



# **REPÈRES POUR LA FORMATION**

## **du**

# **BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**

# **ÉLECTROTECHNIQUE**

## Ces repères pour la formation ont été élaborés par :

Jean-Paul	<b>CHASSAING</b>	<i>Inspecteur Général de l'Éducation Nationale Groupe des Sciences et Techniques Industrielles</i>
Etienne	<b>CHOQUET</b>	<i>Inspecteur d'académie Inspecteur pédagogique régional Sciences et Techniques Industrielles</i>
Patrick	<b>LEFORT</b>	<i>Inspecteur d'académie Inspecteur pédagogique régional Sciences et Techniques Industrielles</i>
Bruno	<b>CHAVENT</b>	<i>Chef de travaux</i>
Jean Marc	<b>CHATEAU</b>	<i>Professeur</i>
Michel	<b>DESILLIERE</b>	<i>Professeur</i>
Noël	<b>MOREL</b>	<i>Professeur</i>

### Avec le concours de :

Paul-Émile	<b>MARTIN</b>	<i>Inspecteur Général de l'Éducation Nationale Groupe des Sciences Physiques et Chimiques Fondamentales et Appliquées</i>
Hervé	<b>ANCELET</b>	<i>Inspecteur d'académie Inspecteur pédagogique régional Sciences Physiques et Chimiques Fondamentales et Appliquées</i>
Christine	<b>FALCONET</b>	<i>Professeur</i>

**pour la partie sciences appliquées**

### Avec le concours de :

Jack	<b>TUSZYNSKI</b>	<i>Inspecteur d'académie Inspecteur pédagogique régional Économie et gestion</i>
------	------------------	--

**pour la partie économie et gestion**

# Sommaire

<b>1 Les évolutions du BTS Électrotechnique .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Les orientations pédagogiques et l'organisation des enseignements ...</b>	<b>7</b>
2.1 Préambule :.....	7
2.2 Essais de systèmes : .....	11
2.3 Culture générale et expression : .....	17
2.4 Anglais : .....	17
2.5 Génie électrique : .....	18
2.6 Économie et gestion : .....	30
2.7 Sciences appliquées : .....	32
2.8 Construction des structures matérielles appliquée à l'électrotechnique : .....	41
<b>3 La certification .....</b>	<b>48</b>
3.1 Recommandations aux auteurs de sujets de l'épreuve E4 : .....	48
3.2 Recommandations aux auteurs de sujets de l'épreuve E41 : .....	50
3.3 Recommandations aux auteurs de sujets de l'épreuve E42 : .....	51
3.4 L'épreuve de projet technique industriel : épreuve E5 .....	52
3.5 L'épreuve d'organisation de chantier : épreuve E61 .....	58
3.6 L'épreuve de rapport de stage de technicien en entreprise : épreuve E62 .....	67
<b>4 Les espaces d'enseignements et les équipements .....</b>	<b>68</b>
4.1 Les espaces d'enseignement (considérations générales) : .....	68
4.2 Les équipements recommandés (considérations générales) : .....	69
<b>5 Fiches d'évaluation .....</b>	<b>71</b>
5.1 Épreuve de projet technique industriel : épreuve E5.....	72
5.2 Organisation de chantier : épreuve E61 .....	79
5.3 Rapport de stage de technicien en entreprise : épreuve E62 .....	83
<b>6 Sujets zéro .....</b>	<b>84</b>
6.1 Étude d'un système technique industriel : épreuve E4 .....	85
6.2 Épreuve de projet technique industriel : épreuve E5.....	172
6.3 Organisation de chantier : épreuve E61 .....	178
<b>7 Documents techniques .....</b>	<b>193</b>
7.1 Espaces et équipements de génie électrique .....	194
7.2 Espaces et équipements de sciences appliquées .....	212

## **1 Les évolutions du BTS Électrotechnique :**

**Traditionnellement**, le technicien supérieur en électrotechnique trouve sa place aussi bien dans les petites, que dans les moyennes ou les grandes entreprises. Il intervient dans les applications relatives aux secteurs de la production industrielle, du tertiaire, de l'habitat, du transport, de la distribution de l'énergie électrique et, plus récemment, il met en œuvre ou intervient sur des équipements reliés à des sources d'énergie renouvelable, couplées ou non au réseau national de distribution de l'énergie.

Ses interventions s'exercent sur des procédés industriels de fabrication ou au sein d'infrastructures publiques ou privées qui mettent en œuvre des équipements constitutifs d'applications nécessitant des sources d'énergie. Il est plus particulièrement spécialiste de la conversion d'énergie dans les procédés de transformation, de déplacement / transport ou de stockage de matières ou d'énergie. Ses compétences s'exercent également dans l'élaboration du processus destiné au pilotage, à la commande et la coordination des différents procédés qui sont mis en œuvre dans ces applications, tout particulièrement lorsque le génie électrique et l'automatique y occupent une place importante.

De part ses qualités spécifiques, l'électricité, vecteur d'énergie à haute valeur ajoutée, est omniprésente dans les applications. La propriété de réversibilité énergétique, présentée par les machines électriques tournantes et les convertisseurs statiques, permet la maîtrise du mouvement des chaînes cinématiques dans de nombreuses applications (produits manufacturés, moyens de production, froid industriel, infrastructures et services techniques, confort dans l'habitat, transports...). Par ailleurs, comme cette énergie s'accumule difficilement et que son coût est élevé, sa gestion est devenue une préoccupation constante pour assurer la sûreté du fonctionnement et l'efficacité énergétique des systèmes mis en œuvre. Dans le même temps, les moyens de communication nécessaires à la gestion locale ou distante des équipements se développent rapidement. Enfin, le technicien supérieur en électrotechnique doit être qualifié pour intégrer des solutions qui participent du concept de développement durable. À ce titre, il peut intervenir pour proposer des solutions qui prennent en compte : le choix de la source d'énergie en fonction d'un contexte donné ; le cycle de vie d'une application, depuis sa conception jusqu'à son démantèlement.

### **Des courants faibles au service des courants forts et réciproquement :**

Une conséquence des dernières évolutions constatées en milieu professionnel est que le technicien supérieur en électrotechnique exerce désormais ses activités dans l'étude, la mise en œuvre, l'utilisation, la maintenance et l'exploitation d'équipements qui utilisent aussi bien des courants forts que des courants faibles. Parallèlement, il est également amené à développer de nouvelles compétences prenant en compte l'impact de ces équipements sur l'environnement.

Avec l'évolution des techniques et des technologies liées à l'électronique et à l'informatique, il intervient sur des équipements de plus en plus sophistiqués où les courants faibles côtoient les courants forts. Parfois, les conducteurs des courants forts qui transportent les signaux délivrés par les modulateurs de courants faibles rendent l'interprétation des circuits et des fonctions mal aisée. Ainsi, l'électricien qui intervient sur les systèmes doit faire preuve d'un bon niveau de qualification et d'une solide formation à l'habilitation électrique. Les équipements nécessitent bien souvent l'utilisation de réseaux qui véhiculent la voix, les données et les images (V.D.I.), et doivent être conçus avec une ergonomie susceptible de garantir la sécurité des personnes.

Cependant, l'emploi de constituants de plus en plus intégrés renforce le caractère ensemblier du professionnel électricien qui, dès la conception des applications, recherche des solutions intégrées qui minimisent les connexions et qui ne font plus clairement apparaître les fonctions. Dans cette perspective, le professionnel électricien réalise et met en œuvre des solutions qui permettent de limiter les déplacements nécessaires au contrôle du bon fonctionnement des applications, sur le site ou à distance. Il utilise pour ce faire des solutions empruntées à l'informatique industrielle et aux réseaux de communication.

## **Un nouveau profil de professionnel autonome et responsable d'équipes agissant en pleine autonomie :**

Le professionnel électricien, titulaire du B.T.S. électrotechnique, est généralement responsable d'une équipe d'intervenants et agit souvent à l'extérieur de sa propre entreprise. Outre la maîtrise des aspects techniques, normatifs et réglementaires, il doit également développer des compétences relationnelles nécessaires au dialogue avec les clients tant au plan technique qu'économique ou commercial. Par ailleurs, il est le garant de la qualité et des conditions d'exercice du métier proposées aux professionnels qu'il encadre. Il fait la promotion des notions attachées au concept de santé et de sécurité au travail (S. & S.T.).

L'ensemble de ces compétences lui permet de travailler en toute autonomie sur les chantiers qui lui sont délégués et de conduire une équipe d'intervenants en toute responsabilité.

Les activités déployées par le titulaire du B.T.S. électrotechnique nécessitent de mobiliser des connaissances pluritechniques permettant d'accéder à la compréhension de procédés et de processus parmi les plus utilisés dans les domaines de la mécanique, de l'utilisation des fluides, de la thermique et du génie climatique tant dans le secteur industriel que dans les infrastructures publiques, le secteur tertiaire, les transports ou l'habitat.

## **De nouvelles fonctions assurées au sein de l'entreprise :**

Parmi les sept fonctions identifiées par le groupe de travail en charge de la rénovation, qui comprenait aussi bien des industriels que des installateurs, trois fonctions émergent par le haut niveau de valorisation qui est accordé par les professionnels. Il s'agit, en premier lieu, de planifier, de suivre l'évolution d'une réalisation et de maîtriser les coûts, d'animer et de coordonner des équipes et enfin d'assurer un haut niveau de qualité dans la relation client-fournisseur.

Pour le titulaire du B.T.S. électrotechnique, les compétences spécifiques attachées à ces nouvelles missions en entreprise s'exercent le plus souvent dans des situations de travail caractéristiques du « chantier ». Le chantier suppose une planification, une préparation, une exécution et un suivi qui donnent le sens général au concept d'autonomie et de responsabilité voulu par la présente rénovation.

