

Sommaire :

1. Réflexion sur les contenus de formation en A.D.M	p2
2. Exemple de progression annuelle calquée sur l'année scolaire 2024/2025	p3
3. Présentation de quatre activités significatives de cet enseignement :	p7
3.1. Activité de contrôle normatif d'installation	p7
3.2. Activité d'analyse d'audit et de suivi énergétique :	p12
3.3. Activité de maintenance curative :	p22
3.4. Activité de maintenance prédictive :	p25
4. Evaluation CCF continué	p28

Je tiens tout d'abord à remercier mon collègue de Sciences Physiques : M. Taribo, avec qui je partage ce co-enseignement mais qui n'a pas souhaiter participer à la rédaction de cet article.

La réforme 2020 du BTS Electrotechnique fait apparaitre un nouveau champ disciplinaire : l'A.D.M. (Analyse, Diagnostic, Maintenance). Cet enseignement devient en effet légitime car les services de maintenance des entreprises interviennent de plus en plus sur des systèmes électriques.

Cette nouveauté occasionne beaucoup d'interrogations sur les contenus, l'organisation et l'évaluation.

Dans l'académie de Rennes, l'urgent a été de travailler sur les épreuves certificatives E61 (étude détaillée), E62 (réalisation) certifiées en partie par les équipes enseignantes en charge des étudiants et lors d'une soutenance devant jury extérieur à l'établissement, enfin sur l'E4 (conception-étude préliminaire) certifiée par une épreuve ponctuelle mêlant Génie Electrique et Sciences Physiques. Par conséquent, l'épreuve E51 (A.D.M) qui est évaluée en CCF continué n'a été abordée collégialement que partiellement.

L'objectif de cet article est de proposer un exemple d'enseignement de l'A.D.M en seconde année (liée à la certification) avec

- ∞ une réflexion sur les contenus de formation en A.D.M
- ∞ un exemple de progression annuelle calquée sur l'année scolaire 2024/2025
- ∞ la présentation de quatre activités significatives de cet enseignement :
 - ↳ une activité de contrôle normatif d'installation avec restitution d'étudiants
 - ↳ une activité d'analyse d'audit et suivi énergétique
 - ↳ une activité de maintenance curative ou préventive
 - ↳ une activité de maintenance prédictive
 - ↳ la présentation de l'évaluation d'un étudiant en CCF continué à l'aide du logiciel Cpro (jusqu'à la fiche E51 certificative)

1. Réflexion sur les contenus de formation en A.D.M

Les contenus peuvent s'articuler suivant 3 axes :

∞ **Diagnostic et conformité**

Objectif : Réaliser des contrôles normatifs et fonctionnels

↳ *Activités de contrôle normatif d'installations et d'équipements (Pratiques)*

- * Installations tertiaires
- * Installations industrielles
- * Infrastructures (IRVE – Solaire ...)
- * Equipements (Moteurs sur banc – PO motorisée ...)
- * Véhicules électriques ou H₂ (automobile – bateaux ...)

↳ *Audits et suivis énergétiques (analyses relevés numériques)*

- * Installations tertiaires
- * Installations industrielles
- * Infrastructures (IRVE – Solaire ...)

☞ Optimisation de l'énergie

Objectifs : Analyser et proposer des solutions technologiques de sobriété énergétique

↳ *Activités d'analyses de fichier PAT ou PEL (analyses relevés numériques)*

- * Diminution de la tarification – puissance souscrite – puissance réactive
- * Sources autonomes : champ solaire en réinjection – autoconsommation - électrolyseur H₂ – pile à combustible ...
- * Sources stockage et continuité énergétique : N/S + Asi/Centrale inertielle - batteries – H₂ – pile à combustible ...
- * Asservissement et régulation (thermique – éclairage – industriel – loi de commande ...)
- * Interopérabilité et automatisation des systèmes (tertiaire – industriel – d'infrastructure ...)

☞ Maintenance curative-préventive - prédictive

Objectifs : Réaliser des opérations de maintenances curatives et préventives

↳ *Activités de maintenance curative (pratiques)*

- * Remplacement d'éléments dysfonctionnant de distribution ou de partie opérative
- * Configuration et paramétrage (réglage, mise à l'échelle, étalonnage ...)
- * Tests de conformité et tests opérationnels

↳ *Activités de maintenance préventive (pratiques)*

Elle tente d'anticiper la défaillance d'un équipement et de prendre des mesures correctives avant que la panne ne se produise.

- * Remplacement d'éléments sur estimation du cycle de vie de distribution ou de partie opérative
- * Configuration et paramétrage (réglage, mise à l'échelle, étalonnage ...)
- * Tests de conformité et tests opérationnels

↳ *Activités de maintenance prédictive (pratiques)*

La maintenance prédictive consiste à capturer et à analyser en temps réel des données propres aux équipements afin d'anticiper des problèmes potentiels et d'éviter une panne. La première étape du processus de maintenance prédictive implique la collecte de données et d'informations en temps réel issues des capteurs IoT (internet of things) en réseau qui informent sur l'état des équipements. Ces données doivent ensuite être stockées et gérées pour pouvoir être facilement traitées, analysées et accessibles.

- * Ajout d'éléments de communication ou de mesures/relevés
- * Configuration et paramétrage (réglage, mise à l'échelle, étalonnage ...)
- * Tests de conformité - tests opérationnels – tests d'interopérabilité

2. Exemple de progression annuelle calquée sur l'année scolaire 2024/2025

Notre promotion est constituée de 20 étudiant.e.s.

L'enseignement de l'A.D.M a lieu le vendredi matin de 9h à 12h en co-enseignement avec le professeur de Sciences physiques. Nous intervenons à deux dans le même temps et dans le même lieu en présence de tous les étudiant.e.s.

Organisation calendaire de la formation :

- Sept -Toussaint : 7 semaines
- Toussaint - Noël : 1 semaine (puis 6 semaines de stage)
- Noël – Février : 5 semaines
- Février - Printemps : 6 semaines
- Printemps - Examen : 3 semaines puis 2 semaines oraux

24 semaines soit 72 heures d'ADM/année

La progression se structure en 3 séquences

Rq : les activités notée « E51-# » sont des activités certificatives comptabilisées pour E51 finale et évaluées avec Cpro

Séquence n°1 :

		S36		S37		S38		S39		S40		S41		S42		S43	S44
		2-sept.	6-sept.	9-sept.	13-sept.	16-sept.	20-sept.	23-sept.	27-sept.	30-sept.	4-oct.	7-oct.	11-oct.	14-oct.	18-oct.	19-oct.	3-nov.
BTS2	ADM	Introduction à la certification Déroulement d'un contrôle normatif Les harmoniques de courant		Fin et récap harmonique de courant : appl aux activités Analyse normative EN 50160 Analyse Audit et suivi énergétique Maison individuelle		Rotation 1		Rotation 2		Rotation 3		Rotation 4		Rotation 5			
						ACT1 PEL Station épuration E51-1 Control install tertiaire E51-2 Control install industrielle ACT2 Pb Harmonique 3 ACT3 Solution pollution Harm											

☞ Séance S36 :

- * Introduction à la certification E51 d'ADM (*magistral*) 10 min
- * Déroulement d'un contrôle normatif d'installation tertiaire et industrielle (*magistral+ sur système*) 1h20
- * Les harmoniques de courant : Problèmes et solutions 1h10

☞ Séance S37 :

- * Fin et récapitulatif harmonique de courant : application aux activités 20 min
- * Analyse normative à travers la EN 50160 et la NFC 15100 1h
- * Analyse d'un audit et suivi énergétique (*Entrainement sur fichier PEL : Maison individuel en synchro avec les enseignants + corrigé en fin d'étude*) 1h10
 - ↳ Méthodologie
 - ↳ Analyse normative EN 50160
 - ↳ Analyse normative NFC 15100
 - ↳ Proposition de solutions constructives

☞ Séance S38/39/40/41/42 :

- * E51-1 : CCF-Contrôle d'installation tertiaire (3h – individuel)
- * E51-2 : CCF-Contrôle d'installation industrielle (3h – individuel)
- * Act-1 : Analyse d'un audit et suivi énergétique (fichier PEL Station d'épuration) (3h – binôme)
 - ↳ Cette activité est notée et rentre dans la moyenne du premier semestre
- * Act-2 : Problème de l'harmonique de courant de rang 3 (3h – binôme/trinôme)
- * Act-3 : Solution aux problèmes harmoniques de courant

Répartition des activités par étudiant.e.s :

BTS2 2024-2025	ADM Séquence n°1				
	S38	S39	S40	S42	S43
	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire
	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire
	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 4	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire
	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 4	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire
	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus
	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus
	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 4	E51-2 contrôle instal indus
	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 4	E51-2 contrôle instal indus
	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3
	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3
	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 4
	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 4
	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique
	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique
	ACT2-PB de l'harmonique 4	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique
	ACT2-PB de l'harmonique 4	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration	ACT3-Filtrage Harmonique
	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration
	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration
	ACT3-Filtrage Harmonique	ACT2-PB de l'harmonique 3	E51-2 contrôle instal indus	E51-1 contrôle instal tertiaire	ACT1-PEL Station épuration

☞ Séance S45 :

- * Eval individuelle : Analyse Audit et suivi d'énergie « Caserne pompier PEL » (classe entière 3h)

BTS2	ADM	S45		S46		S47		S48		S49		S50		S51		S52		S1	
		4-nov.	8-nov.	12-nov.	15-oct.	18-nov.	22-nov.	25-nov.	29-nov.	2-déc.	6-déc.	9-déc.	13-déc.	16-déc.	20-déc.	21-déc.	5-janv.		
		Eval Audi Individuelle																	
		Evaluation individuelle 3h Audit et suivis énergétiques PEL (Caserne de Pompier)																	

Séquence n°2 :

BTS2	ADM	S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8	
		6-janv.	10-janv.	13-janv.	17-janv.	20-janv.	24-janv.	27-janv.	31-janv.	3-févr.	7-févr.	8-févr.	23-févr.		
		Synthèse Seq 1 Prépa : Maintenance curative/préventive - Méthodologie Maintenance prédictive Photométrie Audit et efficacité énergétique- méthodologie		Séquence 2 Séance 1		Séquence 2 Séance 2		Séquence 2 Séance 2							

BTS2	ADM	S9		S10		S11		S12		S13		S14		S15		S16	
		24-févr.	28-févr.	3-mars	7-mars	10-mars	14-mars	17-mars	21-mars	24-mars	28-mars	31-mars	4-avr.	5-avr.	21-avr.		
		Séquence 2 Séance 3		Séquence 2 Séance 4		Séquence 2 Séance 4		Séquence n°3 Séance n°1 Synthèse séquence n°2 Maintenance curative/préventive/prédictive Photométrie Préparation Régulation et correcteur PID		Séquence n°3 Séance 1							

☞ Séance S2 :

- * Synthèse activité Contrôle d'installation / Harmoniques
- * Préparation activité de maintenance
- * Préparation activité photométrique

☞ Séance S3/4/5/6/9/10/11/12 :

- * E51-3 Maintenance curative – dépannage sur système industriel/tertiaire (3h)
- * E51-4 Maintenance préventive – changement élément et paramétrage (3h)
- * Act4 Maintenance prédictive – modification de programme, supervision, pilotage à distance, comptage cycle contacteur ... (6h)
- * Act5 Photométrie (6h)
- * Act6 Audit énergétique + Solaire (PEL Lycée) (6h)

☞ Cette activité est notée et rentre dans la moyenne du second semestre

BTS2 2024-2025		ADM Séquence n°2									
		S3	S4	S5	S6	S9	S10	S11	S12		
UI	PE LE LE CI M M LE UI PI P D M LE AI AI QUEMENEUR Tristan	Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive		Act5-Photométrie	
PE		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive		Act5-Photométrie	
LE		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive		Act5-Photométrie	
LE		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive		Act5-Photométrie	
CI		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
M		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
M		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
LE		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
UI		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
PI		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
P		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
D		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
M		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
LE		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
AI		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
AI		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	
QUEMENEUR Tristan		Act5-Photométrie		Act4 Maintenance prédictive		ACT6 Audit avec solaire		E51-3 Maintenance curative		E51-4 Maintenance Préventive	

