractérise l'échange de chaleur entre l'air ambiant et l'eau.

LA STATION DE LA FOUX D'ALLOS



Photo: office de tourisme d'Allos

Située dans les Alpes de haute Provence, la station de la Foux d'Allos est l'une des plus grandes stations du Val d'Allos (vallée du Haut Verdon). Elle présente, en liaison avec les stations voisines, 230 km de pistes de ski alpin et plus de 100 km de pistes de ski de fond. La station de la Foux d'Allos dispose d'un très bon enneigement et du soleil réputé des Alpes du sud.

LE SYSTEME "YORK" DE FABRICATION DE LA NEIGE

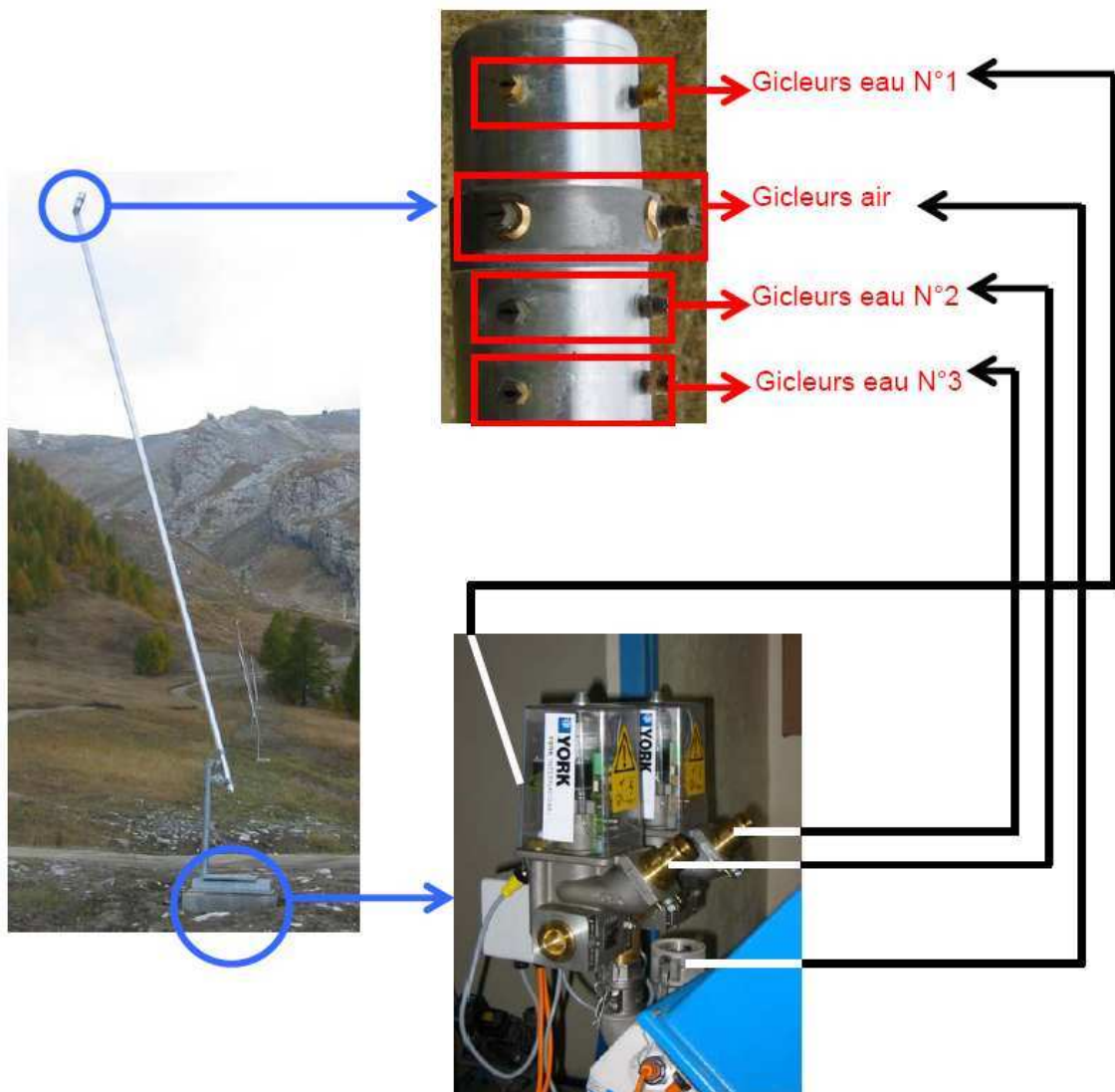
✓ **Les enneigeurs**

Il existe deux technologies communément appelées bifluide et monofluide, qui selon le cas, font appel à des réseaux d'alimentation en air, eau, énergie électrique.

Les enneigeurs de type "RUBIS R10", principalement utilisés pour le système "YORK" étudié, sont de type bifluide à mélange externe :

Ce canon utilise le principe de la pulvérisation direct d'eau à travers trois circuits, équipés chacun de deux buses calibrées. Le premier ensemble de buses est alimenté directement par la vanne de piste, le deuxième et le troisième sont alimentés en fonction des températures extérieures par deux vannes additionnelles. La nucléation est assurée par deux nucléateurs qui pulvérisent de l'air.