## **Une nouvelle architecture pour la formation générale et professionnelle du B.T.S. électrotechnique et un nouveau dispositif de certification :**

Les objectifs poursuivis par le groupe de travail aboutissent à proposer deux types de stages en milieu professionnel.

Un stage dit « ouvrier » qui a pour vocation de **mailler l'enseignement général et l'enseignement professionnel** à travers la découverte des activités professionnelles de l'entreprise. Dans ce stage, le contrôle en cours de formation est de nature à valider, notamment, la communication orale et l'expression professionnelle, y compris en langue anglaise.

Un stage dit « de technicien » qui s'appuie sur l'étude technique et économique d'une affaire ou d'un projet qui est évalué **selon la modalité du contrôle en cours de formation** de manière conjointe entre le tuteur en entreprise et le professeur de génie électrique membre de l'équipe pédagogique de l'établissement de formation.

Par ailleurs, **les enseignements de sciences appliquées et de sciences et techniques industrielles interviennent conjointement** au service de l'étude d'un système industriel et pour l'activité de projet technique industriel. Ainsi le partage d'enseignements qui se complètent est strictement dicté par la relation qui lie conception et réalisation avec les nécessaires échanges qui permettront aux étudiants d'arbitrer les choix techniques et organisationnels effectués et de les justifier.

Enfin, le nouvel enseignement lié à l'organisation de chantier, qui se déroule en milieu scolaire, est destiné à valoriser les compétences d'organisation, de suivi et de validation des réalisations. A cet effet, en fonction des difficultés rencontrées généralement dans les situations de travail en milieu professionnel, des « chantiers types » seront proposés au plan national. Ces chantiers, qui ne présentent pas de complexité technique particulière, offrent, en revanche, des contraintes d'organisation, de coordination de compétences, de travail en hauteur potentiellement dangereux ou de sous-traitance. L'analyse et la maîtrise de toutes ces contraintes doivent être l'objet d'un travail en équipe. En milieu scolaire, les équipes d'étudiants seront constituées de manière à ce que la préparation et le suivi ne soient pas assurés par ceux qui auront à assurer la réalisation d'un chantier. Par permutation, sur un espace temporel de six à sept semaines, chaque étudiant devra avoir accompli des tâches de préparation et de suivi de chantier ainsi que des tâches de réalisation. Les compétences professionnelles, repérées dans l'activité de chantier, seront évaluées selon les modalités du contrôle en cours de formation.

Véritable interface entre les acteurs de l'entreprise et ses clients, le titulaire du B.T.S. électrotechnique doit assurément prendre une place encore plus importante, quantitativement et qualitativement, dans le vaste tissu des entreprises qui utilisent des professionnels qualifiés dans les secteurs de l'électrotechnique et de l'énergie.

## 2 Les orientations pédagogiques et l'organisation des enseignements :

### 2.1 Préambule :

Comme nous l'avons vu précédemment pour l'évolution des métiers attachés à l'électrotechnique, la demande des clients s'exerce dans les nombreux domaines qui utilisent le vecteur électricité. Les connaissances et les compétences qui sont généralement attribuées à l'usage de cette énergie ne sauraient être limitées aux connaissances étroitement liées aux phénomènes électriques et à la maîtrise des compétences relatives à l'agencement des constituants nécessaires à la chaîne énergétique, depuis le raccordement à la source électrique jusqu'à la charge couplée au convertisseur d'énergie utilisé dans une application. En effet, l'application, utilisatrice d'électricité, intervient dans un lieu et dans un contexte caractéristique des contraintes les plus importantes pour l'utilisateur et pour la réglementation qui s'y attache. Ce contexte est environnemental, culturel et économique, il est bien entendu également juridique. Dès lors, l'absence de compréhension de ces éléments rendrait caduque un projet qui ne les prendrait pas en compte, y compris s'il est pertinent dans l'espace environnemental qui a procédé à sa conception. Ainsi, par exemple, le couplage au réseau d'un micro producteur d'électricité ne peut être utilisé que s'il satisfait à des conditions économiques relatives à l'espérance de retour sur investissement, que si le couplage est autorisé réglementairement et si les règles qui s'appliquent à l'environnement permettent l'installation de cet équipement de production électrique. Par ailleurs, la formation des utilisateurs conditionne, dans une large mesure, le degré de fonctionnement autonome de l'installation, donc le niveau d'automatisation.

Pour répondre efficacement à la demande des clients et pour mieux appréhender la réponse technique en regard d'un cahier des charges, la frontière de l'étude des systèmes artificiels doit donc être élargie. Cette frontière doit désormais, non seulement, aller de la source d'énergie électrique aux effecteurs de l'usage escompté de l'application dans ces performances nominales, mais également, interroger le contexte environnemental (écologie, sociologie, réglementation, géographie, qualifications des utilisateurs, ressources énergétiques...) pour répondre aux exigences locales en minimisant les impacts locaux sur l'environnement et en limitant les externalités.

Une application nécessite souvent des équipements dont l'implantation est réalisée sur des sites différents, voire très distants. L'étude complète de l'application suppose une modélisation fonctionnelle dont la frontière choisie délimite les constituants et où, par exemple, la notion d'efficacité énergétique est dépendante du bilan de l'ensemble des consommateurs d'énergie concernés. La valeur ajoutée de l'application est telle qu'elle satisfait le client dans des conditions économiques fixées en garantissant le niveau de sûreté requis et en s'attachant à limiter les impacts sur l'environnement. À cet égard, le durcissement des normes environnementales débouche sur la production d'une « signature » caractéristique de la qualité environnementale et sur le mesurage des grandeurs physiques qui s'y attachent. Comme on le voit, la réception d'un chantier nécessite des mesures relatives à des grandeurs non directement électriques.

Sur le plan de la modélisation fonctionnelle, il est souhaitable de rechercher les différents procédés qui transforment, déplacent ou stockent les produits, l'énergie ou l'information. La maîtrise de chacun de ces procédés n'est pas nécessairement en relation avec les compétences ou la qualification d'un titulaire du B.T.S. électrotechnique mais l'identification de l'ensemble des procédés mis en œuvre par l'application permet assurément de mieux comprendre le processus qui s'attache à les coordonner dans l'espace et dans le temps. Ainsi, tout découpage fonctionnel devrait faire émerger la liste des procédés reliés entre eux par des relations et un processus décrivant à quel moment tel procédé est exploité, régulé, asservi ou interrompu.

## 2.1.1 Deux représentations pour une approche fonctionnelle :

Il s'agit bien de produire deux représentations pour qualifier les fonctions, l'une qui s'attache au **film** susceptible de représenter la dynamique temporelle relative à l'excitation des procédés, l'autre qui s'attache à produire une **photographie** reliant les procédés entre eux avec les *flux contraintes* de matières, d'énergie et d'informations mais aussi les pertes, les déchets, les rejets, les récupérations d'énergie ou les dissipations. Enfin, l'étude synchronique de deux applications permettant de répondre à un même cahier de la charge devrait conduire l'étudiant à une comparaison des solutions mises en œuvre avec le regard critique nécessaire aux challenges économique, sécuritaire et environnemental, voire social, auxquels il peut être confronté.

Dans le but de repérer les différents procédés qui concourent à l'élaboration de la valeur ajoutée et à l'efficacité énergétique recherchée, le tableau suivant représente les neuf procédés élémentaires susceptibles d'intervenir intégralement ou partiellement dans une application.

Pour la modélisation de l'application on s'intéressera systématiquement aux procédés élémentaires consommateurs d'énergie (travail ou échange thermique).

La matrice proposée ci-dessous synthétise les possibilités d'action des procédés au sein des applications :

Matière d'œuvre	Transformation $\mathcal{T}$	Déplacement $\mathcal{D}$	Stockage $S$
Produit P	$\mathcal{T}_P$	$\mathcal{D}_P$	$S_P$
Énergie W	$\mathcal{T}_w$	$\mathcal{D}_w$	$S_w$
Information I	$\mathcal{T}_I$	$\mathcal{D}_I$	$S_I$

### Exemples :

$\mathcal{T}_P$  représente la transformation d'un produit,  $\mathcal{D}_w$  représente le déplacement (transport) de l'énergie,  $S_I$  représente un stockage d'informations.

Tandis que le physicien établit la modélisation de chaque procédé objet de l'étude électrotechnique en proposant une relation entre les grandeurs physiques caractéristiques des éléments en entrée et celles qui caractérisent la valeur ajoutée par le procédé, les technologues mécaniciens et électriciens proposent, en fonction des contraintes choisies comme étant les plus saillantes, une architecture et un choix de constituants adaptés à la réalisation commerciale de l'équipement - ou à sa modernisation -.

## 2.1.2 Deux espaces importants pour les projets : le chantier et le projet

Comme nous le percevons, le rôle de l'équipe pédagogique, constituée autour de l'étudiant et du groupe d'étudiants, ne se limite pas à la description d'un existant mais doit progressivement avoir le dessein de projeter l'étudiant dans un espace projet avec une participation tantôt individuelle et tantôt collective. Dans cette perspective, la modélisation réalisée de l'application support d'étude doit inviter au repérage, puis au découpage, des activités de manière à ce que chaque étudiant soit amené à exercer ces deux rôles participatifs, individuel et collectif, où les compétences identifiées par le référentiel prendront tout leur sens.

Quelle que soit la nature du projet, il correspond à **des enjeux clairement identifiés**. La présentation de ces enjeux par une personnalité compétente et extérieure à l'établissement de formation est vivement recommandée.

Ainsi l'étude de systèmes apparaît centrale dans la rénovation du B.T.S. électrotechnique.