Séquence n°3 :

		S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16						
		24-févr.	28-févr.	3-mars	7-mars	10-mars	14-mars	17-mars	21-mars	24-mars	28-mars	31-mars	4-avr.	5-avr.	21-avr.
BTS2	ADM	Séquence 2 Séance 3				Séquence 2 Séance 4				Séquence n°3 Séance n°1 Synthèse séquence n°2 Maintenance curative/préventive/prédictive Photométrie Préparation Régulation et correcteur PID		Séquence n°3 Séance 1			

		S17	S18	S19	S20	S21	S24	S25	S26								
		22-avr.	25-avr.	28-avr.	2-mai	5-mai	9-mai	12-mai	16-mai	19-mai	23-mai	26-mai	28-mai	2-juin	6-juin	10-juin	13-juin
BTS2	ADM	Séquence n°3 Séance n°2		Séquence n°3 Séance n°3		Séquence n°4 Séance n°4		Oraux Photométrie Régulation Rattrapage CCF : Contrôle instal/Maintenance		Férié		Oraux Jury E61-E6					
		Lundi 21 avril		Jeudi 1 mai		Jeudi 8 mai		Cours GE/ADM uniquement		Jeudi 29 mai		Lundi 9 juin		Vendredi 30			

🌀 Séance S13 :

- * Synthèse séquence n°2
 - ↳ Bilan maintenance curative et préventive
 - ↳ Synthèse et remarque maintenance prédictive
 - ↳ Bilan Photométrie
- * Préparation aux activités de régulation
 - ↳ Structure d'un système en boucle fermé
 - ↳ Réglage d'un PID (action des éléments du correcteur)

🌀 Séance S14/17/18/19 :

- * Act7.1 : Régulation TOR sur four + Régulation PID (fichier Simcad)
- * Act7.2 : Régulation sur système (Colonne d'eau – Château d'eau : réglage PID)
- * E51-5 : Maintenance prédictive (réinvestissement des tâches vues en séquence n°3)
- * E51-6 : Audit Fichier PEL enregistrement lycée VAUBAN

BTS2 2024-2025		Séquence n°3				Oraux	
		S14	S17	S18	S19	S20	S21
PAUGAM Arthur	CRABIFOSSE Mathis PELLEGRINETTI Antoine DUPONT--CABOCHE Enzo URCUN Mael LE BEC Benjamin MACE MENETRIER Tom MENEÇ Benjamin LE BRIS Pierrick CHARPIGNY Briec ALLINE Mathis LE ROUX Noa MORIZUR Idris UGUEN Morgane PONTABRY Martin QUEMENEUR Tristan MORIZUR Idris UGUEN Morgane PONTABRY Martin QUEMENEUR Tristan	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Oraux	Oraux
CRABIFOSSE Mathis		Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN		
PELLEGRINETTI Antoine		Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN		
DUPONT--CABOCHE Enzo		Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN		
URCUN Mael		E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive		
LE BEC Benjamin		E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive		
MACE MENETRIER Tom		E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive		
MENEÇ Benjamin		E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive		
LE BRIS Pierrick		E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst		
CHARPIGNY Briec		E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst		
ALLINE Mathis		E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst		
LE ROUX Noa		E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst		
MORIZUR Idris		E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst		
UGUEN Morgane		E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul	Act7.2 Régulation sur syst		
PONTABRY Martin		Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul		
QUEMENEUR Tristan		Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul		
MORIZUR Idris		Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul		
UGUEN Morgane		Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul		
PONTABRY Martin		Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul		
QUEMENEUR Tristan		Act7.2 Régulation sur syst	E51-5 Maintenance Prédictive	E51-6 Audit Lycée VAUBAN	Act7.1 Régul		

3. Présentation de quatre activités significatives de cet enseignement :

3.1. Activité de contrôle normatif d'installation

Prérequis : Séance S37, présentation par le professeur d'un contrôle normatif d'une installation tertiaire (Tableau divisionnaire salle d'essais) et industrielle (Armoire du système four tunnel) au cours de la séance de préparation.

Objectifs :

- ↪ Habilitation – documents administratifs
- ↪ Sécurité et justification de l'utilisation des éléments de protection individuel
- ↪ Connaissance des normes EN 50160 et NFC 15100 relatives à l'installation concernée
- ↪ Protocole de contrôle
- ↪ Usage des appareils de contrôle et justifications
- ↪ Mesures, contrôles ramenés aux normes et analyses
- ↪ Rédaction d'un compte rendu d'intervention
- ↪ Conclusions

Exemple de sujet : (Le fichier est disponible en téléchargement)

	<h1 style="margin: 0;">B TS ELECTROTECHNIQUE</h1> <h2 style="margin: 0;">Production et Consommation Electrique Décarbonée</h2>		
---	--	---	---

BTS 2	Analyse Diagnostic Maintenance	
Pôle : U51	E51-2 Contrôle d'installation industrielle	Page : 7 / 33

Compétences	<input checked="" type="checkbox"/> C2 - Extraire les informations nécessaires à la réalisation des tâches <input checked="" type="checkbox"/> C13 - Mesurer les grandeurs caractéristiques d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique <input checked="" type="checkbox"/> C17 - Réaliser un diagnostic, de performance y compris énergétique, de sécurité, d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique <input type="checkbox"/> C18 – Réaliser des opérations de maintenance sur un ouvrage, une installation, un équipement électrique
Tâches	<input checked="" type="checkbox"/> T3.1 : Proposer un protocole pour analyser le fonctionnement et/ou le comportement de l'installation <input checked="" type="checkbox"/> T3.2 : Mesurer et contrôler l'installation, exploiter les mesures pour faire un diagnostic <input checked="" type="checkbox"/> T3.3 : Formuler des préconisations <input type="checkbox"/> T4.1 Organiser la maintenance <input type="checkbox"/> T4.2 : Réaliser la maintenance préventive ou prévisionnelle <input type="checkbox"/> T4.3 : Réaliser la maintenance corrective

Contexte

Vous êtes missionné(e) pour vérifier la conformité d'une armoire ou d'un tableau électrique dans le domaine industriel.

Vous intervenez au lycée Vauban, dans le département Electrotechnique. Votre rôle est de réaliser un audit de conformité à la NFC 15100 à travers les fonctions de sectionnement, de protection des biens et de protection des personnes d'un élément de distribution. Vous proposerez des solutions et confronterez vos résultats aux normes.

Le lycée Vauban est un ERP de 1^{ère} catégorie de type R avec plus de 1700 personnes présentes.

La distribution est en 400V/50Hz et le SLT est TNS, le lycée est propriétaire de son transformateur.

Armoires industrielles à contrôler

En début de séance, il vous sera indiqué quel élément de la distribution du lycée sera à contrôler.

La liste des armoires et tableaux est la suivante

- Armoire Rephasage
- Armoire variateur Banc de test de scooter
- Armoire variateur Banc de test éolienne (alimentation moto-ventilateur)
- Armoire Château d'eau n°1
- Armoire Malaxeur n°2

Travaux à réaliser et documents à restituer

☞ **Norme de référence NFC 1500**

☞ **Durée d'intervention : 3h**

☞ **Continuité de service** : les armoires à contrôler peuvent être alimentées par des circuits utilisés par d'autres opérateurs, il sera opportun de s'organiser pour ne pas interrompre l'alimentation de ces circuits pendant leur utilisation.

Le contrôle d'installation consiste à

- ✓ compléter les documents administratifs et de sécurité
- ✓ indiquer vos protocoles en cas de présence de condensateur ou de source autonome
- ✓ vérifier l'absence de pièces nues sous tension accessible
- ✓ vérifier la conformité au schéma électrique
- ✓ vérifier la bonne section des conducteurs ainsi que leur couleur et repérage
- ✓ vérifier les éléments de protection (type/calibre/courbe)
- ✓ vérifier la continuité du conducteur PE (dans l'armoire et pour les circuits alimentés à proximité (moteurs, éclairage, PC ...))
- ✓ vérification de la protection des personnes : boucle de défaut et conformité de l'impédance de défaut
- ✓ tester tous les dispositifs de protection à courant résiduel (type/sensibilité...)
- ✓ tester les arrêts d'urgence si présents et nécessaires
- ✓ procéder à la mesure de courant sur l'alimentation de l'armoire
- ✓ Préconisation relative à la pollution harmonique produite par les appareillages non linéaires
- ✓ procéder à la mesure de courant dans les circuits les plus chargés, les repérer sur le schéma
- ✓ proposer les correctifs nécessaires
- ✓ proposer les recommandations nécessaires
- ✓ compléter avec précision le compte-rendu d'intervention

Documents disponibles

- Documents intervention
- Docs Appareil de mesure
- Schémas électriques des systèmes

- Extrait de la NFC 15100
- Cahier technique SOCOMEC Système de coupure et protection
- Calcul des courant de défaut en TN (Schneider)
- NFC 61 000 3.2

Matériel

- ✓ Contrôleur d’installation (1 pour deux)
- ✓ Voltmètre
- ✓ Analyseur de réseau
- ✓ EPI
- ✓ VAT

Restitution étudiants : (Dossier « Control normatif UGUEN Morgane contrôle chateau d eau » disponible en téléchargement)

– RAPPORT D’INTERVENTION –



		– RAPPORT D’INTERVENTION –		
Emetteur du document :	UGUEN Morgane	Date :	18/10/2024	
Libellé projet :	Contrôle normatif			
Chargé d’Affaires :	Monsieur MARY			
Nature du projet	Installation château d’eau			

RAPPORT

« Contrôle Normatif »

Installation concernée :

Château d’eau n°1

Sommaire

1 DOCUMENTS DE REFERENCE OU DOCUMENTS JOINTS (NORMES DE RÉFÉRENCE, SCHÉMAS, DTU...)	10
2 OBJET DE LA MISSION :	10
3 MESURES ELECTRIQUES	10
4 RECOMMANDATIONS	11

5	CONCLUSIONS	11
6	ANNEXES (RELÉVÉS, PHOTOS.....)	11

DOCUMENTS DE REFERENCE OU DOCUMENTS JOINTS (Normes de référence, schémas, DTU...)