- PR 3 -



A partir d'une température de -4°C humide, les gicleurs "N°1" sont alimentés, lorsque la température baisse, les gicleurs "N°2" puis "N°3" sont à leur tour alimentés. L'alimentation en air par les gicleurs d'air est continue.

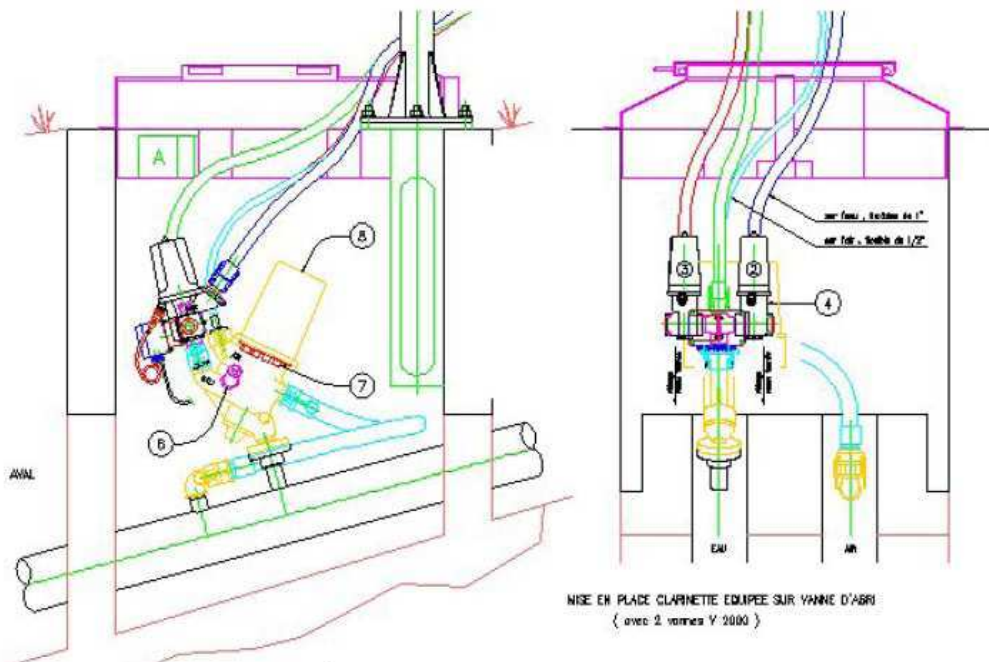
Pour les canons "Rubis R10" utilisés, la pression d'eau est de 40 bars pour un débit variant de 5,1 à $12,7\text{ m}^3/\text{h}$ en fonction de la température extérieure.

✓ **Equipements des pistes**

Les enneigeurs sont raccordés sur les différents réseaux qui circulent le long de la piste. Tous les 40 m environ sont situés des abris dans lesquels sont montées les vannes motorisées qui alimentent les canons en air et eau.

Des modules de communication, situés dans chaque abri, permettent de dialoguer en permanence avec l'ordinateur de pilotage. Ils envoient les informations de température, hygrométrie et vitesse du vent recueillies à proximité des enneigeurs, et transmettent aux vannes motorisées les ordres d'ouverture et de fermeture.

- PR 4 -



✓ Les ressources énergétiques

Les équipements de distribution d'énergie électrique peuvent être identifiés en trois sous-ensembles implantés dans le poste électrique :

- Ensemble moyenne tension : cette tension de 20 000 volts arrive dans des armoires électriques appelées cellules moyenne tension, équipées des organes de sectionnement et de protection tels que : interrupteurs, fusibles, disjoncteurs.
- Transformation : à l'aval des cellules moyenne tension on trouve les transformateurs qui convertissent la moyenne tension en basse tension.
- Ensemble basse tension : le transformateur alimente en courant basse tension (410 volts) le TGBT (tableau général basse tension), équipé des disjoncteurs de protection qui alimentent les armoires de puissance et de commande.