**Dans un premier temps**, la description de systèmes existants conduire l'étudiant à classer les applications puis les procédés découverts avec leurs caractéristiques en fonction d'un contexte particulier. Ces études doivent permettre de balayer les procédés élémentaires les plus utilisés dans l'usage du vecteur électricité. À partir de l'étude de procédés susceptibles d'être utilisés en réponse à un même cahier des charges, le regard critique de l'étudiant pourra s'exercer dans une approche comparative des solutions constructives. À cet effet, la modélisation pourra être exploitée sur un simulateur pour être comparée au comportement observé lors des essais sur un système didactique représentatif d'un procédé réel à partir d'un agencement de constituants commercialisés. La pratique pédagogique du centre d'intérêt pourra utilement être exploitée dans l'approche comparative de solutions constructives visant à caractériser un même procédé élémentaire dans des applications différentes (exemple de procédé élémentaire de levage décliné en ascenseur, escalier mécanique, palan....). Il s'agit ici d'indiquer clairement que les principes physiques qui s'appliquent sont de même nature alors que les performances recherchées et les conditions d'exploitation sont très contrastées.

L'ensemble de ces études participent à forger la base de données scientifique et technique nécessaire à l'étudiant. C'est en mobilisant ces données classées qu'il pourra se projeter en phase de conception en réalisant les transferts nécessaires aux nouvelles contraintes présentées par un nouveau cahier des charges.

**Dans un deuxième temps, il convient d'inviter l'étudiant à se projeter en phase de conception d'un système :**

### **1 - Un système « organisation » :**

Ici, le projet est un chantier qu'il s'agit de planifier, exécuter, suivre et contrôler sous contraintes avec des intervenants de qualifications variées, des moyens techniques et des équipements à mettre en œuvre selon les règles de l'art. Ici il s'agit de **promouvoir une organisation en réponse à un besoin**. Ici, la complexité technique n'est pas recherchée mais le scénario doit respecter les contraintes imposées par le chantier et la réalisation doit être effectuée en qualité dans le temps imparti. Cette activité est exécutée en milieu scolaire.

### **2 - Un système technique organisé pour répondre à une application :**

Le projet consiste en une réalisation technique, équipement ou un ouvrage, en réponse à un cahier des charges où le génie électrique occupe une place prépondérante. **Il s'agit d'agencer des procédés en réponse à une application où la valeur ajoutée résulte de la pertinence des choix technologiques effectués lors de la conception**. Il peut s'agir d'une création ou d'une modification en vue d'une amélioration significative. Dans tous les cas le cahier des charges est réputé extérieur à l'établissement et la conception **prend en compte les attendus de l'éco-conception**. Pour autant, un contrat explicite valide la relation client fournisseur en identifiant les rôles et les responsabilités des deux parties. Le découpage des responsabilités pédagogiques est explicité, notamment par l'identification du professeur responsable d'un projet confié à un groupe d'étudiants. Cette activité s'exerce en milieu scolaire ou en milieu professionnel.

### 2.1.3 Recommandations liminaires pour l'organisation pédagogique :

Nous venons de montrer que l'étude des systèmes (chantier ou réalisation d'équipement) occupe une place centrale dans l'organisation pédagogique susceptible de dispenser un enseignement de qualité. Des conclusions s'imposent naturellement pour permettre cette organisation :

#### 2.1.3.1 Le projet et les essais de systèmes ne peuvent être déconnectés dans l'accompagnement de la formation.

#### 2.1.3.2 L'emploi du temps doit répondre à un double objectif :

- Permettre le regroupement de la classe pendant la période d'évaluation en contrôle en cours de formation (C.C.F.) pour l'organisation de chantier. Il s'agit de réorganiser les groupes d'étudiants en fonction de leur niveau de préparation et de leur aptitude à organiser le chantier. Tous les étudiants ne sont généralement pas simultanément prêts à être évalués et le C.C.F. permet d'étaler, dans la période impartie, le déroulement des chantiers assurés par les groupes d'étudiants.
- Le projet technique industriel est encadré par les enseignants de génie électrique, de sciences appliquées et de construction mécanique. Chaque professeur appartenant à l'une de ses catégories doit encadrer des étudiants constitués en groupes de projet. Cet encadrement doit être constitué de manière à pouvoir consacrer le temps suffisant au suivi, aux apports de connaissances (**les enseignements disciplinaires de sciences appliquées, de génie électrique et de construction mécanique se complètent et doivent être en étroite relation avec les essais de systèmes**) et à l'évaluation de chaque projet. Ainsi, le nombre de projets encadrés par un professeur doit être défini en fonction de l'orientation du projet d'une part (si il est orienté motorisation de système, le professeur de construction peut légitimement encadrer ce projet) et, d'autre part, en fonction du nombre d'heures attribué au professeur dans la classe de B.T.S. électrotechnique. Il s'agit de promouvoir un niveau de charge équitable pour le professeur dans le respect de la formation dispensée aux étudiants.

## 2.2 Essais de systèmes :

**Les essais de systèmes sont fédérateurs des enseignements des sciences appliquées, de génie électrique et de construction appliquée à l'électrotechnique.**

### 2.2.1 Objectifs généraux :

La formation du futur technicien supérieur en électrotechnique s'appuie sur la résolution de problèmes dans un contexte d'usage industriel. **L'efficacité énergétique** sera une préoccupation constante dans l'évaluation des performances globales des systèmes.

Ces systèmes représentatifs actuels du domaine de l'électrotechnique nécessitent pour leur compréhension **l'approche simultanée** du génie électrique et des sciences appliquées. Ils prennent en compte la nécessaire coexistence des courants forts et des courants faibles.

Parmi les systèmes supports de la formation, on s'efforcera d'analyser les constituants issus d'une démarche d'éco-construction.

Le futur technicien supérieur devra, à terme, être en mesure de participer à la conception de solutions techniques économiques, sûres et évolutives.

### 2.2.2 Modalités d'enseignement :

Les séances d'essais de systèmes se font en classe entière avec la conduite simultanée d'un professeur de sciences physiques appliquées et d'un professeur de génie électrique.

Le laboratoire d'essais de systèmes est le lieu privilégié pour la mise en place d'une pédagogie cohérente des enseignements des sciences appliquées et du génie électrique au service de l'étudiant.

Les séances d'essais de systèmes permettent de mettre en cohérence :

- les connaissances acquises par l'étudiant en sciences appliquées et en génie électrique
- les méthodes de travail appliquées en sciences appliquées et en génie électrique.

Elles permettent aussi aux deux professeurs de suivre simultanément les progrès de l'élève et d'être ainsi plus réactifs.

De type inductive, la pédagogie appliquée doit laisser une large place à l'autonomie et favoriser la prise d'initiative de l'étudiant. À partir d'une situation - problème posée par les deux professeurs, l'étudiant sera amené, au fur et à mesure de sa formation, à acquérir un degré d'autonomie croissant dans l'identification, l'analyse, la conduite et le réglage de solutions techniques proposées.

Les énoncés d'essais de systèmes sont rédigés en concertation par les deux enseignants. L'équilibre entre les deux disciplines devra être respecté sur une année. Les essais de systèmes d'une même rotation sont animés conjointement et simultanément par les deux enseignants.

Les travaux des élèves sont aussi réalisés en équipe et permettent le développement de compétences personnelles qu'il convient de repérer chez les étudiants

### 2.2.3 Deux approches complémentaires pour une action simultanée :

**Un système pour deux approches convergentes :**

- L'approche du génie électrique est plus axée sur : « **à quelle fonction d'usage doit répondre le système et quelle solution technique est la mieux adaptée ?** ».
- L'approche de sciences appliquées est plus axée sur : « **quelles lois de physiques, quelles transformations d'énergie ou de signaux permettent de comprendre et d'améliorer le fonctionnement du système ?** ».

**Ces deux approches sont complémentaires.**

L'action simultanée permet d'apporter à l'étudiant des points de vue différents et complémentaires sur une même problématique, dans un même lieu et au même moment. Elle renforce la complémentarité des deux enseignements des sciences appliquées et du génie électrique et nourrit le caractère professionnel de la formation.

## L'action concertée évite le risque d'un travail isolé et conduit :

- à travailler sur des modèles actuels, d'une complexité adaptée au problème posé et en relation avec la réalité industrielle du moment, en sciences appliquées ;
- à adopter la rigueur scientifique nécessaire à l'étudiant pour s'adapter aux évolutions technologiques futures, en génie électrique.

En phase de description du système choisi, **l'objectif** est de développer et de formaliser, notamment à l'oral, un esprit critique de l'étudiant vis à vis des différentes solutions.

Cet objectif concourt à projeter l'étudiant en phase de projet, moment où il sera confronté à la réalité d'une solution industrielle.

### 2.2.4 Proposition de progression concertée :

Les séances d'essais de systèmes fédèrent les progressions des enseignements des sciences appliquées, de génie électrique et de construction appliquée à l'électrotechnique.