- Norme NFC 15100 – EN 50160
- Schéma électrique château d'eau n°1
- Schéma TN S- Calcul du courant de défaut à la terre- guide de l'installation électrique
- Ca6525-principe
- NF_CA6116N
- Bon de consignation/ déconsignation n°1
- Autorisation d'intervention

OBJET DE LA MISSION :

L'objet de la mission est de contrôler la conformité de l'installation électrique du château d'eau et d'apporter des recommandations au besoin

MESURES ELECTRIQUES

- Pas de présence de pièce nues sous tension, conforme à la norme 20-030 qui dit « que les parties actives dangereuses ne soient pas accessibles et que les parties conductrices accessibles ne soient pas dangereuses tant dans des conditions simples que dans des conditions de défaut simple. »
- Absence d'un DDR dans le tableau et de dispositifs à courant résiduel
- Il y a des erreurs entre le schéma électrique papier et le tableau électrique
 - ➔ N°1 : Sur l'automate dans le tableau électrique fil câble COM0 numéroté 19 et sur le schéma électrique folio 8 câble COM0 numéroté 17
 - ➔ N°2 : Sur le disjoncteur Q7 ; la plage de réglage de déclenchement n'est pas la même. La plage notifiée sur le schéma électrique est 4-6.3A et sur le disjoncteur du tableau, la plage est 1.6-2.5A
 - ➔ N°3 : Sur les fusibles Q3, Q4 et Q5 sont notés 10x38 alors que sur les plans, ils sont notés 5x50
- La section des câbles ainsi que leurs couleurs sont conformes à la NFC 15-100, en effet il n'y a aucune protection >20A, cela permet de pouvoir utiliser des câbles avec une section jusqu'à 2.5mm². Le neutre est bien repéré en bleu et la phase en noir, les câbles PE sont bien en vert/jaune
- Les disjoncteurs magnétothermiques ont correctement été choisis, en effet ils ont une courbe D. Les disjoncteurs avec une courbe D laissent passer un courant plus important au démarrage d'une installation comme le moteur de l'installation du château d'eau. Leurs calibres sont de Q7 : 2A et Q5 : 6.3A.
- Les fusibles ont un calibre de Q3 : 1A ; Q4 : 4A ; Q6 : 12A

- Continuité du conducteur PE : le résultat est de 0.09 Ohms (mesure prise entre la masse et la terre du transformateur 230/24V T2). Le résultat attendu doit être strictement inférieur à 2 Ohms selon la norme NF C 18-510. Le résultat obtenu est donc conforme à la norme.
- Vérification de la boucle de défaut : le résultat est de $I_k=99.5A$ (la mesure a été prise sur Q5 qui est un disjoncteur magnétothermique réglé sur 6.3A. C'est un disjoncteur avec une courbe D, cela veut dire que le disjoncteur peut supporter un seuil de déclenchement 10 à 14 fois supérieur à l'intensité nominale. $6.3 \times 14=88,2A$). Selon les normes NFC 15-100 et CEI 60364 ; le résultat est conforme et le courant de défaut est détecté par la partie magnétique du disjoncteur, la protection des personnes est assurée.
- L'arrêt d'urgence, qui est reconnaissable et facile d'accès, a été testé en façade de l'installation, le test de cet arrêt a permis de stopper toute l'installation et de la mettre en sécurité selon la norme NFC 15-100 qui dit que : « un dispositif de coupure doit être installé de manière à être facilement reconnaissable et rapidement manœuvrable. » et « Des moyens de coupure d'urgence doivent être prévus pour toute partie de l'installation pour laquelle il peut être nécessaire de couper l'alimentation afin de supprimer un danger inattendu »
- Les courants ont été mesurés sur Q7, ce dernier consomme 1.08A, sur Q5 et ce dernier mesure 1.84A.

RECOMMANDATIONS

- Mettre à jour le schéma électrique
- Relier l'installation à un tableau disposant d'un DDR afin de pouvoir atteindre l'objectif de protection contre les contacts directs ou indirects selon la norme NFC 15-100.

CONCLUSIONS

L'installation est conforme, il sera cependant nécessaire de mettre à jour le schéma électrique et de suivre la recommandation qui est de relier l'installation à un tableau contenant un DDR, ici le TGBT de la salle H2 110 dans le cas d'un ERP scolaire (labo).

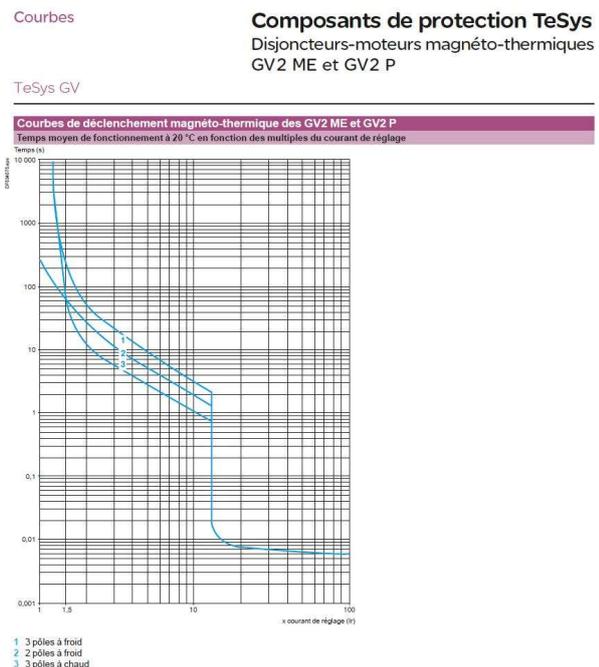
ANNEXES (RELÈVÉS, PHOTOS...)

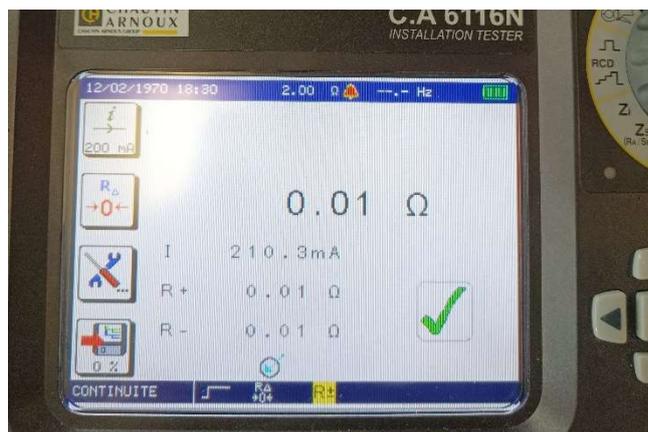
- Utilisation d'un contrôleur d'installation
- Utilisation d'un ampèremètre
- Utilisation d'EPI

Photo de l'installation



Courbe D des disjoncteurs Q5 et Q7 :





Retour sur expérience :

Les étudiants apprécient cette épreuve et se familiarisent avec les valeurs des données normatives ainsi qu'avec l'utilisation des appareils permettant de les atteindre. Sachant que nous sommes en SLT TN-S au lycée, l'étude de la protection des personnes est plus complexe car nécessite la comparaison avec le seuil magnétique du disjoncteur de tête et la valeur du courant de défaut indiquer lors du test de l'impédance de boucle. Les étudiants rencontrent certaines difficultés dans l'analyse de cette donnée.

3.2. Activité d'analyse d'audit et de suivi énergétique :

Prérequis : Séance S37, Analyse par le professeur d'un audit d'une maison individuelle

Objectifs :

- Analyse de la tension au regard de la norme EN 50160
- Analyse du courant
- Analyse des puissances et facteur de puissance
- Proposition d'ajustement de la puissance souscrite
- Proposition de source alternative d'alimentation
- Préconisation
- ↳ Conclusions

Exemple de sujet : (Le fichier est disponible en téléchargement avec l'enregistrement énergétique)



B

TS ELECTROTECHNIQUE

Production et Consommation Electrique Décarbonée

Métiers de la
TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE

CAMPUS
DES MÉTIERS
ET DES
QUALIFICATIONS
D'EXCELLENCE
Industries de la mer
Bretagne

BTS 2	Analyse Diagnostic Maintenance	
Pôle : U51	Séquence 2 – Act 6 Audit et suivi énergétique / étude comparative – Solution solaire	Page : 12 / 33

Compète	<input type="checkbox"/> C2 - Extraire les informations nécessaires à la réalisation des tâches <input type="checkbox"/> C13 - Mesurer les grandeurs caractéristiques d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique
----------------	---

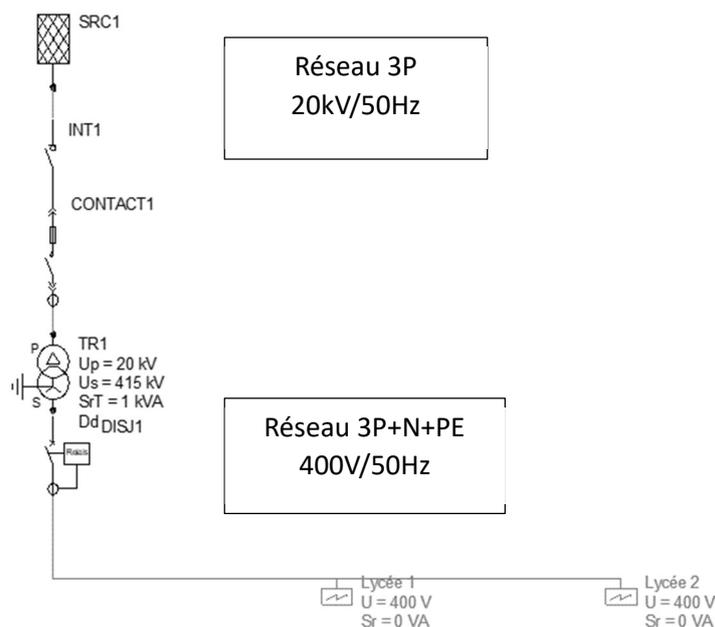
	<input checked="" type="checkbox"/> C17 - Réaliser un diagnostic, de performance y compris énergétique, de sécurité, d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique <input type="checkbox"/> C18 - Réaliser des opérations de maintenance sur un ouvrage, une installation, un équipement électrique
Tâches	<input type="checkbox"/> T3.1 : Proposer un protocole pour analyser le fonctionnement et/ou le comportement de l'installation <input checked="" type="checkbox"/> T3.2 : Mesurer et contrôler l'installation, exploiter les mesures pour faire un diagnostic <input checked="" type="checkbox"/> T3.3 : Formuler des préconisations <input type="checkbox"/> T4.1 Organiser la maintenance <input type="checkbox"/> T4.2 : Réaliser la maintenance préventive ou prévisionnelle <input type="checkbox"/> T4.3 : Réaliser la maintenance corrective

Contexte

Une cité scolaire est en cours de construction sur la ville de Brest. Un premier lycée a été livré, un second lycée est à l'étude.

Vous êtes missionné par votre directeur de Bureau d'Etude pour analyser le réseau existant et dimensionner la distribution du second lycée.

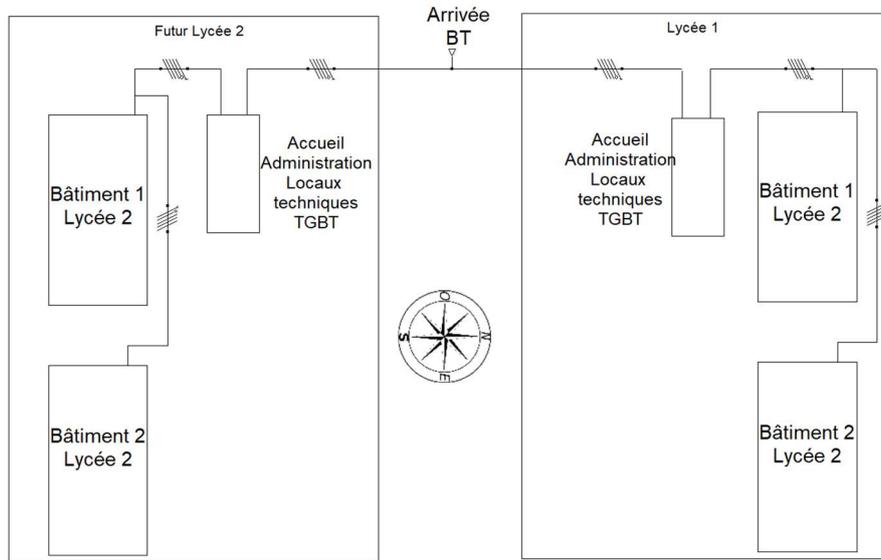
Distribution HT/BT existante



La ligne BT alimentant le lycée n°1 actuelle est celle qui alimentera le futur lycée n°2.

Les deux lycées sont identiques en superficie et en classe d'ERP. Leurs capacités d'accueil sont les mêmes.

Les bâtiments sont eux aussi identiques. Ils sont de 60m x 12m x 8m, orientés Sud.



Un relevé par PEL a été réalisé sur le lycée n°1. L'enregistrement du 24/06 au 19/07 couvre 607h. Le fichier « Lycée » et mis à votre disposition.

Les établissements sont occupés de septembre à juillet sur 36 semaines.