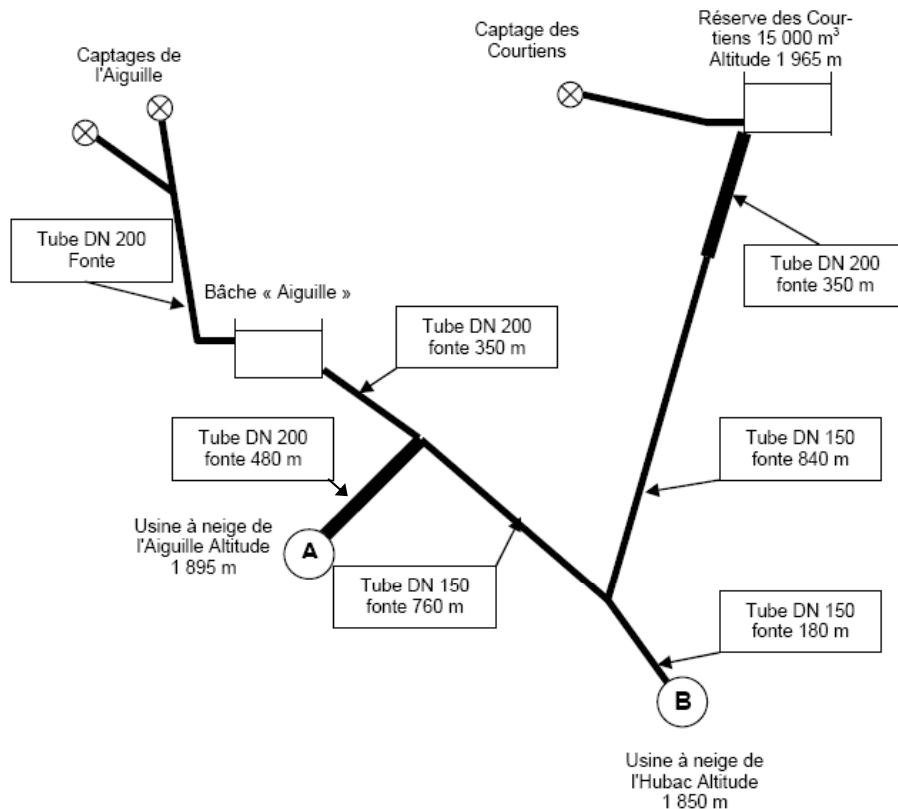


- PR 5 -

✓ Ressources en eau

Le système complexe, commun aux deux usines à neige de la station et à l'alimentation en eau potable des bâtiments à usage d'habitations de commerces et industriels, est alimenté en eau par plusieurs captages qui approvisionnent plusieurs réservoirs tampons.

L'alimentation en eau des usines à neige peut être représentée par le modèle simplifié ci-dessous.



"A" : Compteur de l'usine à neige de l'Aiguille

"B" : Compteur de l'usine à neige de l'Hubac

✓ Salle des machines (schéma page PR7)

Circuits eau

L'eau filtrée, en provenance des réserves [repère A], est acheminée vers un réservoir appelé "bac chaud" au travers d'un système de régulation de niveau.

Du "bac chaud", l'eau est reprise par la pompe [repère G] et dirigée vers une tour de refroidissement [repère B]. Dans cette tour, l'eau est dispersée au sommet où elle retombe en pluie en croisant, à contre courant, un flux d'air froid engendré par un ventilateur. De cette rencontre s'opèrent un échange de chaleur et un abaissement de la température de l'eau (2 à 3°C maximum).

L'eau refroidie est dirigée vers un autre réservoir appelé "bac froid", elle est destinée à l'alimentation des circuits d'enneigement.

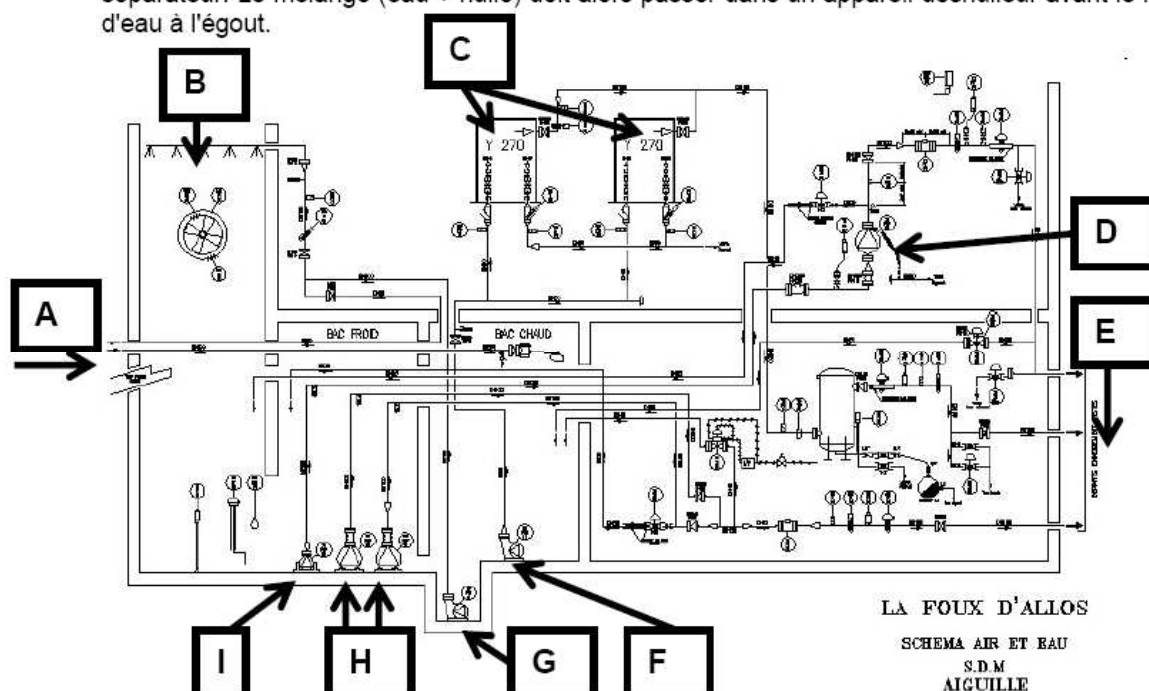
Circuit air

L'air nécessaire au fonctionnement des enneigeurs est comprimé par des compresseurs [repère C] de grandes capacités et de fortes puissances.

- PR 6 -

L'air, à la sortie des compresseurs, doit subir plusieurs traitements avant d'être envoyé vers les enneigeurs via la sortie [repère E].