Les tableaux, ci-après, sont présentés avec le format suivant :

Première année de formation							
	MODELE		REEL		ESSAIS		MODELE
Horaires	3h	3h	4h	4h	4h	4h	3h
Discipline	Sciences appliquées		Génie électrique		Essais de systèmes		Construction des structures matérielles appliquées à l'électrotechnique
Structure	Cours 1	Cours 2	TP 1	TP 2	Groupe 1	Groupe 2	
Semaine							
1							
2							
32							

Deuxième année de formation							
	MODELE		REEL		ESSAIS		MODELE
Horaires	3h	3h	4h	4h	6h	6h	2h
Discipline	Sciences appliquées		Génie électrique		Essais de systèmes		Construction des structures matérielles appliquées à l'électrotechnique
Structure	Cours 1	Cours 2	TP 1	TP 2	Groupe 1	Groupe 2	
Semaine							
1							
2							
32							

Semaine	Sciences Appliquées		Génie Électrique		Essais de Systèmes		Construction Mécanique		
	Cours 1 - Production et distribution de l'énergie	Cours 2 - Transformation de l'énergie électrique	TP1 - Production et distribution de l'énergie	TP2 - Transformation de l'énergie électrique	Groupe 1	Groupe 2			
1	A1.1 (3 s) Circuits en régime variable Lois générales	A2 (2 s) Les différentes formes d'énergie	2.1.1. (3 s) Production de l'énergie électrique.  2.1.2. (3 s) Transport de l'énergie électrique  A3 (6 s) Solide fluide en mouvement	5.2 (1 s) Conduite d'exploitation	Distribution (5 s)	Mise en service (5 s)	Service rendu par une application • Expression du besoin		
2				1.7. (3 s) Sécurité machine			Règles générales de l'éco-conception Analyse du cycle de vie des produits		
3				1.5.1 (3 s) Chaîne de commande moteur - choix  2.1.3.1.3 (3 s) Distribution de l'énergie électrique  A.5 (2 s) Régimes transitoires Suite			Produits et matériaux dans la relation « usage - procédés – énergie » : • Choix des matériaux constitutifs • Matière première renouvelable ou recyclable  Recherche d'amélioration aux niveaux énergétique et environnemental Choix de la source d'énergie utilisée. Service rendu par une application • Rapport performance / coût. • Impact du développement durable sur les différents coûts		
4									
5									
6				2.1.3.8.9 (3 s) Logiciels CAO dédiés à la commande moteur  1.1. (2 s) L'entraînement électrique	Mise en service (5 s)	Distribution (5 s)	Description et représentation des chaînes d'action • Formes des pièces : description géométrique et vocabulaire du mécanicien ; • Procédures d'exploitation de maquettes numériques de tout ou partie d'une chaîne d'action • Structure des arbres de construction et d'assemblage ; • Fonctions de base des logiciels 3D ;		
7									
8									
9									
10									
11	A1.3 (3 s) Circuits en régime périodique	A4 (2 s) Electrothermie	1.5.2 (3 s) Chaîne de commande moteur - réalisation  1.2. (1 s) Les actionneurs électromécanique.  1.3. (1 s) Les récepteurs en électrothermie  1.4. (1 s) Les récepteurs en électrochimie  3.1. (2 s) L'acquisition de l'information	Transformation d'énergie (5 s)	Comportement des charges mécaniques (5 s)	Transformation d'énergie (5 s)	Description et représentation des chaînes d'action • Procédures d'exploitation de maquettes numériques de tout ou partie d'une chaîne d'action		
12									
13									
14									
15									
16				3.2 (4 s) Traitement de l'information  3.3. (2 s) IHM	Comportement des charges mécaniques (5 s)	Transformation d'énergie (5 s)	Approche structurelle d'une chaîne d'action : • Étude des liaisons élémentaires • Schématisation cinématique d'un mécanisme Description et représentation des chaînes d'action • Formes des pièces : description géométrique et vocabulaire du mécanicien ; • Procédures d'exploitation de maquettes numériques de tout ou partie d'une chaîne d'action		
17									
18									
19									
20									
21				4.1 (3 s) Pilotage des équipements	Réversibilité (5 s)	Systèmes embarqués (5 s)	Approche structurelle d'une chaîne d'action • Réaliser un assemblage ou un guidage ; • Rendre étanche ;		
22									
23									
24									
25									
26	A1.4 (3 s) Système triphasé	B1 (4 s) MCC	B2 (7 s) Hacheur	3.2 (4 s) Traitement de l'information  3.3. (2 s) IHM	Systèmes embarqués (5 s)	Réversibilité (5 s)	Description et représentation des chaînes d'action • Mises en plan à partir d'une maquette numérique et dessin normalisé 2D		
27									
28									
29									
30									
31	C 2.1-2.2 et 2.3 (2 s) Redresseurs non commandés et commandés			2.2.1 (1 s) Sûreté installation	Systèmes embarqués (5 s)	Réversibilité (5 s)	Comportement cinématique d'une chaîne d'action : • Repère et position d'un point d'un solide ; • Vitesse et accélération des points d'un solide en rotation ou en translation rectiligne • Mouvements plans.		
32				3.5. (1 s) Gestion déportée de l'énergie					

Semaine	Sciences Appliquées		Génie Électrique		Essais de Systèmes		Construction Mécanique
	Cours 1 - Production et distribution de l'énergie	Cours 2 - Transformation de l'énergie électrique	TP1 - Production et distribution de l'énergie	TP2 - Transformation de l'énergie électrique	Groupe 1	Groupe 2	
1	A1.5 (2 s) Ondes	D1 (8 s) Champs tournants machine asynchrone	5.1 à 5.5 (4 s) La démarche de projet	5.1 à 5.5 (4 s) La démarche de projet	Facturation (2 s)	Qualité (2 s)	Description et représentation des chaînes d'action • Fonctions de service, fonctions techniques, diagramme FAST ;
2					Qualité (2 s)	Facturation (2 s)	Comportement dynamique et énergétique des transmetteurs de mouvement : • Approche de la conservation d'énergie • Précision d'une transmission • Impact d'une chaîne d'énergie sur les choix technologiques • Rendement mécanique et réversibilité de la transmission.
3	H1-2-3 (3 s) Qualité de l'énergie		2.2.2-4 (1 s) CEM + Compensation avec harmoniques	3.4. (1 s) Transport gestion de l'information	Asservissement (4 s)	Equipements communicants (4 s)	
4			1.6 (4 s) Régulation industrielle	4.2 (2 s) La détection incendie			Approche structurelle d'une chaîne d'action : • Exemples de solutions constructives associées à des fonctions techniques ; • Transmettre un mouvement • Transformer un mouvement
5				4.3 (2 s) Les équipements VDI			
6	A.5 (2 s) Régimes transitoires	D2 (4 s) Onduleurs	(3 s) Activités de chantier (CCF)	(3 s) Activités de chantier (CCF)	Equipements communicants (4 s)	Asservissement (4 s)	Produits et matériaux dans la relation « usage - procédés - énergie » : Conditions de travail : analyse des risques professionnels, santé et sécurité au travail
7			BTS blanc	BTS blanc			
8	F1 (2 s) conversion d'une grandeur physique						
9							
10							
11	F2 (3 s) Régulation et asservissement						
12							
13			BTS blanc	BTS blanc			
14	Stage (4 s)	Stage (4 s)	Stage (4 s)	Stage (4 s)	Stage (4 s)	Stage (4 s)	Stage (4 s)
15							
16							
17							
18		F2 (6 s) Régulation et asservissement	D2 (3 s) Onduleurs suite	Projet (12 s)	Projet (12 s)	Projet (12 s)	Projet (12 s)
19			G (4 s) Gradateurs				
20							
21							
22							
23							
24	H4 (1 s) Absorption sinusoïdale						
25		E (4 s) Machine synchrone					
26							
27							
28							
29		Evaluations à répartir dans l'année y compris BTS blanc					
30							
31							
32			Préparation évaluation	Préparation évaluation	Préparation évaluation	Préparation évaluation	Préparation évaluation

## 2.2.5 L'enseignement des essais de systèmes est organisé autour de 10 thèmes d'étude :

Un thème d'étude correspond à une problématique commune à plusieurs procédés, mais traitée de manière différente selon les enjeux du système.

### 2.2.5.1 Thèmes étudiés :

1 <sup>ère</sup> année	1 / 2	Mise en service d'un ouvrage, d'un système ou d'un équipement	La distribution de l'énergie électrique
	3 / 4	Comportement des charges mécaniques	Les différents procédés de transformation de l'énergie
	5 / 6	La réversibilité énergétique	Dimensionnement énergétique dans les systèmes autonomes et embarqués
2 <sup>ème</sup> année	7 / 8	la qualité de l'énergie électrique	la gestion des coûts
	9 / 10	Asservissement et régulation	Les équipements communicants

Les systèmes font appel à un assemblage de procédés qui selon leur degré d'importance peuvent faire l'objet d'une étude dans plusieurs thèmes.

### 2.2.5.2 Exemple d'utilisation de systèmes par rapport aux thèmes d'étude :

Système \ Thème	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palan										
Traction ferroviaire										
Ventilation de tunnel										
Eclairage public										

Un thème représente le dénominateur commun aux différents procédés étudiés

### 2.2.5.3 Exemple de choix de procédés étudiés dans les thèmes N° 3 et 4 :

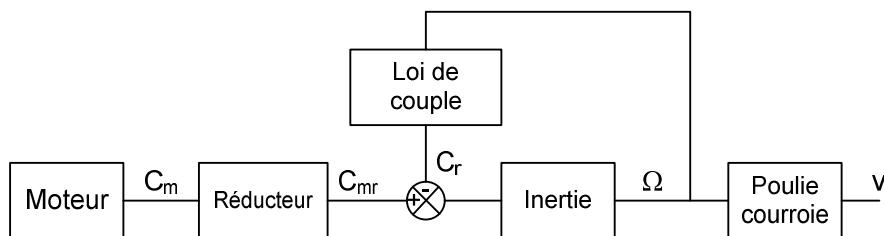
Thème N°3 : Comportement des charges mécaniques	
Procédés	Systèmes support d'étude
Levage	Palan, ascenseur, escalier mécanique.
Traction	Voiture électrique, traction ferroviaire
Malaxage	Mélangeur, pétrin
centrifugation	Essoreuse, écrêmeuse
positionnement	Transstockeurs, table XY

Thème N°4 : Les différents procédés de transformation de l'énergie	
Procédés	Systèmes support d'étude
Conversion hydraulique - électrique	Micro centrale, station de surpression
Conversion aéraulique - électrique	Eolienne, ventilation de tunnel
Conversion thermique - électrique	Tunnel de séchage, pompe à chaleur
Conversion photo - électrique	Installation photovoltaïque
Eclairage	Eclairage public