Travaux à réaliser

Vous travaillerez sur ordinateur fixe, individuellement. Pour le futur lycée n°2, vous avez 6 heures pour produire un rapport d'analyse afin d'aider le bureau d'étude dans son dimensionnement, pour cela vous devrez :

- définir le choix de l'abonnement en puissance surveillée ou limitée
- définir la valeur de la puissance souscrite
- d'estimer l'énergie consommée sur l'année
- étudier l'utilité d'un système de compensation d'énergie réactive et de le choisir à priori
- d'analyser l'onde de tension au regard de la norme NFC 50160 (fréquence, valeur efficace, amplitude des variations rapides, déséquilibre, pollution harmonique
- d'étudier l'implantation d'une source d'énergie solaire, dont les panneaux seraient positionnés sur le toit du ou des bâtiments. Cette source permettrait de produire 50% de la consommation du lycée en autoconsommation (stockage en batterie et renvoi de l'excédent au réseau) :
 - puissance crête (Panneaux photovoltaïques) à installer vous utiliserez le logiciel en ligne CALSOL de l'INES : <http://ines.solaire.free.fr/index.php>
 - surface à couvrir (les panneaux sont de marque MunchenEnergieProdukte - documentation constructeur fournie en annexe)
 - mode de pose (direction et inclinaison)
 - choix de l'onduleur pour une production en autoconsommation (marque Imeon Energy) <https://imeon-energy.com/>
 - conséquence sur la nouvelle puissance souscrite le cas échéant

Le BE vous informe d'une coupure dans le relevé PEL, il vous demande de

- analyser la/les causes possibles de cette coupure et d'effectuer les recommandations nécessaire pour la conception de l'installation.

Corrigé Succinct : (Le fichier est disponible en téléchargement)

Act 6 Corrigé succinct
Analyse Fichier PEL Lycée

**BTS 2
ELT**

14 / 33



Pôle
:

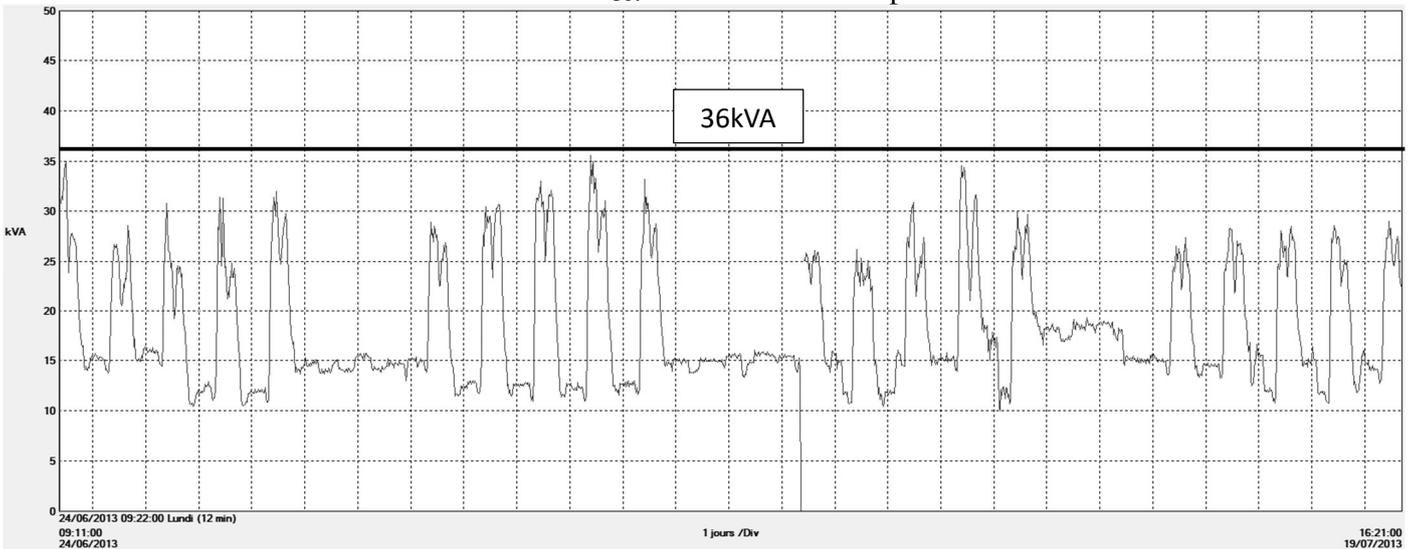
Analyse diagnostic maintenance U51

ADM

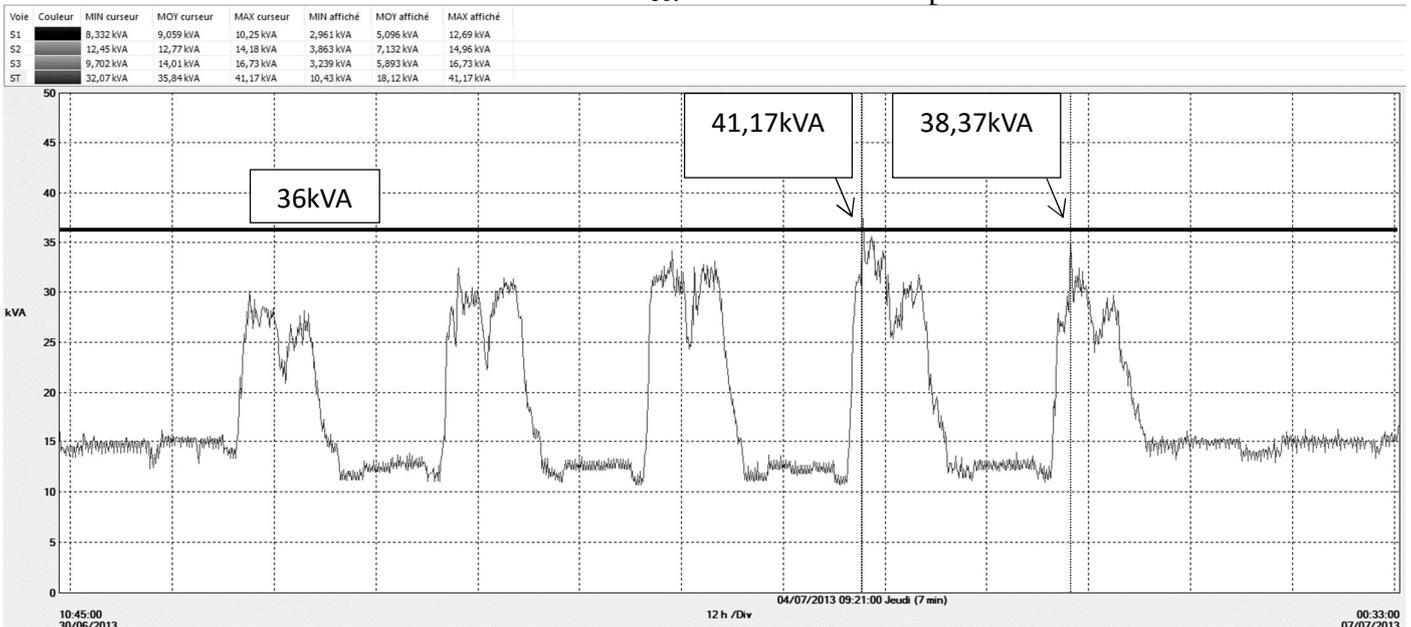
Analyse dimensionnelle énergétique comparative du futur lycée

Puissance active maximale consommée : 39,55 kW
 Puissance active moyenne consommée : 17,26 kW
 Puissance réactive maximale consommée : 15,28 kVAR
 Puissance réactive moyenne consommée : 5,2 kVAR
 Puissance apparente maximale consommée : 41,17 kVA
 Puissance apparente moyenne consommée : 18,2 kVA

Courbe S_{Tot} en fonction du temps



Zoom courbe S_{Tot} en fonction du temps

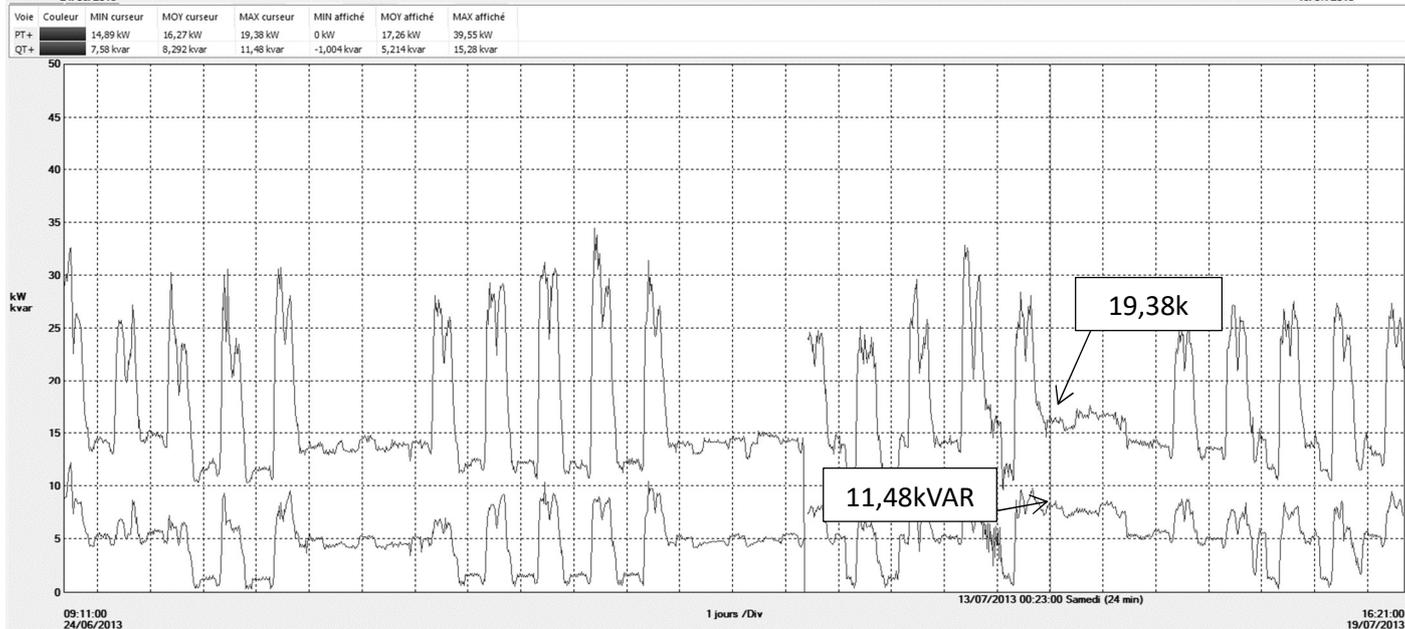
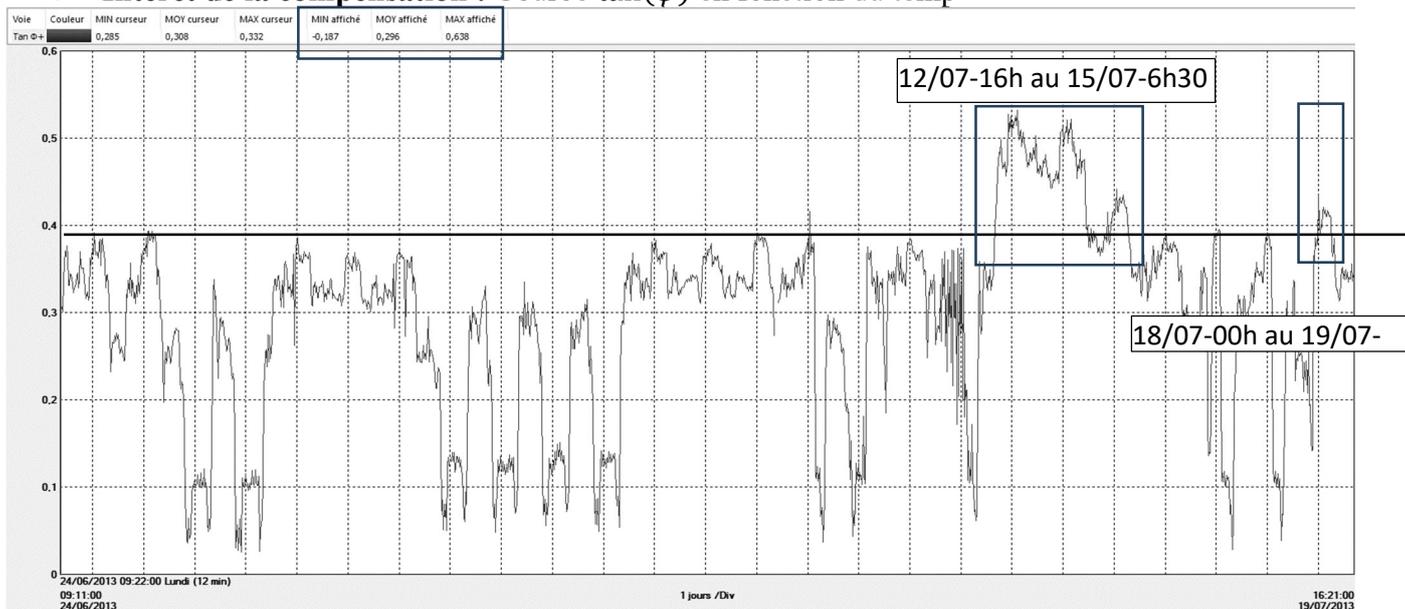