- Refroidissement : la compression élève la température de l'air (80 à 100°C), il est donc important de le refroidir à une température la plus basse possible (le plus proche de 0°C) pour ne pas pénaliser le rendement des enneigeurs et pour permettre l'extraction de l'humidité qu'il contient. Cette opération est réalisée dans un échangeur à double circuit, air comprimé / eau, issue du "bac froid".
- Séparation des condensats : le refroidissement condense la vapeur d'eau contenue dans l'air comprimé et entraîne des gouttelettes qui doivent être extraites pour ne pas polluer le réseau et perturber le fonctionnement général de l'installation. Cette opération est réalisée dans un "séparateur".
- Séparation des huiles de lubrification : dans le cas d'utilisation de compresseurs lubrifiés, une petite partie d'huile, présente dans l'air comprimé, se retrouve dans les condensats à la base du séparateur. Le mélange (eau + huile) doit alors passer dans un appareil déshuileur avant le rejet d'eau à l'égout.



- "A" Arrivée d'eau de la conduite d'alimentation après comptage.
- "B" Tour de refroidissement de l'eau.
- "C" Compresseurs d'air.
- "D" Pompe haute pression d'enneigement (sujet de l'étude).
- "E" Sortie eau et air de la salle des machine vers les canons à neige.
- "F" Pompe de réfrigération de l'air des compresseurs.
- "G" Pompe de la tour de refroidissement de l'eau.
- "H" Pompes immergées.
- "I" Pompe de gavage.

✓ **Contrôle et gestion des installations d'enneigement**

La gestion de l'installation est entièrement automatisée, le calculateur collecte les informations issues des pistes (températures, humidité, pression, vent) et reçoit les ordres de l'exploitant concernant les secteurs prioritaires pour l'enneigement et la qualité de neige souhaitée. En fonction des éléments d'entrée, le calculateur provoque le pilotage de l'ensemble des constituants de l'installation de manière à optimiser au maximum la production de neige et sauvegarde l'historique du fonctionnement qui pourra éventuellement être édité.

- PR 7 -

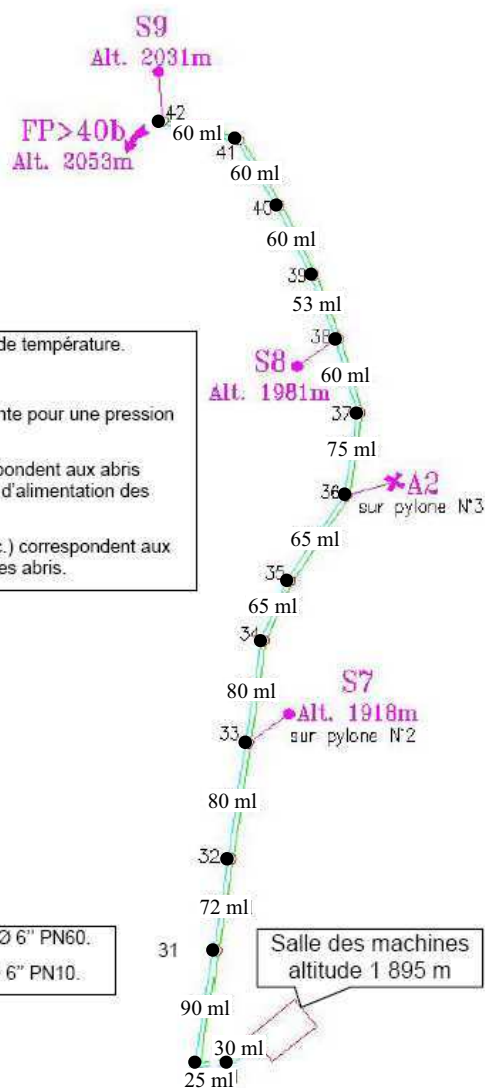
LA ZONE D'ETUDE SUR L'ENNEIGEMENT

La zone d'étude proposée concerne l'enneigement des pistes issues du télésiège de l'aiguille situé sous l'observatoire, voir ci-dessous.



ZONE D'ETUDE

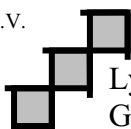
Enneigement des pistes "3 évêchés" et "S. Gousseault" desservies par le télésiège "AIGUILLE".
La disposition des différents canons est donnée ci-dessous.



- S7, S8 et S9 sont des sondes de température.
- A2 est un anémomètre.
- FP>40b est une fuite permanente pour une pression supérieure à 40 bars.
- Les repères de 31 à 42 correspondent aux abris contenant les vannes « York » d'alimentation des canons.
- Les distances (60 ml, 75 ml etc.) correspondent aux longueurs de tuyauterie entre les abris.

- Tuyauterie d'amenée d'eau ; Ø 6" PN60.
- Tuyauterie d'amenée d'air ; Ø 6" PN10.