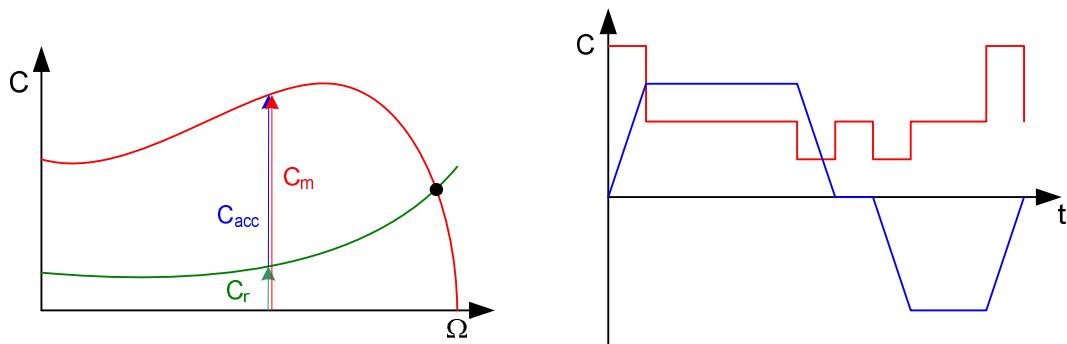
### 2.2.5.4 Exemple de plan de travail pour le thème N°3 :

- **Analyse des enjeux qui contraignent le procédé étudié :**
  - Point de fonctionnement à respecter pour le bon déroulement du procédé (mélangeur) ;
  - Maintien d'une charge en équilibre (palan) ;
  - Temps de démarrage à respecter (essoreuse) ;
  - Limitation du patinage (traction ferroviaire) ;
  - Temps de cycle à respecter (transstockeur).
- **Mise en place des lois physiques qui régissent ce procédé :**
  - Lois du couple résistant ( $C_r(\Omega)$ ) ;
  - Principe fondamental de la dynamique en translation et en rotation ;
  - Énergie mise en jeu.

- Élaboration d'un modèle permettant de préciser les interactions entre les grandeurs physiques :



- Mesures sur le système :



- Parcours d'un point de fonctionnement
- Condition de démarrage
- Durée du démarrage

- Durée d'un cycle
- Couple thermique
- Loi de commande

- Étude de la solution technique mise en œuvre :

- Représentation de la chaîne cinématique ;
- Justification des choix technologiques (réducteur, passage du mouvement de rotation en mouvement de translation) ;
- Influence de la charge sur le moto variateur (couple nominal, maximum, thermique, vitesse, accélération, loi de commande).

- Comparaison entre le comportement réel et la prédétermination :

- Vérification des hypothèses simplificatrices ;
- Influence des réglages sur les réponses.

- Réponse donnée par cette solution technique vis à vis des enjeux :

- Étude critique de la solution proposée ;
- Améliorations possibles de la solution technique ;
- Conclusion.

L'enseignement des essais de systèmes implique donc des interventions complémentaires des enseignants de sciences appliquées et de génie électrique sur chaque système et ceci tout au long de la séance.

L'enseignement des essais de système doit permettre aux étudiants de se constituer une bibliothèque de solutions techniques et de leurs conditions d'emploi.

## 2.3 Culture générale et expression :

### 2.3.1 Objectifs généraux :

Le but de l'enseignement du français dans les sections de techniciens supérieurs est de donner aux étudiants la culture générale dont ils auront besoin dans leur vie professionnelle et dans leur vie de citoyen et de les rendre aptes à une communication efficace à l'oral et à l'écrit.

### 2.3.2 Objectifs du stage « ouvrier » :

Le rapport de stage « ouvrier » maille l'enseignement de culture générale et d'expression et l'enseignement professionnel au travers de la présentation d'une entreprise, avec la description de ses enjeux technologiques, économiques et sociaux.

Afin d'en assurer le caractère formateur, le stage est placé sous la responsabilité pédagogique des professeurs assurant les enseignements généraux et professionnels. L'équipe pédagogique dans son ensemble est responsable de l'explicitation de ses objectifs, de sa mise en place, de son suivi et de l'exploitation qui en est faite. Elle doit veiller à informer les responsables des entreprises ou des établissements d'accueil des objectifs du stage et plus particulièrement des compétences qu'il vise à conforter.

Le contrôle en cours de formation valide ici, la communication orale en langue française (3<sup>ème</sup> situation d'évaluation).

## 2.4 Anglais :

### 2.4.1 Objectifs :

Étudier une langue vivante étrangère contribue à la formation intellectuelle et à l'enrichissement culturel de l'individu. Pour l'étudiant de brevet de technicien supérieur, cette étude est une composante de la formation professionnelle et la maîtrise de la langue anglaise est une compétence indispensable à l'exercice de la profession.

Sans négliger aucun des quatre savoir-faire linguistiques fondamentaux (comprendre, parler, lire et écrire la langue vivante étrangère), on s'attachera à satisfaire les besoins spécifiques à l'activité professionnelle courante et à l'utilisation de la langue anglaise dans l'exercice du métier.

### 2.4.2 Objectifs du stage « ouvrier » :

Le rapport de stage « ouvrier » maille l'enseignement d'anglais et l'enseignement professionnel au travers de la présentation d'une entreprise, avec la description de ses enjeux technologiques, économiques et sociaux.

Afin d'en assurer le caractère formateur, le stage est placé sous la responsabilité pédagogique des professeurs assurant les enseignements généraux et professionnels. L'équipe pédagogique dans son ensemble est responsable de l'explicitation de ses objectifs, de sa mise en place, de son suivi et de l'exploitation qui en est faite. Elle doit veiller à informer les responsables des entreprises ou des établissements d'accueil des objectifs du stage et plus particulièrement des compétences qu'il vise à conforter.

Le contrôle en cours de formation valide ici, la communication orale en langue anglaise (2<sup>ème</sup> situation d'évaluation).

## 2.5 Génie électrique :

### 2.5.1 Les savoirs technologiques et professionnels sont à aborder sous trois aspects :

- Un aspect normatif où sont vus les textes réglementaires relatif au chapitre concerné.
- Un aspect technologique où sont analysées les solutions constructeurs actuelles.
- Un aspect mise en œuvre où sont réalisés des travaux pratiques sur la conception, la réalisation et le réglage d'un sous ensemble.

Selon le niveau taxonomique, la complexité du contenu du chapitre, la difficulté des étudiants à appréhender le problème, un poids plus ou moins important sera donné aux différents aspects.

Il faut malgré tout privilégier l'aspect mise en œuvre par l'utilisation de logiciels de simulation, de conception et de paramétrage. Le travail sur un sous ensemble matériel doit permettre à l'étudiant de comprendre le comportement de celui-ci afin qu'il puisse l'intégrer dans un ensemble plus complexe en toute connaissance de causes.

L'heure de classe entière sera utilisée en début de chapitre pour présenter son contenu ainsi que la partie normative s'y rapportant. Même si la répartition des heures prévoit une heure hebdomadaire classe entière, il est possible de cumuler cette heure pour faire une présentation d'une durée de 2 ou 3 heures à toute la classe, avant une séquence de 2 ou 3 semaines.

1	La conversion de l'énergie électrique dans les applications :	Commentaires
1.1	<b>L'entraînement électrique :</b> 1.1.1 Couplage d'une charge à une source par rapport à la charge (réversibilité) ou par rapport à l'environnement 1.1.2 Outils méthodologiques associés à l'étude d'une chaîne cinématique.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation des charges mécaniques et des influences sur la source d'alimentation (sur intensité, réversibilité, pollution harmonique).</li> <li>• Approches fonctionnelle, structurelle et temporelle.</li> <li>• Étude des risques et des sécurités associées.</li> </ul>
1.2	<b>Les différents types d'actionneurs électromécaniques :</b> 1.2.1 Actionneurs électromécaniques dédiés au déplacement de produit ; 1.2.2 Actionneurs électromécaniques dédiés à la transformation de produit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude et mise en œuvre des solutions motovariateurs adaptées à différentes charges mécaniques.</li> <li>• Comparatif des performances obtenues pour chaque solution afin de les classer par rapport aux applications courantes.</li> </ul>
1.3	<b>Les différents types de récepteurs en électrothermie :</b> 1.3.1 Différents procédés de conversion de l'énergie électrique en électrothermie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en œuvre de différents procédés de chauffage industriels tels que la convection, la conduction, le rayonnement, l'induction afin de les classer par rapport à des applications industriels.</li> </ul>
1.4	<b>Les différents types de récepteurs en électrochimie :</b> 1.4.1 Différents procédés de conversion en électrochimie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation synthétique des principes des traitements électrochimiques et de leurs applications (exemple : galvanoplastie pour l'électrolyse)</li> </ul>