➤ P souscrite sans compensation

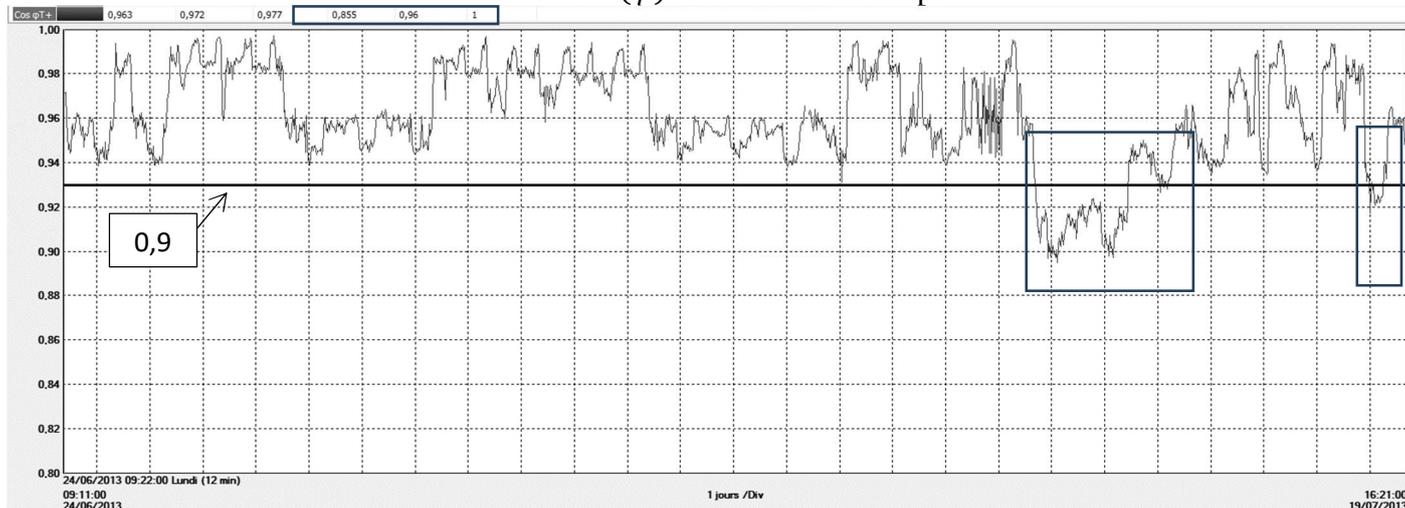
Option 1 : Pour qu'il n'y ait aucun dépassement, il faut passer à une puissance souscrite de **42kVA**.

Option 2 : La puissance souscrite surveillée peut être choisie à **36kVA** mais au cours de l'année, on peut constater qu'il y aura des dépassements. La facturation de l'énergie sera donc majorée.

➤ **Intérêt de la compensation** : Courbe $\tan(\varphi)$ en fonction du temps



Courbe $\cos(\varphi)$ en fonction du temps



Option 1 : Le $\cos(\varphi)$ moyen est à 0,96, le $\tan(\varphi)$ moyen est inférieur à 0,4 donc il n'y a aucune raison de compenser la puissance réactive consommée.

Les dépassements de $\tan(\varphi)$ représente 20h sur 27 jours soit environ 20h sur un mois.

Option 2 : Le lycée fonctionne sur 36 semaines soit 9 mois, la période de dépassement du $\tan(\varphi)$ correspondrait à 180h par an soit environ 7,5 jours

Si on veut supprimer tout dépassement du $\tan(\varphi)$ et donc avoir un facteur de puissance égal à 1, on peut opter pour une compensation.

On aurait, pour $\cos(\varphi) = 1$, $S = P$, donc $S_{\max} = P_{\max} = 39,55\text{kW}$; **la puissance souscrite passerait à 40kVA au lieu de 42kVA.**

➤ **Choix de la batterie de compensation :**

Le THD en courant ne dépasse pas 15% (ne pas tenir compte du THD max affiché qui est erroné en raison des valeurs lors de la coupure), La batterie sera donc prévue pour réseau non pollué.

Voie	MIN affiché	MOY affiché	MAX affiché
I1-THD	2,98 %	10,23 %	435,2 %
I2-THD	5,93 %	12,5 %	475,2 %
I3-THD	7,41 %	15,23 %	480,8 %
IN-THD	12,97 %	122,5 %	602,1 %

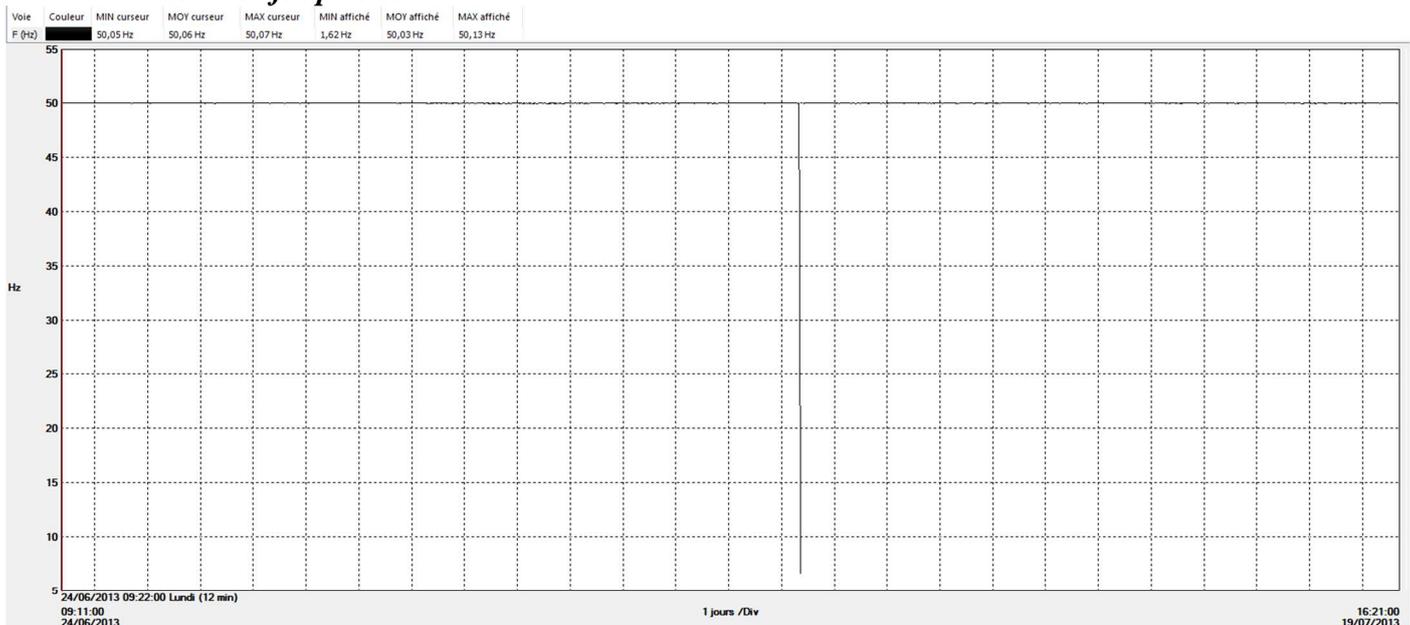
La puissance réactive à compenser serait $Q_{\max} = 15,28\text{kVAR}$ soit une armoire de compensation de **16kVar**

➤ **Choix final :**

Puissance souscrite 42kVA sans compensation

➤ **Analyse de l'onde de tension :**

Valeur de la fréquence :



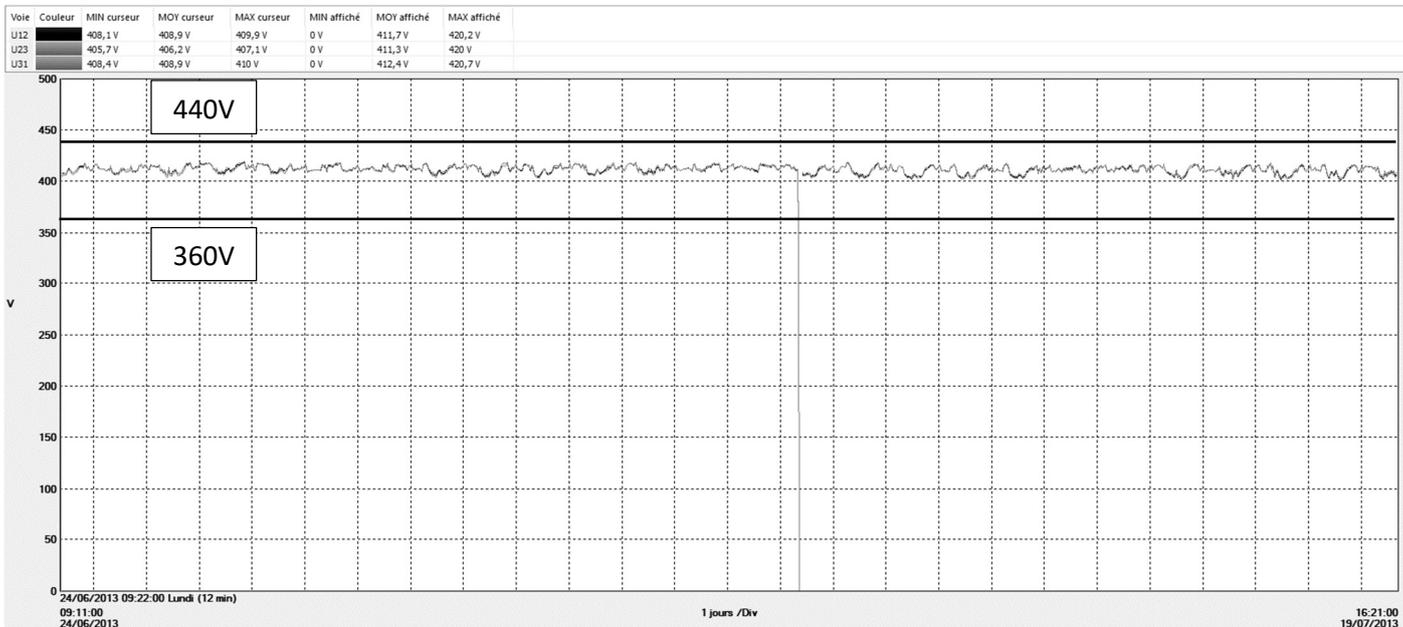
La fréquence nominale de la tension fournie doit être de 50 Hz. Dans des conditions normales d'exploitation, la valeur moyenne de la fréquence fondamentale mesurée par périodes de 10 secondes doit se situer dans les plages suivantes :

- pour des réseaux reliés par des connexions synchrones à un système interconnecté:

50 Hz \pm 1 %	(de 49,5 à 50,5 Hz)	pendant 99,5 % d'une année,
50 Hz + 4 %/- 6 %	(de 47 à 52 Hz)	pendant 100 % du temps.

CI : La fréquence répond à la norme 50160 (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)

Valeur efficace de la tension :



Dans les conditions normales d'exploitation, en dehors des situations faisant suite à des défauts ou à des interruptions :

- pour chaque période d'une semaine, 95% des valeurs efficaces de la tension fournie moyennées sur 10 minutes doivent se situer dans la plage $U_n \pm 10\%$.