- PR 8 -



CAHIER N° 2 : PARTIE A

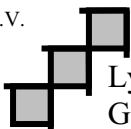


ÉTUDE DE L'ALIMENTATION HYDRAULIQUE DES CANONS À NEIGE

- ✓ Analyse de la zone d'étude -A 1-
- ✓ Etude de l'alimentation en eau de l'usine à neige -A 2-

Ce dossier contient les documents suivants :

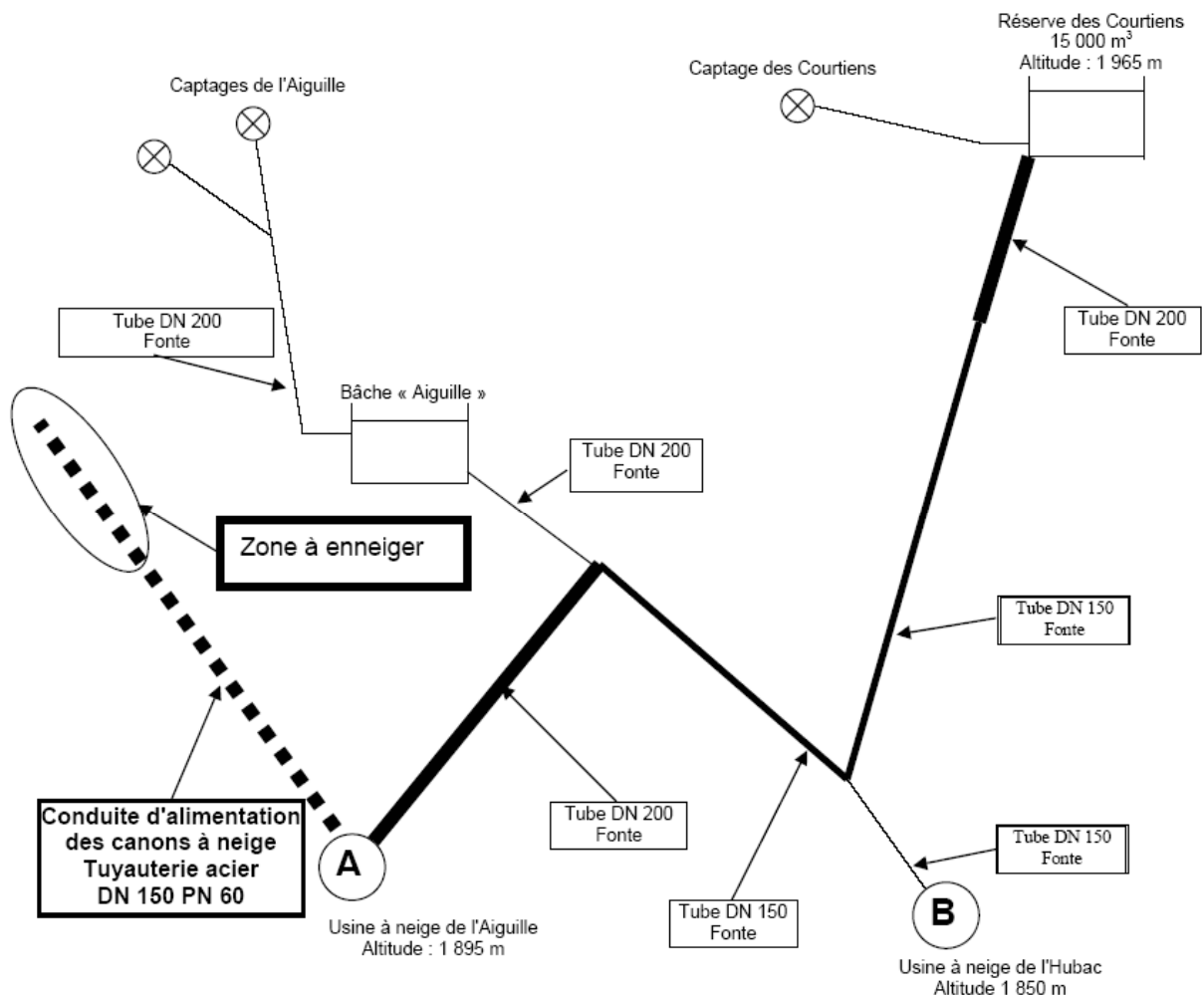
➤ 2 pages numérotées de A 1 à A 2



A1 ANALYSE DE LA ZONE D'ETUDE

Objectif : À partir du dossier de présentation de l'installation, identifier les caractéristiques nécessaires au dimensionnement de certaines parties de l'installation.

Les installations de production d'eau potable pour les logements et bâtiments de la station puisent principalement sur les captages de l'aiguille. Pour notre étude, nous considérerons que seule la réserve des Courtiens dont la surface libre est à 1 965 m alimente les deux usines à neige. D'où le schéma suivant : les traits forts correspondent aux conduites utilisées.



- QUESTION n°1 :** La réserve des Courtiens sert à l'alimentation en eau du système de production de neige de culture de la station : **Donner** la variation d'altitude entre la surface libre de la réserve des Courtiens et la salle des machines de l'usine à neige de l'aiguille.
- QUESTION n°2 :** La conduite d'amenée de l'eau de la réserve des Courtiens à la salle des machines de l'usine à neige de l'aiguille est constituée de tuyauteries DN 150 et DN 200. **Donner**, pour chacune de ces tuyauteries, la longueur utilisée.
- QUESTION n°3 :** **Donner** les caractéristiques de la conduite d'alimentation en eau des canons à neige de la salle des machines à l'abri 42 (longueur et caractéristiques).
- QUESTION n°4 :** **Donner** les caractéristiques du canon "Rubis R10" (débit d'eau maximum et pression d'eau).

A2 ETUDE DE L'ALIMENTATION EN EAU DE L'USINE A NEIGE.