<b>1</b>	<b>La conversion de l'énergie électrique dans les applications :</b>	<b>Commentaires</b>
<b>1.5</b>	<b>La chaîne de commande des moteurs :</b>  1.5.1 Différents principes et choix des matériaux  1.5.1.1 - Représentations graphiques utilisées dans le domaine de la conversion d'énergie électrique ; 1.5.1.2 - Logiciel de conception assisté par ordinateur (C.A.O.) pour les représentations graphiques normalisées des installations ; 1.5.1.3 - Appareillage des départs moteurs selon les normes en vigueur (coordination type 1 & 2, ...); 1.5.1.4 - Appareillage des départs moteurs progressifs (électromécaniques et électroniques) ; 1.5.1.5 - Appareillage de variation de vitesse.  1.5.2 Réalisation des équipements  1.5.2.1 - Règles de conception et réalisation des armoires électriques de commande de machine automatisée selon les règles de l'art et les normes en vigueur	Ce chapitre important doit permettre : <ul style="list-style-type: none"><li>• d'appréhender les normes et règlements relatifs aux schémas, à la conception et à la réalisation des départs moteurs.</li><li>• de présenter l'appareillage de commande et de protection des départs moteurs</li><li>• de mettre en œuvre des logiciels de CAO pour le dimensionnement, la représentation, la réalisation, la mise au point du matériel utilisé dans les départs moteurs.</li><li>• de réaliser une armoire de commande comprenant différents type de départ moteur. Le matériel choisi devra montrer l'intégration de plus en plus importante des fonctions dans les départs moteurs ainsi que les possibilités de contrôle, surveillance et maintenance distante. Les réseaux industriels ne sont pas étudiés dans ce chapitre, mais il faut néanmoins présenter les possibilités des appareils pour leur intégration dans un réseau.</li></ul>
<b>1.6</b>	<b>La régulation industrielle et les fonctions spéciales :</b>  1.6.1 Différents principes de régulation  1.6.1.1 - Constituants d'un procédé de régulation 1.6.1.2 - Boucle de régulation  1.6.2 Boucle de régulation d'un procédé  1.6.2.1 - Outils adaptés pour programmer une application de régulation 1.6.2.2 - Paramètres d'une boucle de régulation	La régulation sera abordée selon un point de vue industriel. Les régulateurs ne sont plus de simples correcteurs PID, ils intègrent d'autres fonctions adaptées aux procédés complexes. La mise en œuvre pratique de fonctions de régulation doit permettre aux étudiants de choisir les méthodes de réglages adaptées aux applications et de déterminer l'influence des paramètres. Une large part sera donnée à l'expérimentation.
<b>1.7</b>	<b>La sécurité machine et la mise en conformité :</b>  1.7.1 Mise en sécurité des machines en accord avec la réglementation en vigueur  1.7.1.1 - Normes régissant la sécurité des machines 1.7.1.2 - Démarche de réception d'une machine neuve ou reconditionnée vis à vis de la réglementation 1.7.1.3 - Constituants de sécurité	La sécurité machine passe par une analyse des risques et la classification en catégories selon les normes EN1050 et EN 954. Dans ce volet, il est important de faire la distinction entre normes, directives et décrets. La mise en œuvre d'éléments de sécurité matériels ou logiciels doit permettre aux étudiants de comprendre les fonctions supplémentaires apportées par rapport à une solution standard.

<b>2</b>	<b>La production, le transport et la distribution de l'énergie électrique :</b>	<b>Commentaires</b>
<b>2.1</b>	<b>Les différentes sources d'énergie et leurs exploitations dans les applications électriques :</b>	La production, le transport et la distribution de l'énergie électrique reste un domaine privilégié du B.T.S. électrotechnique.
2.1.1	Production de l'énergie électrique :	Il sera mis un accent particulier sur l'utilisation des énergies renouvelables. Celles ci étant en pleine évolution, les applications supports diversifiées évolueront au regard des avancées technologiques.
2.1.1.1	- Principales sources de production de l'énergie (nucléaire, hydraulique et fossile) ;	L'objectif est de donner les moyens aux étudiants de mettre en œuvre des solutions énergétiques optimisées et de suivre les évolutions futures.
2.1.1.2	- Principes et matériels mis en œuvre dans les autres sources d'énergie électrique (nouvelles énergies renouvelables) ;	
2.1.1.3	- Classement des différentes sources de production en fonction de leurs applications.	
2.1.2	Transport de l'énergie électrique :	Le transport de l'énergie basé sur les réseaux haute tension sera présenté afin de sensibiliser les étudiants sur :
2.1.2.1	- Architectures des réseaux de transport et d'interconnexion ;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'équilibre consommation - production,</li> <li>• les pertes en ligne,</li> <li>• l'interconnexion avec des réseaux étrangers,</li> <li>• la libéralisation du marché de l'électricité.</li> </ul>
2.1.2.2	- Caractéristiques de l'appareillage HT ;	
2.1.2.3	- Normes relatives aux équipements mis en œuvre.	
2.1.3	Distribution de l'énergie électrique :	La distribution de l'énergie fera référence aux normes C15-100 et C13-100.
2.1.3.1	- Vision globale d'une installation électrique et de son environnement ;	Il est important que les étudiants travaillent, de temps à autres, directement avec ces documents.
2.1.3.2	- Matériels permettant de générer des économies d'énergie et d'optimiser les investissements (HTA et BT) ;	En effet, il n'est pas concevable qu'un futur technicien supérieur ne voit pas ces documents durant sa formation.
2.1.3.3	- Définition graphique d'une architecture de réseau d'alimentation (HTA et BT) ;	Les critères de sécurité et de disponibilité seront exposés afin de justifier les structures des solutions et les réglages des éléments.
2.1.3.4	- Dimensionnement, par les calculs et les outils logiciels, des différents éléments qui composent une installation électrique (transformateurs, appareils, câbles...) ;	L'étude et la conception des installations électrique seront surtout faites à partir de logiciel de C.A.O. au niveau des prédéterminations comme des représentations.
2.1.3.5	- Contrôle des modifications d'une installation électrique (compensation réactif normal, ...) en toute sécurité ;	Il faut tenir compte dans la réalisation des nouvelles installations, de l'évolution des produits comme la possibilité de surveillance à distance des appareils de protection.
2.1.3.6	- Normes NFC15-100 et UTE 15-105 ;	Un volet économique sera abordé afin de justifier des choix ou des solutions comme le calcul de section économique ou la mise en place de source de remplacement pour optimiser une consommation par rapport à une tarification.
2.1.3.7	- Sources de remplacement (groupes électrogènes, onduleurs,...) et équipements assurant la disponibilité de l'énergie électrique en toute sécurité ;	
2.1.3.8	- Représentations graphiques utilisées dans le domaine de la distribution électrique ;	
2.1.3.9	- Maîtrise d'un logiciel de CAO pour les représentations graphiques normalisées des installations électriques.	

<b>2</b>	<b>La production, le transport et la distribution de l'énergie électrique :</b>	<b>Commentaires</b>
<b>2.2</b>	<b>La qualité de l'énergie électrique en environnement perturbé :</b> Connaissance des protections contre la foudre, conformément aux normes régissant la basse tension : <ul style="list-style-type: none"><li>- Éléments qui contribuent à la sûreté des installations ;</li><li>- Dimensionnement des sources de remplacement (ASI, ADI ...) ;</li><li>- Protections contre la foudre nécessaires à la bonne marche d'une l'installation ;</li><li>- Architecture des protections contre la foudre d'une installation ;</li><li>- Normes et réglementations.</li></ul>	
2.2.1	La compatibilité électromagnétique : faire coexister courants forts et courants faibles <ul style="list-style-type: none"><li>- Mise en évidence des phénomènes CEM au travers d'expériences simples ;</li><li>- Exigences normatives de la directive CEM ;</li><li>- Effets des perturbations sur une installation électrique ;</li><li>- Modifications nécessaires sur une installation électrique pour éliminer les perturbations dans le domaine de la CEM.</li></ul>	Les protections contre la foudre comme la C.E.M. seront vues par rapport aux normes en vigueur et au matériel préconisé par les constructeurs.
2.2.1.1	Compréhension et minimisation des harmoniques <ul style="list-style-type: none"><li>- Observation par des manipulations des perturbations dues aux harmoniques et leurs effets sur les équipements, analyser les relevés de mesure ;</li><li>- Dysfonctionnements d'une installation électrique dus à la présence de perturbations harmoniques</li><li>- Modifications nécessaires à une installation électrique pour minimiser les perturbations harmoniques.</li></ul>	Les règles de câblage et la mise en place de ces matériels sont à présenter. Les conséquences des harmoniques seront vues à partir de travaux pratiques sur des charges non linéaires comme les convertisseurs d'énergie.
2.2.1.2	Détermination et mise en œuvre d'une compensation d'énergie réactive en milieu perturbé <ul style="list-style-type: none"><li>- Choix des condensateurs adéquats permettant de réduire la facture énergétique sur une installation, en milieu perturbé ;</li><li>- Choix de la protection des condensateurs vis-à-vis des phénomènes harmoniques pour éviter leur surcharge.</li></ul>	Des solutions curatives comme préventives seront étudiées par des manipulations et des mesures : <ul style="list-style-type: none"><li>• sur des filtres passifs et actifs pour le curatif</li><li>• sur des convertisseurs à absorption sinus pour le préventif.</li></ul> Une attention sera portée sur le dimensionnement d'une installation en régime perturbé : dimensionnement du fil de neutre et des batteries de condensateurs.
2.2.1.3		
2.2.1.4		
2.2.1.5		
2.2.2		
2.2.2.1		
2.2.2.2		
2.2.2.3		
2.2.2.4		
2.2.3		
2.2.3.1		
2.2.3.2		
2.2.3.3		
2.2.4		
2.2.4.1		
2.2.4.2		