NOTE 1 : Jusqu'en 2008, cette plage de tension peut différer de ces valeurs normalisées conformément au HD 472 S1.

- toutes les valeurs efficaces de la tension fournie moyennées sur 10 minutes doivent se situer dans la plage $U_n + 10\%$ et $U_n - 15\%$.

On constate que $360V < U_n < 440V$

CI : La Valeur efficace de tension répond à la norme 50160 (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)

2.4.1 Amplitude des variations rapides de tension

Les variations rapides de la tension fournie proviennent essentiellement des variations de la charge dans les installations des clients ou de manœuvres sur le réseau.

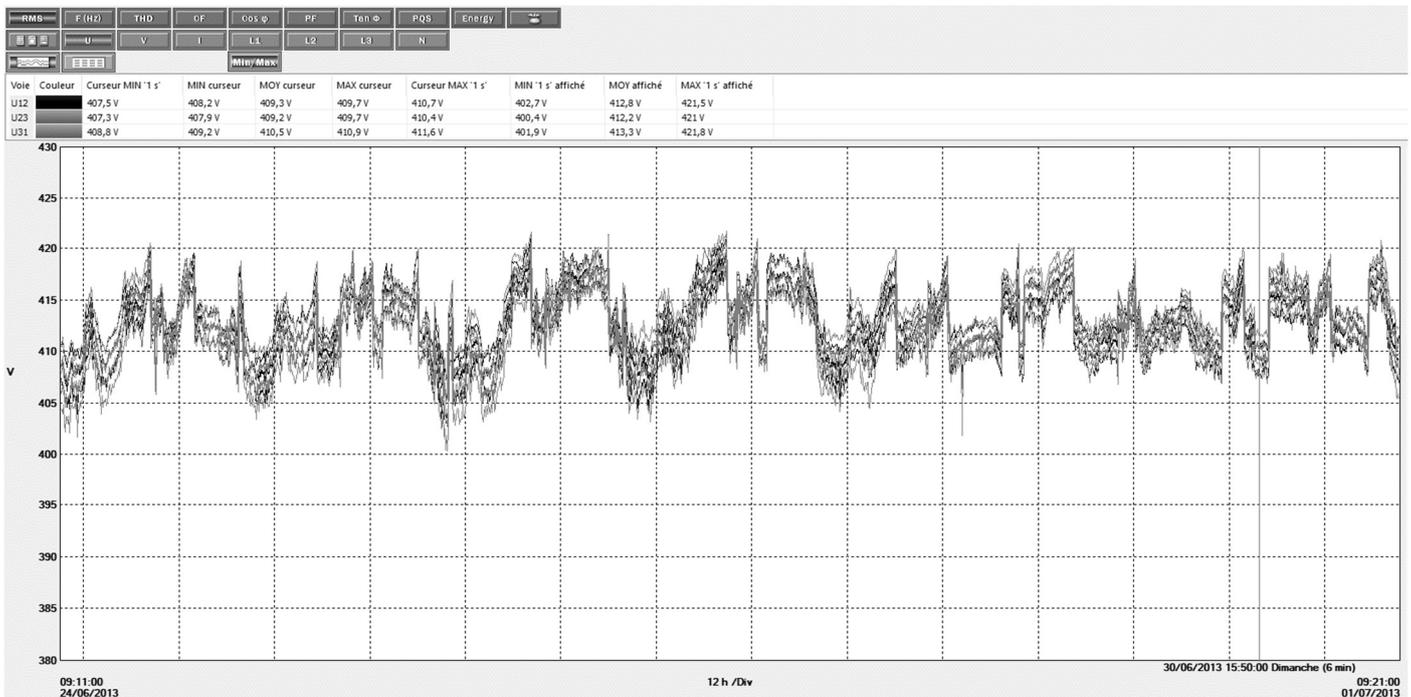
Dans les conditions normales d'exploitation, une variation rapide de la tension ne dépasse généralement pas 5 % de U_n mais des variations atteignant jusqu'à 10 % de U_n pendant de courts instants peuvent se produire à plusieurs reprises dans la même journée, dans certaines circonstances.

CI : l'amplitude des variations rapides de tension répond à la norme 50160 (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)

Aucune remarque sur l'effet flicker

Déséquilibre des tensions

Relevé pris sur une semaine



MIN '1 s' affiché	MOY affiché	MAX '1 s' affiché
402,7 V	412,8 V	421,5 V
400,4 V	412,2 V	421 V
401,9 V	413,3 V	421,8 V

Sur les valeurs mini : $402,7 - 400,4 = 2,3V$
 Sur les valeurs moy : $412,2 - 413,3 = 1,1V$
 Sur les valeurs max : $421 - 421,8 = 0,8V$

CI : Le déséquilibre des tensions est inférieur à 10% (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)

THD des tensions :

Voie	Couleur	MIN curseur	MOY curseur	MAX curseur	MIN affiché	MOY affiché	MAX affiché
U12-THD		1,14 %	1,2 %	1,26 %	0,09 %	1,51 %	2,51 %
U23-THD		1,33 %	1,4 %	1,46 %	0,08 %	1,74 %	2,84 %
U31-THD		1,23 %	1,28 %	1,33 %	0 %	1,59 %	2,58 %

Voie	Couleur	MIN curseur	MOY curseur	MAX curseur	MIN affiché	MOY affiché	MAX affiché
V1-THD		1,23 %	1,35 %	1,49 %	0,09 %	1,71 %	2,95 %
V2-THD		1,44 %	1,56 %	1,71 %	0,1 %	1,87 %	3,03 %
V3-THD		1,49 %	1,58 %	1,72 %	0 %	1,99 %	3,45 %

CI : Le THD_u des tensions est inférieur à 8% (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)

➤ **Conformité de la tension : Les tensions sont conformes à la NFC 50160 (sur les indicateurs analysables du relevé PEL)**

➤ **Etude de la source d'énergie locale :**

L'énergie consommée sur l'échantillon de 607h soit 25j est de 10,45 MWh

Voie	Couleur	Curseur	Affichage
Ep (Wh)		10,45 MWh	10,45 MWh
Ep+ (Wh)		10,45 MWh	10,45 MWh
Ep- (Wh)		0 kWh	0 kWh

Le lycée fonctionne sur 36 semaines soit 252 jours soit environ 10 fois plus.
 On peut estimer la consommation à 105 MWh

On souhaite installer un champ photovoltaïque qui produirait la moitié de l'énergie consommée soit 53 MWh environ.

La simulation Calsol de INES nous donne

INES Education - Logiciel CALSOL - Photovoltaïque réseau
Estimation de la production PV injectée dans le réseau

Les résultats calculés par le présent logiciel sont donnés à titre indicatif et devront faire l'objet d'une étude les confirmant. En aucun cas, ils n'engagent la responsabilité de l'INES.

Choix de la ville : Brest Prendre en compte un masque : non

Inclinaison du plan : 30° Orientation du plan : Sud Albedo du sol : 0.0

Puissance crête de l'installation PV : 57 kW

Investissement initial de l'installation PV (total ou par Wc) : 3.00 €/W

Taux de subvention à l'investissement initial : 0 %

Rendement de conversion électrique module PV vers réseau : 75%

Coût de la maintenance annuelle en % de l'investissement initial : 1.0%

Tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque : 0.30 €/kWh

Taux d'actualisation de l'argent : 3% Durée de vie de l'installation : 20 ans

Cliquez ici pour valider votre choix et lancer les calculs

Calcul de la production électrique, moyenne par jour ou cumulée **COMPARAISONS**

	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
IGP (kWh/m²)	44	53	111	138	166	162	165	140	99	88	50	35	1251
Prod (kWh)	1875	2286	4736	5894	7085	6919	7039	6003	4248	3758	2138	1506	53487

En conclusion, il faut une puissance crête installée de 57kW à Brest, exposition sud avec une inclinaison de 30° et sans réflexion au sol pour produire à l'année 53,5 MWh

➤ **Choix PV :**

MSMDxxxM6-72

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STC	430	435	440	445	450
Maximum Power at STC (Pmax)	430 W	435W	440 W	445 W	450 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	40.6 V	40.8 V	41 V	41.2 V	41.4V
Optimum Operating Current (Imp)	10.6 A	10.67 A	10.74 A	10.81 V	10.87 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.4 V	48.6 V	48.8 V	49 V	49.2 V
Short Circuit Current (Isc)	11.32A	11.4 A	11.47 A	11.54 A	11.61A
Module Efficiency	19.4%	19.7%	19.9%	20.1%	20.3%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °				
Maximum System Voltage	C1500 V DC				
Maximum Series Fuse Rating	(IEC)				
Power Tolerance	20 A				

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5; Tolerances of Pmax, Voc and Isc are all within +/- 5% 0/+5W

Il faudra **127 panneaux**

➤ **Surface de couverture :**

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar Cell	Monocrystalline silicon 166 mm (9BB)
No. of Cells	144 (6 × 24)
Dimensions	2108 x 1048 x 40 mm
Weight	24 kgs
Front Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm², symmetrical lengths (-) 1400 mm and (+) 1400 mm

Chaque panneau présente une surface de 2,209m²

La surface de couverture sera de 280,6m² (sachant que le toit concerné à pour dimension 60m x 12m donc 720 m²)

➤ **Choix de l'onduleur :**

IMEON Energy, 2 onduleurs X-TREM 27

	X-Trem 18	X-Trem 27	X-Trem 36
RESEAU			
PUISSANCE NOMINALE	18 kW	27 kW	36 kW
TENSION / FRÉQUENCE	3/N/PE, 230/400 Vac / 50 Hz, 60 Hz		
SMART METER	100 A (EXTENSION EN OPTION)		
SERVICE RÉSEAU	RÉGULATION FRÉQUENCE / RÉGULATION TENSION / PEAK SHAVING		
SOLAIRE			
PUISSANCE INSTALLÉE MAX	24 kWc	36 kWc	48 kWc
NOMBRE D'ENTRÉE(S) MPPT	4	6	8
PLAGE DE TENSION MPPT	380 – 750 VDC	380 – 750 VDC	380 – 750 VDC
COURANT MAX	13 A	13 A	13 A
TENSION MAX	850 Vdc	850 Vdc	850 Vdc
BATTERIE			
TYPE DE CELLULES	LITHIUM FER PHOSPHATE (LIFEPO4)		
ÉNERGIE STOCKÉE	38.4 kWh	57.6 kWh	76.8 kWh
PLAGE DE TENSION	45- 54 VDC	45- 54 VDC	45- 54 VDC
PUISSANCE DE CHARGE MAX	18 kW	27 kW	36 kW
COURANT RECOMMANDÉ	0.5 C		
RENDEMENT DE CHARGE MAX	93 %		
CHARGE BATTERIE	PARAMÉTRABLE		
DÉCHARGE BATTERIE	PARAMÉTRABLE		
NOMBRE DE CYCLES*	6000		

Onduleur réseau embarquant un hacheur MPPT et autorisant la connexion Réseau/Batterie

➤ **Changement de puissance souscrite :**

Les calculs du champ solaire sont effectués pour compenser de moitié la puissance consommée soit environ 20kW