Objectif : Valider le dimensionnement de la conduite d'amenée

L'usine à neige est alimentée par la réserve des Courtiens, la conduite forcée entre ce lac et l'usine présente les caractéristiques définies au A 1

La conduite est réalisée de manière à rendre les pertes de charges singulières négligeables (pertes d'énergie dues aux incidents de parcours : coudes, rétrécissements brusques, élargissements brusques, etc..) sauf le compteur pour lequel la perte de charge est de 0,5 mce (mètre de colonne d'eau) et donc seules les pertes de charge linéaires (pertes d'énergie) et la perte de charge du compteur seront prises en compte.

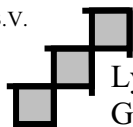
QUESTION n°5 : **Déterminer**, à l'aide de l'abaque fourni dans le dossier réponses (page 3 / 14), la perte de charge donnée en "mètre de colonne d'eau pour 100 m de conduite" pour chacun des diamètres de conduite. Prendre le débit maxi de la pompe $150 \text{ m}^3 / \text{h}$.

- Le tube DN 150 a un diamètre intérieur de passage de : 160,3 mm

- Le tube DN 200 a un diamètre intérieur de passage de : 210,1 mm

QUESTION n°6 : **Calculer** la perte de charge totale pour toute la conduite (les pertes de charge linéaires et perte de charge singulière dans le compteur).

QUESTION n°7 : **Montrer** que l'altitude de la réserve des Courtiens permet l'alimentation par gravité de la salle des machines de l'usine à neige de l'aiguille avec cette conduite.



CAHIER N° 3 : PARTIE B



DIMENSIONNEMENT DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT DE LA POMPE « WDX E7 »

- ✓ Couplage du moteur -B 1-
- ✓ Alimentation par démarreur progressif -B 2-

Ce dossier contient les documents suivants :

- 2 pages numérotées de B 1 à B 2
- 3 pages numérotées de DT B1 à DT B3

Objectifs généraux de l'étude :

- Détermination du couplage du moteur.
- Etudier le fonctionnement du moteur alimenté par un démarreur électronique.

La pompe d'enneigement est entraînée par un moteur asynchrone triphasé à cage d'écurie dont les caractéristiques sont données ci-dessous :

LEROY SOMER

PLS 315 MG2 - 315 kW - 553 A Δ / 319 A Y - 2970 tr / min - 400 / 690 V

$\cos \varphi = 0.86$ - $\eta = 0.95$ - IP 23 - classe F - 940 kg

$I_d / I_n = 6.4$ - $C_d / C_n = 1.9$ - $C_m / C_n = 2.6$ - $J = 2.375 \text{ kg.m}^2$

Le réseau est triphasé $3 \times 400 \text{ V} \sim / 50 \text{ Hz}$

B1 COUPLAGE DU MOTEUR

QUESTION n°8 : Préciser comment doit être couplé le moteur et représenter la plaque à bornes normalisées avec les barrettes de couplage. Justifier votre réponse.

La pompe est de type "FLOWSERVE 4 WDX E 7D", elle est entraînée par un moteur "LEROY SOMER LS315 MG 2" à une fréquence de rotation de 2 970 tr / min, elle doit délivrer un débit maximum de $150 \text{ m}^3/\text{heure}$ sous une pression maximum de 500 m de colonne d'eau.



Photo 1 pompe d'enneigement (moteur + pompe)



Photo 2 Pompe multicellulaire haute pression WDX E7D

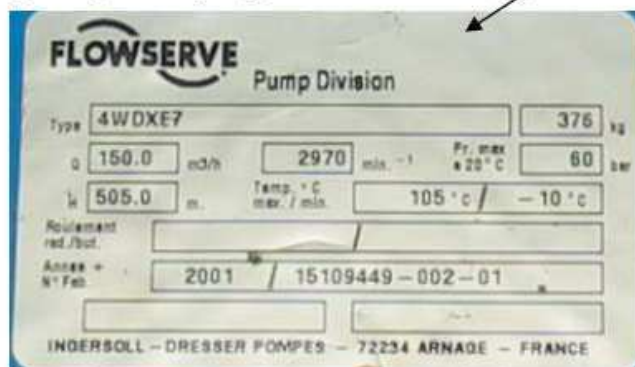


Photo 3 Plaque signalétique de la pompe

B2 ALIMENTATION DU MOTEUR D'ENTRAÎNEMENT PAR UN DEMARREUR PROGRESSIF

- B 2 -

QUESTION n°9 : Calculer le courant au démarrage du moteur dans le cas d'un démarrage direct sur le réseau.

QUESTION n°10 : Préciser quelle serait la conséquence de cette valeur de courant au niveau de l'installation.

- Dans le cas d'un démarrage direct, sous la tension nominale V , le moteur absorbe le courant I_d et développe un couple C_d .
- Au démarrage avec le démarreur, sous la tension V' , le moteur absorbe le courant I_d' et développe un couple C_d' .
- On suppose que la réduction de couple pendant le démarrage est égale au rapport du carré des courants.

$$\frac{C_d'}{C_d} = \left(\frac{I_d'}{I_d} \right)^2$$

- Le démarreur est réglé pour avoir une limitation du courant à $3 I_n$.

QUESTION n°11 : Calculer le nouveau couple de démarrage avec le démarreur en vous aidant des caractéristiques du moteur et du document DT B1.

QUESTION n°12 : Compléter sur le document réponse page 5 / 14, la courbe de couple $C_d' / C_n = f(N)$ obtenue par l'intermédiaire du démarreur électronique.