<b>3</b>	<b>Les équipements communicants :</b>	<b>Commentaires</b>
<b>3.1</b>	<b>L'acquisition de l'information :</b> 3.1.1 Les capteurs et les détecteurs 3.1.1.1 Capteurs et détecteurs : tout ou rien, analogiques, numériques. 3.1.2 Les appareils communicants dédiés 3.1.2.1 Appareils communicants dédiés à la régulation, au comptage, à la mesure (appareils de mesure, de protection, de surveillance et d'analyse de réseaux) ; 3.1.2.2 Entrées/sorties et modules distribués.	Des travaux pratiques portant sur la configuration et la connexion d'appareils communicants dédiés à l'acquisition, devront permettre aux étudiants d'appréhender d'un point de vue pratique, la mise en place de ces appareils sur un réseau existant.
<b>3.2</b>	<b>Le traitement de l'information :</b> 3.2.1 Équipements programmables industriels (API - PC...) ; 3.2.2 Langages de programmation utilisés dans les automates programmables ; 3.2.3 Langages de programmation utilisés dans les PC industriels ; 3.2.4 Outils de description de fonctionnement normalisés du type : Grafcet – Organigramme – Langage à contact – Langage littéral ; 3.2.5 Ateliers logiciels.	Principalement dédié à la programmation des A.P.I., ce chapitre permet, par des travaux pratiques, l'acquisition des langages de programmation définis dans la norme CEI 1131. Les applications choisies seront orientées vers l'utilisation de réseaux industriels allant du bus de terrain jusqu'aux réseaux locaux et distants.
<b>3.3</b>	<b>L'interface homme – machine :</b> 3.3.1 Terminaux de dialogue industriels ; 3.3.2 Paramétrage des interfaces graphiques dédiées au suivi de procédés (gestion technique centralisée, supervision).	L'objectif est de justifier, de choisir et de mettre en œuvre des pupitres opérateurs et des logiciels de supervision afin de les intégrer dans un réseau industriel.
<b>3.4</b>	<b>Le transport et la gestion de l'information :</b> 3.4.1 Les concepts de base des réseaux industriels 3.4.1.1 Connaissances de base en transmission de données (câblage, commutateurs, appareillages, adressage, protocole) ; 3.4.1.2 Architecture de communication. 3.4.2 Les serveurs de données : 3.4.2.1 Utilisation d'un serveur de données en communication avec un équipement programmable industriel.	Pour suivre l'évolution des réseaux, des connaissances de base sur leur mode de fonctionnement sont indispensables. L'objectif est ici de comparer les différents réseaux existants en terme de rapidité, sûreté, portée et compatibilité.
<b>3.5</b>	<b>La gestion déportée de l'énergie :</b> 3.5.1 Système de gestion d'énergie relié à un réseau de communication.	La gestion de l'énergie passe par une connaissance précise des consommations. Des travaux pratiques sur la relève à distance des courbes de charges et l'utilisation de logiciels d'analyse, doivent permettre aux étudiants de définir une gestion optimisée de l'énergie.

<b>4</b>	<b>La communication technique appliquée aux infrastructures, aux bâtiments industriels et tertiaires :</b>	<b>Commentaires</b>
<b>4.1</b>	<b>Le pilotage des équipements liés au confort :</b> Étude et choix du matériel adapté pour une installation de gestion technique centralisée dans l'habitat, les locaux recevant du public et les infrastructures en prenant en compte les contraintes climatiques, d'éclairage, de coûts et de confort, avec ou sans logiciel adapté ; Mise en œuvre d'une installation de gestion technique centralisée dans l'habitat, les locaux recevant du public et les infrastructures ; Normes et réglementations ; Représentations graphiques normalisées utilisées dans le domaine de la climatique et de l'éclairage ; Logiciels adaptés à la conception et au chiffrage d'une gestion technique centralisée.	Les éléments liés au confort dans l'habitat interviennent pour le bien être des personnes mais aussi dans le cadre d'économies d'énergie. Après l'aspect normatif et technologique, la mise en œuvre d'une partie d'une G.T.C. sera un support pour la compréhension et la conception de systèmes plus étendus. Un aspect économie d'énergie est à développer dans le domaine de l'éclairage, du chauffage ou de la climatisation.
<b>4.2</b>	<b>La détection incendie et intrusion :</b> Prescription des systèmes de détection incendie ou d'intrusion dans le cadre de la globalité d'un projet en respectant la réglementation ; Représentations graphiques normalisées utilisées dans le domaine de la détection incendie et intrusion ; Logiciels adaptés à la conception et au chiffrage d'une gestion centralisée de détection.	Les règles et les matériels utilisés pour la détection incendie et intrusion seront présentés. Sans en être un spécialiste, le technicien supérieur doit connaître la symbolique utilisée et les techniques de base de conception de ces installations.
<b>4.3</b>	<b>Les équipements Voix - Données - Images :</b> Prescription des équipements d'un réseau V.D.I. dans le cadre d'une gestion technique centralisée dans des bâtiments proches ou séparés selon les normes et réglementations en vigueur ; Logiciels adaptés à la conception et au chiffrage d'une installation V.D.I. dans le cadre d'une gestion technique centralisée.	Les équipements et les réseaux V.D.I. cohabitent avec les réseaux de distribution d'énergie et sont souvent intégrés à une gestion technique centralisée. Sans en être un spécialiste, le technicien supérieur doit connaître le matériel et les techniques utilisés dans ce domaine.

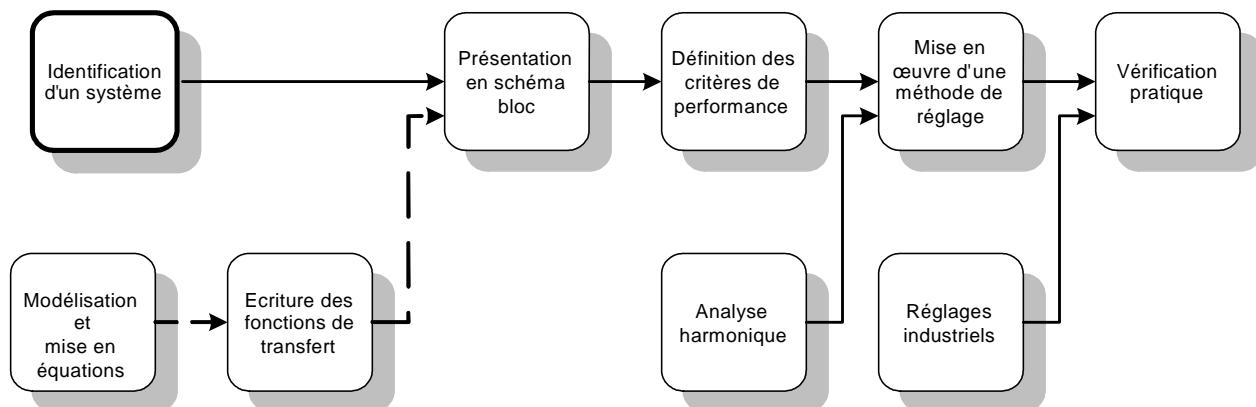
<b>5</b>	<b>L'organisation d'un chantier :</b>	<b>Commentaires</b>
<b>5.1</b>	<b>La démarche de projet et de chantier :</b> L'analyse du besoin <ul style="list-style-type: none"><li>- Saisir, exprimer et valider le besoin en relation avec le client</li></ul> L'étude de la faisabilité <ul style="list-style-type: none"><li>- Énoncer, caractériser, hiérarchiser les fonctions de service</li><li>- Décoder un cahier des charges fonctionnel</li><li>- Estimer les coûts et les délais</li><li>- Planifier le projet</li><li>- Valider la faisabilité</li></ul> La conception et le choix d'une solution <ul style="list-style-type: none"><li>- Rechercher, étudier et valider la solution</li><li>- Utiliser les retours d'expérience</li></ul> L'organisation de la réalisation <ul style="list-style-type: none"><li>- Organiser les processus de fabrication</li><li>- Prévoir les outillages et l'organisation des postes de travail</li><li>- Prendre en compte les ressources humaines et matérielles</li><li>- Ordonnancer les approvisionnements en prenant en compte les filières d'approvisionnement</li><li>- Utiliser un logiciel de gestion de projet</li><li>- Planifier la prévention</li></ul> La réalisation et son suivi <ul style="list-style-type: none"><li>- Réaliser l'ouvrage, l'équipement ou le produit en sécurité</li><li>- Assurer le suivi de réalisation</li><li>- Manager l'équipe</li></ul> Le contrôle, la mise en service et la réception <ul style="list-style-type: none"><li>- Élaborer les différents types de recettes et vérifier par des essais</li></ul> Le suivi du coût, des délais et de la qualité <ul style="list-style-type: none"><li>- Évaluer le coût, les délais de réalisation et la qualité de l'ouvrage, de l'équipement ou du produit à chaque phase du projet</li></ul> Le suivi du produit <ul style="list-style-type: none"><li>- Assurer le suivi de l'exploitation de l'ouvrage, de l'équipement ou du produit et évaluer les performances</li></ul> L'éco-conception <ul style="list-style-type: none"><li>- Prendre en compte la démarche d'éco-conception</li></ul>	L'organisation de chantier permettra de mettre en place certains outils intégrant la gestion de projet tels que les outils de planification, de suivi de réalisation et d'encadrement d'équipe.
<b>5.2</b>	<b>La conduite et exploitation d'un équipement électrique :</b> L'exploitation d'un équipement électrique <ul style="list-style-type: none"><li>- Réaliser, en sécurité, les opérations courantes d'exploitation de l'équipement</li><li>- Choisir et mettre en œuvre des appareils de mesure</li><li>- Interpréter les résultats de mesure</li><li>- Intervenir en cas de problème sur l'équipement électrique (en particulier sur les arrêts de production liés à une coupure d'énergie)</li></ul>	L'utilisation d'un logiciel de planification sera un point important dans la période de formation dédiée à l'organisation de chantier. Toutefois, compte tenu de la complexité de ce type de logiciel, il ne s'agit pas d'exiger des étudiants d'être des spécialistes mais d'avoir une vue globale des possibilités offertes par cet outil.
<b>5.3</b>	<b>La sûreté de fonctionnement :</b> Appréhender le concept de sûreté <ul style="list-style-type: none"><li>- Connaître les notions de fiabilité</li><li>- Connaître les notions de disponibilité</li><li>- Connaître les notions de maintenabilité</li></ul>	Le projet, élément important de la formation de deuxième année, mettra à profit les outils utilisés durant l'organisation de chantier et complètera la formation des futurs techniciens supérieurs avec les outils de démarche de projet.
<b>5.4</b>	<b>Les procédures :</b> Appliquer les règles de santé et de sécurité au travail (S. & S.T.) Établir des rapports d'expertise Rédiger des fiches d'activité Rédiger une fiche de réception des travaux Respecter une procédure de démarche qualité Respecter les procédures de gestion de données techniques	
<b>5.5</b>	<b>Les relations avec le client :</b> Conseiller techniquement un client Organiser et animer une réunion de formation ou d'information technique	

## 2.5.2 Limite des savoirs d'asservissement et régulation :

### 2.5.3 Plan d'étude des asservissements et régulations :

Afin de bien faire comprendre l'intérêt des systèmes asservis ou régulés à des étudiants de B.T.S. électrotechnique, les études se feront sur des systèmes linéaires à une ou plusieurs boucles imbriquées. La méthode d'identification sera privilégiée sur les systèmes disponibles dans l'espace génie électrique.