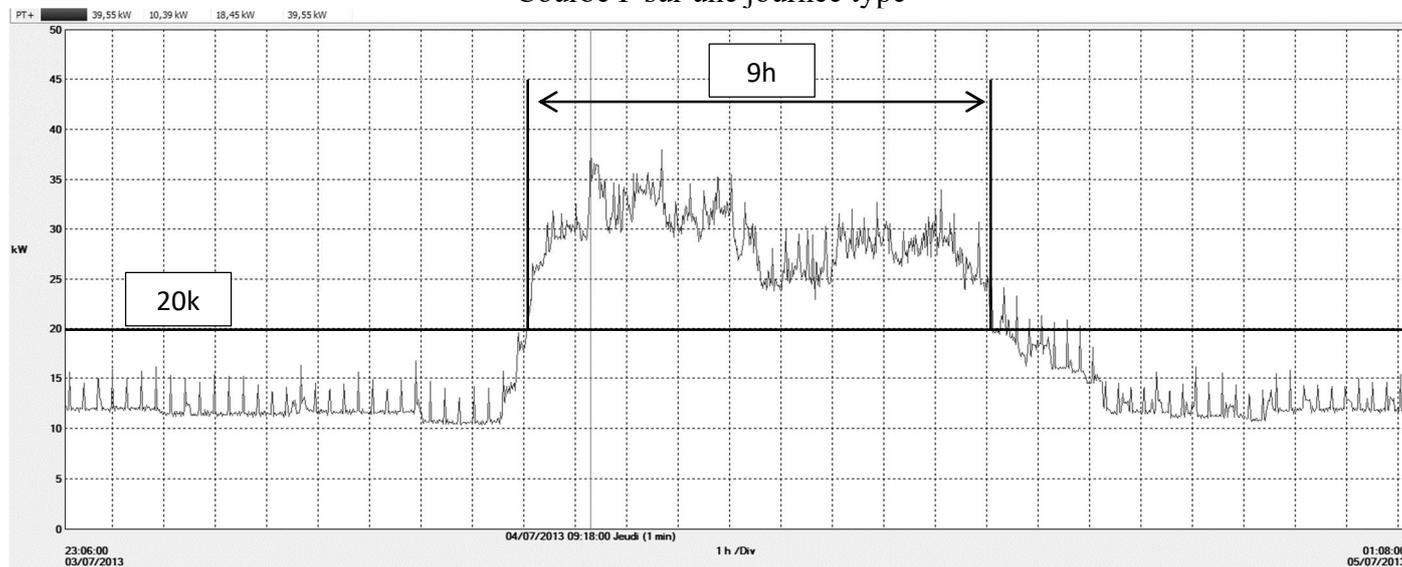
Le système étant en autoconsommation soit « batteries » et « renvoi réseau »

La puissance souscrite pourra être divisée par deux soit **21kVA**

On fixera à 36kVA afin de rester en puissance surveillée.

Remarque :

Courbe P sur une journée type



En réalité, sur un jour il y a un appel de puissance durant 9h de 40kW dont la moitié peut être fournie par le champ solaire ; l'autre par le réseau. Le reste de la journée peut être fournie par le champ solaire à condition qu'il y ait du soleil et que les batteries soient chargées, si ce n'est pas le cas, il y aura des dépassements de puissance.

➤ **Analyse de la coupure :**

Il y a coupure tension et courant sur les trois phases d'une durée de 2h environ.

Il doit s'agir d'une coupure sur le réseau de distribution car aucun fort appel de courant n'est visible avant la coupure, donc les disjoncteurs de protection ne se sont pas ouverts (pas de surcharge ni de court-circuit)

➤ **La solution la plus économique est de passer sur une distribution normal/secours à temps mort avec un délestage des circuits secondaires et une source de secours de type ASI avec une autonomie de 2h.**

Le stockage de l'énergie électrique provenant du champ solaire permettra de pallier à toute coupure, néanmoins si les batteries sont déchargées, l'ASI permettra une continuité de service de 2h

Retour sur expérience :

Malgré la séance de préparation et l'analyse collégiale de l'audit sur la maison d'habitation, les étudiants éprouvent beaucoup de difficulté à appréhender cette activité car elle demande de l'analyse à la fois macroscopique (échelle de temps longue) et microscopique (échelle de temps courte). Néanmoins, cette activité est renouvelée deux autres fois dans l'année et même si tous les étudiants n'atteignent pas le niveau d'analyse attendu, beaucoup s'en approchent de manière satisfaisante.

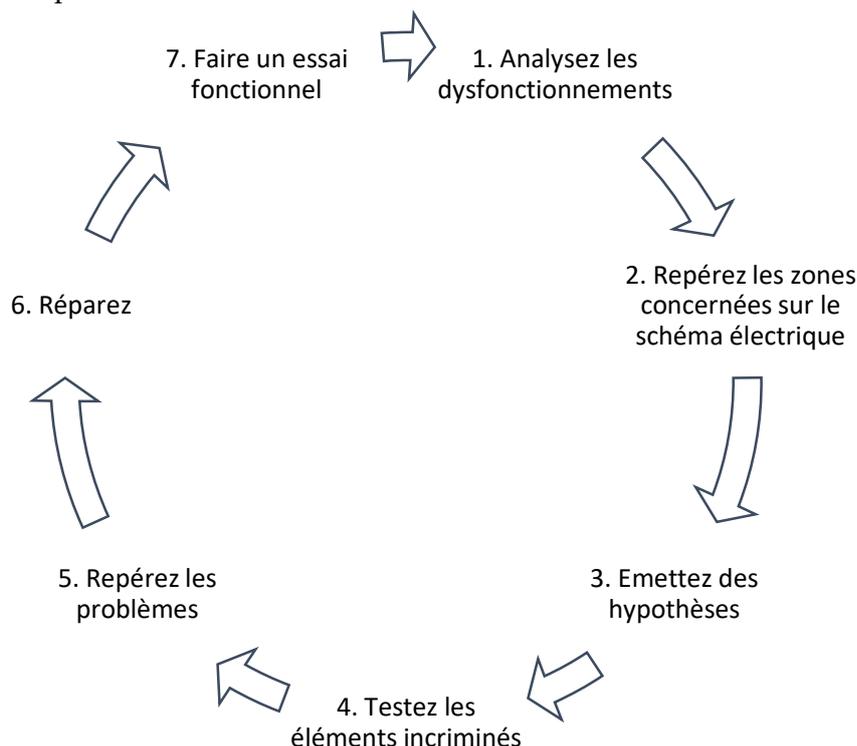
3.3. Activité de maintenance curative :

Prérequis : Séance S2, Préparation à la maintenance curative, fiche de méthodologie :

Méthodologie maintenance corrective

Protocole de recherche de panne

- Identifiez la fonction d'usage
- S'appropriiez le schéma électrique et ses composants
- Faire un essai fonctionnel et identifiez les dysfonctionnements
- Vérifiez les borniers
- Vérifiez les connexions
- Vérifiez les protections



Fiche de maintenance

- Compléter la fiche de maintenance en expliquant la démarche, les dysfonctionnements, le remplacement des pièces et le test de fonctionnalité
- Emettre des préconisations relativement à l'origine des pannes

Remarque : Les tâches devront être effectuées en toute sécurité. (habilitations, consignation, vérification absence tension, tests sous tension, EPI, etc...)

Exemple de sujet : (Le fichier est disponible en téléchargement)

Les pannes proposées mettent en œuvre au moins deux éléments dysfonctionnant et en cohérence avec une panne réelle. L'attendu ne se limite pas au dépannage mais aussi à l'analyse de la panne qui peut par préconisation, déboucher sur une opération de maintenance préventive ou prédictive.



B TS ELECTROTECHNIQUE

Production et Consommation Electrique Décarbonée

Métiers de la
TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE



Compétences	<input checked="" type="checkbox"/> C2 - Extraire les informations nécessaires à la réalisation des tâches <input checked="" type="checkbox"/> C13 - Mesurer les grandeurs caractéristiques d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique <input type="checkbox"/> C17 - Réaliser un diagnostic, de performance y compris énergétique, de sécurité, d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique <input checked="" type="checkbox"/> C18 – Réaliser des opérations de maintenance sur un ouvrage, une installation, un équipement électrique
Tâches	<input checked="" type="checkbox"/> T3.1 : Proposer un protocole pour analyser le fonctionnement et/ou le comportement de l'installation <input type="checkbox"/> T3.2 : Mesurer et contrôler l'installation, exploiter les mesures pour faire un diagnostic <input type="checkbox"/> T3.3 : Formuler des préconisations <input checked="" type="checkbox"/> T4.1 Organiser la maintenance <input type="checkbox"/> T4.2 : Réaliser la maintenance préventive ou prévisionnelle <input checked="" type="checkbox"/> T4.3 : Réaliser la maintenance corrective

Le Système : Filtrage harmonique

Le département Electrotechnique possède une armoire de filtrage harmonique.
 Cette armoire s'interpose entre le réseau et une charge non linéaire afin d'étudier les solutions de dépollution d'harmonique de courant.

Une autorisation d'intervention devra être préparée, complétée et signée par le chargé d'exploitation électrique

L'intervention doit être réalisée en toute sécurité avec port des EPI si nécessaire, consignation et VAT ci-besoin ...

- Contenu du dossier « Docs Filtrage harmonique » :
 - Documents d'intervention de maintenance
 - Schémas pdf (numérique et papier)
- Matériels à disposition
 - Ordinateur portable
 - Multimètre – Ampèremètre – contrôleur d'installation – Câbles de transfert programme API
 - Outils

La trame de restitution du compte rendu de maintenance est disponible en téléchargement

Un compte rendu d'intervention d'étudiants est disponible au téléchargement

Retour sur expérience :

C'est que les étudiants apprécient beaucoup et dans laquelle ils sont assez performant y compris pour proposer une analyse des événements ayant conduit à la panne.

3.4. Activité de maintenance prédictive :

Prérequis : Séance S2, Préparation à la maintenance prédictive, explicitation de la définition, lecture assistée du texte de l'activité.

	<h1 style="margin: 0;">B TS ELECTROTECHNIQUE</h1> <h2 style="margin: 0;">Production et Consommation Electrique Décarbonée</h2>		
--	--	--	--

BTS 2	Analyse Diagnostic Maintenance	
Pôle : U51	Séquence 2 : Act4 Maintenance Prédictive	Page : 26 / 33
Compétences	<input type="checkbox"/> C2 - Extraire les informations nécessaires à la réalisation des tâches <input type="checkbox"/> C13 - Mesurer les grandeurs caractéristiques d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique <input type="checkbox"/> C17 - Réaliser un diagnostic, de performance y compris énergétique, de sécurité, d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique <input checked="" type="checkbox"/> C18 – Réaliser des opérations de maintenance sur un ouvrage, une installation, un équipement électrique	
Tâches	<input checked="" type="checkbox"/> T3.1 : Proposer un protocole pour analyser le fonctionnement et/ou le comportement de l'installation <input checked="" type="checkbox"/> T3.2 : Mesurer et contrôler l'installation, exploiter les mesures pour faire un diagnostic <input type="checkbox"/> T3.3 : Formuler des préconisations <input checked="" type="checkbox"/> T4.1 Organiser la maintenance <input checked="" type="checkbox"/> T4.2 : Réaliser la maintenance préventive ou prévisionnelle <input type="checkbox"/> T4.3 : Réaliser la maintenance corrective	

Rappel Définitions : Maintenances curative - préventive - prédictive

La maintenance est caractérisée par trois objectifs qui se recoupent : la maintenance curative-préventive-prédictive.