Le moteur asynchrone triphasé est alimenté par le démarreur électronique dont le schéma synoptique vous est donné dans l'annexe DT B2.

Ce démarreur électronique est constitué par :

- trois paires de deux semi-conducteurs tête-bêche mis en série sur les phases statoriques du moteur.
- une carte électronique de contrôle réalisant la commande de phase des semi-conducteurs, les surveillances et protections de l'ensemble démarreur – moteur et l'interface utilisateur.

QUESTION n°13 : Identifier le type de semi-conducteurs utilisés dans ce montage.

QUESTION n°14 : Décrire en quelques lignes, le principe de fonctionnement de la partie puissance. Dessiner la forme du signal pour un retard à l'amorçage de $\pi / 2$.

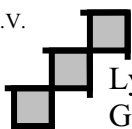
QUESTION n°15 : Préciser sur quel(s) paramètre(s) électrique(s) le montage intervient afin de démarrer le moteur progressivement.

QUESTION n°16 : Préciser quels sont les critères qui conditionnent le choix du démarreur électronique.

QUESTION n°17 : En vous aidant des caractéristiques du moteur et de son environnement, choisir le démarreur électronique qu'il convient d'utiliser dans cette application. Préciser la désignation complète de l'appareil choisi (document DT B3).

QUESTION n°18 : Donner les avantages et les principaux inconvénients de ce procédé de démarrage.

B.V.



Lycée M. M. FOURCADE
Gardanne

TD N°2

Fabrication de neige artificielle

B.T.S 1^{ème} année

Page 16 / 30

CAHIER N°4 : PARTIE C



ÉTUDE DE LA PROTECTION DU MATERIEL ET DU SCHEMA DES LIAISONS À LA TERRE

- ✓ Justification du choix de l'appareillage de protection -C 1-
- ✓ Sélectivité des protections -C 2-
- ✓ Chute de tension -C 3-
- ✓ Schéma de liaison à la terre -C 4-

Ce dossier contient les documents suivants :

- 3 pages numérotées de C 1 à C 3
- 7 pages numérotées de DT C1 à DT C7

INTRODUCTION

Objectifs généraux de l'étude :

- Justifier le choix des dispositifs de protection de la salle des machines.
- Etudier le schéma de liaison à la terre.

Le document DT C1 donne le schéma unifilaire du Tableau Général Basse Tension de l'installation d'enneigement.

C1 BILAN DES PUISSANCES AU NIVEAU DE LA SALLE DES MACHINES DE L'USINE A NEIGE

Le schéma général du TGBT fait apparaître quatre actionneurs principaux dont les caractéristiques sont rappelées ci-dessous :

Actionneurs	Pu	Rendement	Cosinus φ	Tension
Compresseur 1	200 kW	0.90	0.87	400 V
Compresseur 2	200 kW	0.90	0.87	400 V
Pompe immergée 1	92 kW	0.93	0.88	400 V
Pompe immergée 2	75 kW	0.91	0.88	400 V
Moteur + Pompe d'enneigement	315 kW	0,95	0,86	400 V

QUESTION n°19 : Calculer pour chaque branche, le courant d'emploi.

QUESTION n°20 : Justifier le choix du calibre des disjoncteurs repérés Q2, Q3, Q4 et Q5.

QUESTION n°21 : En tenant compte d'un coefficient global de simultanéité et d'utilisation $K_{su} = 0.75$, calculer le courant d'emploi total à l'arrivée du jeu de barres de l'usine à neige et justifier le choix du calibre du disjoncteur repéré Q1.

C2 CALCUL DES COURANTS DE COURTS-CIRCUITS

L'intensité du courant de court-circuit est à calculer au niveau du jeu de barres de la salle des machines, ceci afin de déterminer les caractéristiques du matériel qui doit supporter ou couper ce courant de défaut.

QUESTION n°22 : Calculer les courants de courts-circuits triphasés au niveau du jeu de barres B2 et au niveau du moteur de pompes. Compléter littéralement et numériquement le tableau du document réponse page 8 / 14.

QUESTION n°23 : Justifier le choix du pouvoir de coupure des disjoncteurs Q1 et Q4.

C3 REGLAGE DU DISJONCTEUR Q4 ET SELECTIVITE AVEC Q1

Le disjoncteur Q4 qui alimente le départ terminal de la pompe d'enneigement est un appareil de type « COMPACT NS 630 N » muni d'un déclencheur électronique STR 23 SE dont les caractéristiques sont données sur le document DT C4 et suivants.

On trouve sur le déclencheur électronique les paramètres :

- ♦ $I_0 = K_0 \times I_n$ avec K_0 ayant une des valeurs suivantes :
0,5 – 0,63 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1.
- ♦ $I_R = K_R \times I_0$ avec K_R ayant une des valeurs suivantes :
0,8 – 0,85 – 0,88 – 0,9 – 0,93 – 0,95 – 0,98 – 1.

QUESTION n°24 : Déterminer la valeur de réglage du déclenchement long retard LR contre les surcharges pour un fonctionnement nominal de la pompe d'enneigement.

Le document DT C6 vous donne les courbes de fonctionnement des disjoncteurs Q1 et Q4.

QUESTION n°25 : Préciser en quoi consiste la sélectivité des protections.

QUESTION n°26 : Nommer au moins deux techniques pouvant être mises en oeuvre pour assurer une bonne sélectivité dans la protection d'un réseau électrique.

QUESTION n°27 : Préciser s'il y a sélectivité entre les disjoncteurs Q4 et Q1 et justifier votre réponse.

QUESTION n°28 : Déterminer la valeur de réglage du déclencheur court retard CR contre les courts-circuits pour que la sélectivité soit assurée lors d'un court circuit en aval de Q4. Justifier votre réponse.

C4 CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION A L'EXTREMITÉ DU CÂBLE C3

La norme tolère une chute de tension maximale de 5%, entre l'origine de l'installation BT et l'utilisation dans le cas d'une application de force motrice alimentée par le réseau BT de distribution publique.

QUESTION n°29 : Calculer la chute de tension dans le câble C3 (en volts et en % de Un) à partir de l'expression :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times (\rho \times \frac{L}{S} \times \cos \varphi + X \times L \times \sin \varphi) \times I_B$$

- ◆ ΔU chute de tension en V
- ◆ I_B courant d'emploi en A
- ◆ L longueur de la canalisation en m
- ◆ ρ résistivité des conducteurs à 20°C, (0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre)
- ◆ S section des conducteurs en mm^2
- ◆ $\cos \varphi$ facteur de puissance pris égal à 0,8 (sin $\varphi = 0,6$)
- ◆ X réactance linéique du câble, soit 0,15 m Ω/m (câbles unipolaires espacés)

QUESTION n°30 : Sachant que la chute de tension en fonctionnement normal dans la liaison électrique entre le transformateur et le disjoncteur Q4 est de 3,5 V. Calculer la chute de tension relative à l'extrémité du câble (en volts et en % de Un).

QUESTION n°31 : Commenter le résultat obtenu.

C5 SCHEMA DE LIAISON A LA TERRE (SLT)

En France, les Schémas de Liaison à la Terre basse tension sont régis par la norme NFC 15 100. Le terme « Schéma de Liaison à la Terre » est à utiliser plutôt que le terme « régime de neutre » couramment employé.

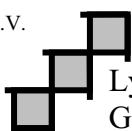
Le Schéma des Liaisons à la Terre de l'usine à neige est TNS.

QUESTION n°32 : Définir chacune de ces trois lettres.

QUESTION n°33 : Rappeler les caractéristiques du S.L.T de l'installation notamment en ce qui concerne :

- ◆ les techniques d'exploitation,
- ◆ les dispositifs de protections,
- ◆ les contraintes et avantages.

QUESTION n°34 : Définir le nombre de pôles des disjoncteurs Q1 et Q4.



QUESTION n°35 : Définir la notion de contact indirect et indiquer les mesures de protection mises en oeuvre dans ce schéma de liaison à la terre pour protéger les personnes de ce type de défaut.

Un schéma multifilaire simplifié de l'installation est représenté document DT C7. Un défaut d'isolement (défaut franc $R_d = 0\Omega$) met en contact une phase et la masse métallique de la pompe à l'intérieur de la salle des machines.

On suppose qu'en cas de défaut :

- ◆ les impédances en amont du départ considéré provoquent une chute de tension de 20 %. La tension au niveau du dispositif de protection est donc égale à 80 % de la tension assignée V_n , tension simple en volts, en service normal à l'endroit où est installé le dispositif de coupure.
- ◆ les caractéristiques du réseau amont au dispositif de protection sont représentées par l'impédance de la boucle de défaut $Z_b = 15 \text{ m}\Omega$. Cette impédance tient compte de la réactance linéique des conducteurs et des résistances et réactances équivalentes aux conducteurs de phase et aux conducteurs de protection parcourus par le courant de défaut.

QUESTION n°36 : Dessiner sur le document réponse page 12 / 14, la circulation du courant de défaut et représenter un schéma équivalent complet de la boucle de défaut.

QUESTION n°37 : Calculer le courant de défaut I_d parcourant la boucle de défaut et expliquer si la protection Q4 «s'ouvrira» ou non.

La norme NF C 15 – 100 impose pour le schéma TN que le seuil de déclenchement magnétique du disjoncteur soit inférieur au courant de court-circuit minimal.

Pour le disjoncteur Q4, il existe une longueur maximale de circuit L_{max} respectant la contrainte de déclenchement par le magnétique. Cette condition est imposée pour assurer la protection des personnes contre les contacts indirects.

$$L_{max} = \frac{0.8 \times V_n}{\rho \times I_m \times \left(\frac{1}{S_{PH}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)}$$

- ◆ V_n tension simple en V
- ◆ S_{PH} section du conducteur de phase en mm^2
- ◆ S_{PE} section du conducteur de protection en mm^2
- ◆ I_m courant de fonctionnement du déclencheur magnétique ou court retard de Q4
- ◆ ρ résistivité du conducteur en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Afin de tenir compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, on augmentera la résistivité des conducteurs de 1,5 fois celle à 20°C.

QUESTION n°38 : Calculer la longueur maximale de circuit L_{max} respectant la contrainte de déclenchement par le magnétique.

QUESTION n°39 : Commenter votre résultat.

QUESTION n°40 : Préciser quelles solutions pourraient être envisagées dans le cas où la longueur de circuit dépasserait la longueur maximale calculée.