- ☞ La maintenance curative se caractérise par l'action d'un technicien dans la recherche de panne et le remplacement des éléments défectueux. La configuration ou le paramétrage permettant la reprise du fonctionnement pour lequel l'installation est prévue
 - ↳ **Activités de maintenance curative (pratiques)**
 - * Remplacement d'éléments dysfonctionnant de distribution ou de partie opérative
 - * Configuration et paramétrage (réglage, mise à l'échelle, étalonnage ...)
 - * Tests de conformité et tests opérationnels

- ☞ La maintenance préventive consiste à anticiper la défaillance d'un équipement et de prendre des mesures correctives avant que la panne ne se produise.
 - ↳ **Activités de maintenance préventive (pratiques)**
 - * Remplacement d'éléments sur estimation du cycle de vie de distribution ou de partie opérative
 - * Configuration et paramétrage (réglage, mise à l'échelle, étalonnage ...)
 - * Tests de conformité et tests opérationnels

- ☞ **La maintenance prédictive consiste à capturer et à analyser en temps réel des données propres aux équipements afin d'anticiper des problèmes potentiels et d'éviter une panne. La première étape du processus de maintenance prédictive implique la collecte de données et d'informations en temps réel issues des capteurs IoT (internet of things) en réseau qui informent sur l'état des équipements. Ces données doivent ensuite être stockées et gérées pour pouvoir être facilement traitées, analysées et accessibles.**
 - ↳ **Activités de maintenance prédictive (pratiques)**
 - * Ajout d'éléments de communication ou de mesures/relevés
 - * Modification de programme API/IHM afin d'accentuer l'interopérabilité du système
 - * Configuration et paramétrage (réglage, mise à l'échelle, étalonnage ...)
 - * Tests de conformité - tests opérationnels – tests d'interopérabilité

Organisation de l'activité

Pendant 6h (2 séances) par groupe de 2 étudiants

- Vous réaliserez des activités de maintenance prédictive sur un des deux systèmes : Four Tunnel (Act4.1) ou Banc de test moteurs (Act 4.2) selon l'affectation sur le planning en respectant les points suivants :
 - ↳ Collecter tous les documents contractuels ou techniques relatifs à la réalisation de l'intervention
 - ↳ Réaliser un état des risques d'intervention, se munir de tous les équipements et prévoir les procédures afin d'intervenir en totale sécurité
 - ↳ Identifier les besoins matériels et appareils de mesure pour l'intervention (y compris les organes à remplacer)
 - ↳ Vérifier la bonne concordance des références choisies relativement aux équipements existants à remplacer
 - ↳ Prévoir la remise en service et la sauvegarde des éléments de programme ou de paramétrage de l'existant
 - ↳ Mettre l'ouvrage ou l'équipement en situation permettant vos interventions en toute sécurité (Consignation et mise hors tension ou isolation des PNST, mise en CC et MALT etc...)

- ↳ Réaliser l'intervention
- ↳ Réaliser la remise en service dans les règles de l'art (y compris paramétrage/réglage/transfert de programme etc ...)
- ↳ Vérifier la bonne fonctionnalité de l'ouvrage ou de l'équipement
- Vous constituerez un dossier numérique, déposé sur l'espace d'échange, (en PDF, avec les fichiers des logiciels métiers, API, IHM ...) contenant :
 - ↳ tous les documents de procédure
 - ↳ les anciens programmes.
 - ↳ les mises à jour des documents techniques (y compris paramétrage/réglage/programmes etc ...)
 - ↳ le compte-rendu de maintenance compléter de manière précise et complète (avec le détail des références normatives, les références des éléments, le référencement schéma, les photos, les mesures, les conclusions et recommandations ...)
 - ↳ les documents attestant de la remise en service dans le respect des normes

Attention

Pour chaque ouvrage ou équipement, un dossier papier et un dossier numérique sur clef, dans une pochette, seront retirés auprès des professeurs en début de séance et restitués à la fin de chaque séance jusqu'à la fin de votre intervention.

Les appareils de mesure seront récupérés par vos soins dans le magasin et replacés à la fin de chaque séance.

Act 4.1 Maintenance prédictive du Four tunnel n°3

- Le service de maintenance vous demande de
 - récupérer le programme de l'API et de le stocker
 - organiser la prise en main distante en mettant à jour les programmes API et IHM et de les transférer avec les adresses IP référencées par le technicien informatique
 - ajouter un comptage des actions de fermeture le contacteur KM2 (chauffe) avec alerte sur IHM du dépassement du nombre de cycle de fermeture à 1000 cycles
 - modifier le paramétrage du variateur en réglant une grande vitesse à 60Hz et une petite vitesse à 5Hz
 - de proposer le remplacement du contacteur de chauffe par un relais statique de la marque CROUZET à choisir
 - de modifier les folios See electrical du schéma en y insérant les modifications liées au compteur et l'ajout du relais statique
- Contenu du dossier « Docs Four tunnel n°3 » :
 - Documents d'intervention de maintenance
 - Liste affectation adresses IP
 - Relais statiques CROUZET
 - ATV 12
 - Documents techniques LC1D09B7 / LADN22 / LADN11
 - Schémas pdf et See electrical expert
 - Tables de variables + Graficets API
 - Programme IHM
- Matériels à disposition
 - Ordinateur portable
 - Multimètre – Mégohmmètre – Câbles de transfert programme API
 - Outils
- Rq : L'IHM est simulée par l'ordinateur portable

Vous devrez réaliser cette intervention dans le respect des procédures liées à votre niveau d'habilitation (BR) pour travailler en toute sécurité.

Une autorisation d'intervention devra être préparée, complétée et signée par le chargé d'exploitation électrique

L'intervention doit être réalisée en toute sécurité avec port des EPI si nécessaire, consignation et VAT ci-besoin ...

Act 4.2 Maintenance prédictive du Banc de test Moteur

- Le service de maintenance vous demande de
 - récupérer le programme de l'API et de le stocker
 - organiser la prise en main distante en mettant à jour les programmes API et IHM et de les transférer avec les adresses IP référencées par le technicien informatique
 - ajouter un comptage des actions de fermeture des contacteurs KM2 et KM3 (amont et aval ATS) avec alerte sur IHM du dépassement du nombre de cycle de fermeture à 1000 cycles
 - modifier le paramétrage du variateur en proposant trois vitesses de test : 5Hz – 20Hz – 40Hz
 - de créer une page sur l'IHM lors de l'utilisation du variateur précisant le couplage du moteur à réaliser
 - de proposer le remplacement du variateur ATV31 par un équivalent triphasé de la marque SIEMENS et d'en préciser son paramétrage
 - de modifier les folios See electrical du schéma en y insérant le nouveau variateur

- Contenu du dossier « Docs Banc de tests moteur » :
 - Documents d'intervention de maintenance
 - Variateurs Siemens
 - Documents techniques LADN22 / LADN11
 - Schémas pdf et See electrical expert
 - Programme IHM
 - Tables de variables et grafctet de programmation
 - Liste affectation adresses IP

- Matériels à disposition
 - Ordinateur portable
 - Multimètre – Mégohmmètre – Câbles de transfert programme API
 - Outils

Vous devrez réaliser cette intervention dans le respect des procédures liées à votre niveau d'habilitation (BR) pour travailler en toute sécurité.

Une autorisation d'intervention devra être préparée, complétée et signée par le chargé d'exploitation électrique

L'intervention doit être réalisée en toute sécurité avec port des EPI si nécessaire, consignation et VAT ci-besoin ...

Retour sur expérience :

Cette activité est une activité formative qui demande beaucoup d'accompagnement et qui fait appel à de nombreuses connaissances. Elle est très globalement appréciée par les étudiants car sa réalisation est très valorisante. Elle est aussi le siège de consolidation de notions précédemment étudiées et parfois oubliées.

4. Evaluation CCF Continué

Comme le montre la progression, l'évaluation E51 se structure en 7 évaluations individuelle :

- ↳ 2 évaluations de contrôle normatif (tertiaire et industriel)
- ↳ 2 évaluations d'analyse d'audit et suivi énergétique

↳ 3 évaluations de maintenances (corrective, préventive et prédictive)

Ces évaluations impactent des compétences au travers d'indicateurs différents. Pour exemple, voici la copie d'écran des indicateurs et compétences évaluées lors du contrôle normatif d'installation :

Dernière modification le 26/11/2024

C2 - Extraire les informations nécessaires à la réalisation des tâches

Les informations nécessaires à l'analyse et aux mesures sont extraites des documents (plans, schémas, bilans précédents, autres, etc.)
Les schémas et documents techniques sont pris en compte et analysés
Les mesures à effectuer sont énoncées et en adéquation avec la nfc 15 100

Les informations relatives aux prescriptions techniques et aux réglementations sont recueillies
les valeurs limites sont conformes

Les risques professionnels sont identifiés
Prise en compte de la sécurité électrique

C13 - Mesurer les grandeurs caractéristiques d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique

La procédure définie est appliquée
protocole respecté

Les appareils de mesures sont installés
prise en main autonome du contrôleur et des appareils de mesure

Les mesures sont collectées
les données sont archivées et pertinentes

Les actions de prévention et de sécurité sont mises en œuvre
Consignation/déconsignation de l'ouvrage en corrélation avec le port des EPI et les mesures de sécurité

C17 - Réaliser un diagnostic de performance y compris énergétique, de sécurité, d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique

Le diagnostic est pertinent x Suite au diagnostic, des modifications de l'installation sont proposées
Les mesures sont analysées correctement vis à vis de la norme.
La signification des mesures est comprise

Suite au diagnostic, des recommandations, des réglages, des améliorations de l'installation sont proposées
des conclusions et recommandations sont énoncées

Engagement: ★★★★★

Commentaire
L'approche est correcte mais Mathis n'est pas très à l'aise avec les appareils de mesure. L'installation disjoncte et pas d'analyse du fonctionnement !

Autre exemple pour l'audit et le suivi énergétique

Dernière modification le 25/01/2025

C2 - Extraire les informations nécessaires à la réalisation des tâches

Les informations nécessaires à l'analyse et aux mesures sont extraites des documents (plans, schémas, bilans précédents, autres, etc.)
Données de fréquence
Données de tension
Données de courant
Données de puissance active
Données de puissance réactive
Données de puissance apparente
Données liées au facteur de puissance (cos et tan)

C17 - Réaliser un diagnostic de performance y compris énergétique, de sécurité, d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique

Le diagnostic est pertinent x Suite au diagnostic, des modifications de l'installation sont proposées
Analyse de la fréquence
Analyse de la tension
Analyse du courant
Analyse des puissances
Analyse du facteur de puissance

Suite au diagnostic, des recommandations, des réglages, des améliorations de l'installation sont proposées
Préconisation matériel pour réduire les pics et surconsommation évitables
Impact sur la puissance souscrite
Bilan global et conclusion

Engagement: ★★★★★

Commentaire
La collecte des données est réalisée mais les analyses sont très primaires, ne sont pas confrontées aux normes ni à la puissance souscrite / calibre de l'AGCP. Les préconisations ne donnent pas d'éléments permettant d'améliorer la consommation d'énergie ni d'agir sur une diminution de la puissance souscrite. L'ensemble est trop superficiel.

Ou encore pour les activités de maintenance (ici la maintenance corrective)

Bilan des compétences	
C1 - Recenser et prendre en compte les normes, les réglementations applicables au projet/chantier	 
C2 - Extraire les informations nécessaires à la réalisation des tâches	 
C3 - Gérer les risques et les aléas liés à la réalisation des tâches	 
C4 - Communiquer de manière adaptée à l'oral, à l'écrit, y compris en langue anglaise	 
C5 - Interpréter un besoin client/utilisateur, un CCTP, un cahier des charges	 
C6 - Modéliser le comportement de tout ou partie d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique	 
C7 - Simuler le comportement de tout ou partie d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique	 
C8 - Dimensionner les constituants d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique	 
C9 - Choisir les constituants d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique	 
C10 - Proposer l'architecture d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique	 
C11 - Réaliser les documents techniques [plans, schémas, DOE, maquette virtuelle, etc.] du projet/chantier	 
C12 - Gérer et conduire [y compris avec les documents de : organisation, planification, suivi, pilotage, réception, etc.] le projet/chantier	 
C13 - Mesurer les grandeurs caractéristiques d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique	 
C14 - Réaliser un ouvrage, une installation, un équipement électrique	 
C15 - Configurer et programmer les matériels dans le cadre du projet/chantier	 
C16 - Appliquer un protocole pour mettre en service un ouvrage, une installation, un équipement électrique	 
C17 - Réaliser un diagnostic de performance y compris énergétique, de sécurité, d'un ouvrage, d'une installation, d'un équipement électrique	 
C18 - Réaliser des opérations de maintenance sur un ouvrage, une installation, un équipement électrique	 
	ts2 ts2

Il est possible une fois toutes les évaluations effectuées de compléter la fiche finale d'évaluation E51 :