### 2.5.4 Plan de l'étude :



### 2.5.5 Identification d'un système :

L'identification d'un système se limite à une identification par la méthode de Broïda (1<sup>er</sup> ordre + retard pur). Il faut s'attacher ici à la validité du modèle obtenu et comparer le comportement du modèle au comportement réel du système. La notion nouvelle qui apparaît ici est celle du retard pur.

### 2.5.6 Présentation en schéma bloc :

Le schéma bloc permet de comprendre les interactions qui existent entre les différentes grandeurs. On s'attachera particulièrement au respect des unités des grandeurs entre chaque bloc. Le travail sur les schémas blocs permet de comprendre le fonctionnement en boucle ouverte ou fermée, le fonctionnement en asservissement ou en régulation. Il ne demande pas d'outils mathématiques particuliers mais plutôt un esprit de synthèse et une vision globale du système.

### 2.5.7 Mise en équations :

La mise en équations demande une connaissance des lois de physique propres au système (mécanique, thermique, hydraulique, aéraulique).

La complexité des équations ne doit pas dépasser l'écriture d'une équation différentielle du second ordre.

### 2.5.8 Écriture des fonctions de transfert :

Les équations précédentes sont écrites en utilisant le formalisme de Laplace afin de présenter des fonctions de transfert liant une sortie à une ou deux entrées.

**Remarque :** le formalisme de Laplace est utilisé pour simplifier l'écriture des équations et permettre la représentation en blocs fonctionnels. Il n'est pas nécessaire de faire une étude poussée des transformées de Laplace.

### 2.5.9 Définition des critères de performance :

Trois critères de performance sont à retenir : la stabilité, la précision et la rapidité.

La stabilité et la rapidité sont à étudier à partir d'abaques (abaque des systèmes du 2<sup>ème</sup> ordre sur les dépassements, le temps de réponse) ou à partir d'un logiciel de simulation.

La précision peut être déterminée théoriquement par le théorème de la valeur finale ou par simulation.

### 2.5.10 Mise en œuvre d'une méthode de réglage :

La méthode à privilégier est la méthode graphique à partir des diagrammes de Bode. Elle nécessite une bonne connaissance des grandeurs associées à ces diagrammes ainsi qu'un fort degré d'analyse afin de placer convenablement le correcteur (P, PI ou PID). Les savoirs associés sont les tracés asymptotiques des diagrammes de Bode des fonctions de transferts en fréquentiel ( $H(j\omega)$ ).

### 2.5.11 Analyse harmonique :

Une analyse harmonique faite sur un simulateur ou sur un système réel permet d'obtenir directement les diagrammes de Bode à partir d'une analyse de Fourier des signaux d'entrée et de sortie. La détermination du signal d'excitation demande des connaissances sur les séries de Fourier sans pour autant savoir les calculer.

### 2.5.12 Réglages industriels :

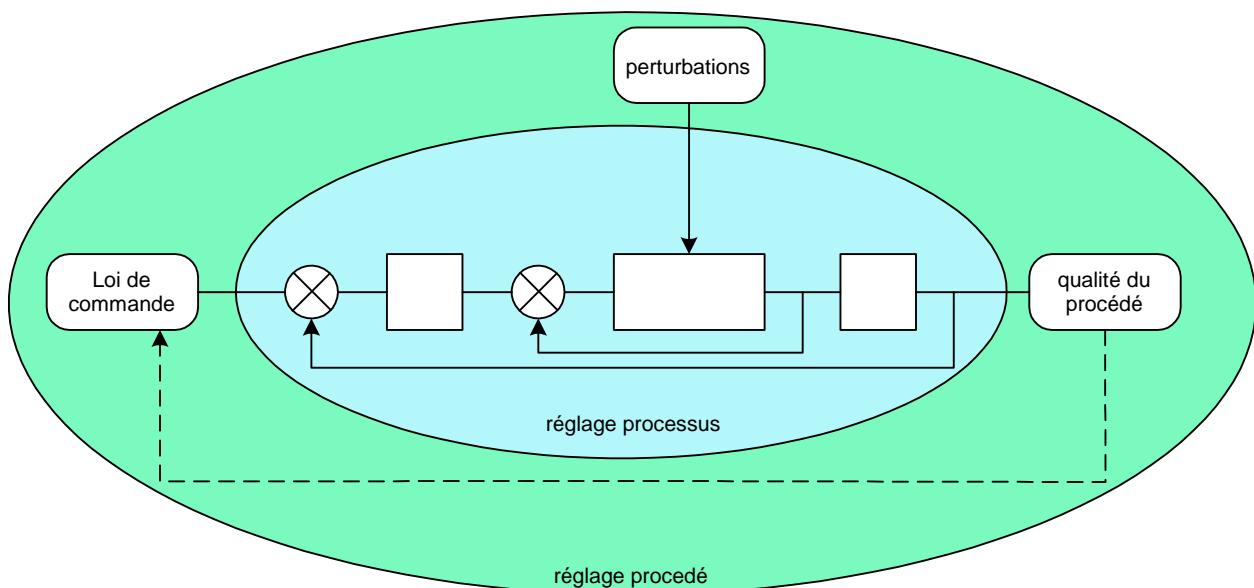
Ces réglages permettent d'obtenir directement les paramètres du correcteur à partir d'essais ou de la connaissance de la fonction de transfert (réglage de Broïda, Ziegler-Nichols). Ces essais sont à réaliser par l'utilisateur (méthode tout ou rien ou des oscillations limites) ou sont entièrement automatisés (autoréglage). Les critères de performance sont alors imposés.

On s'attache ici plus particulièrement aux procédures à mettre en place pour réaliser ces essais ainsi qu'aux risques qu'ils font apparaître.

### 2.5.13 Vérification pratique :

Les essais à mettre en œuvre sont des essais qualitatifs permettant de valider les réglages par rapport aux exigences du cahier des charges.

### 2.5.14 Réglage du procédé :



Les boucles d'asservissement permettent d'obtenir une « rigidité » entre la grandeur de contrôle et la grandeur contrôlée.

Le procédé doit généralement répondre à des critères de qualité. Pour satisfaire ces critères, il faut rechercher une loi de commande adéquate.

La loi de commande ne peut être correctement suivie que si les boucles d'asservissements internes sont convenablement réglées.

Tous les paramètres qui contribuent à la qualité du procédé ne sont pas toujours mesurables mais doivent malgré tout être quantifiés.

La méthode la plus appropriée pour élaborer une loi de commande est une méthode de plan d'expériences (méthode Taguchi par exemple).

### 2.5.15 Exemples de relevés :

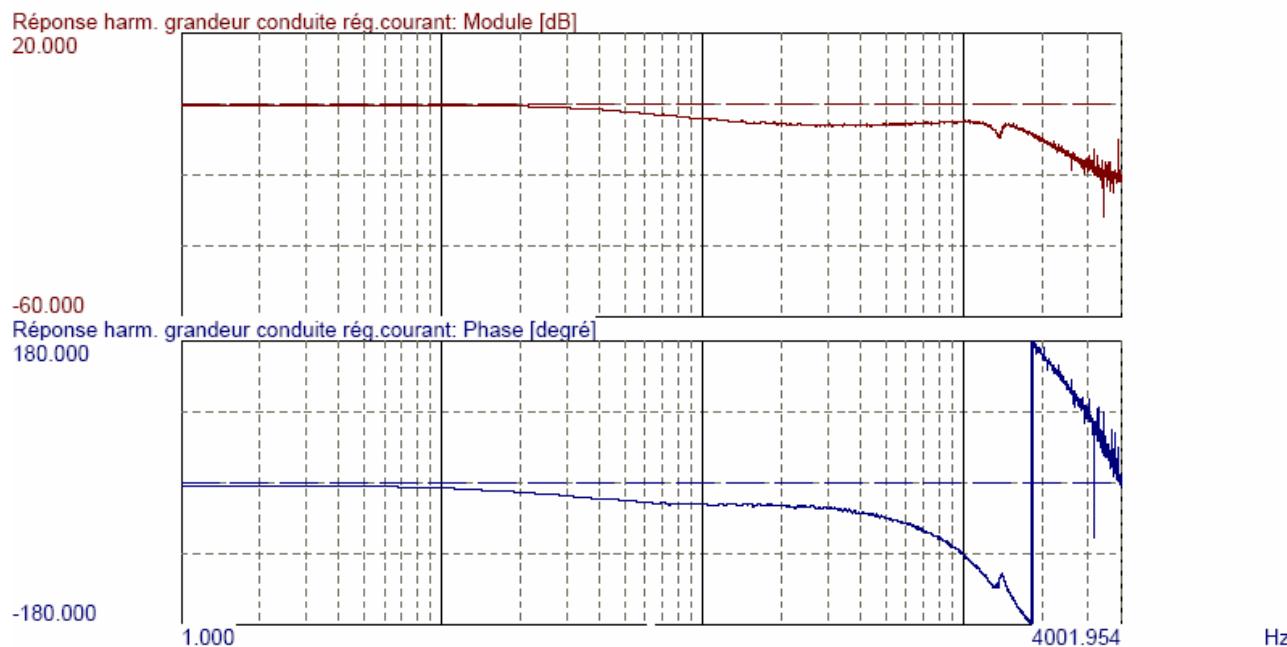
Voici quelques exemples de relevés qu'un étudiant de BTS doit être capable d'analyser.

Le système est un axe d'approvisionnement matière d'une machine de marquage qui met en place des bouteilles d'encre.

Les relevés sont fait à partir d'un outil de réglage et diagnostic de chez Siemens qui permet à la fois le réglage des boucles d'asservissements et de la loi de commande.

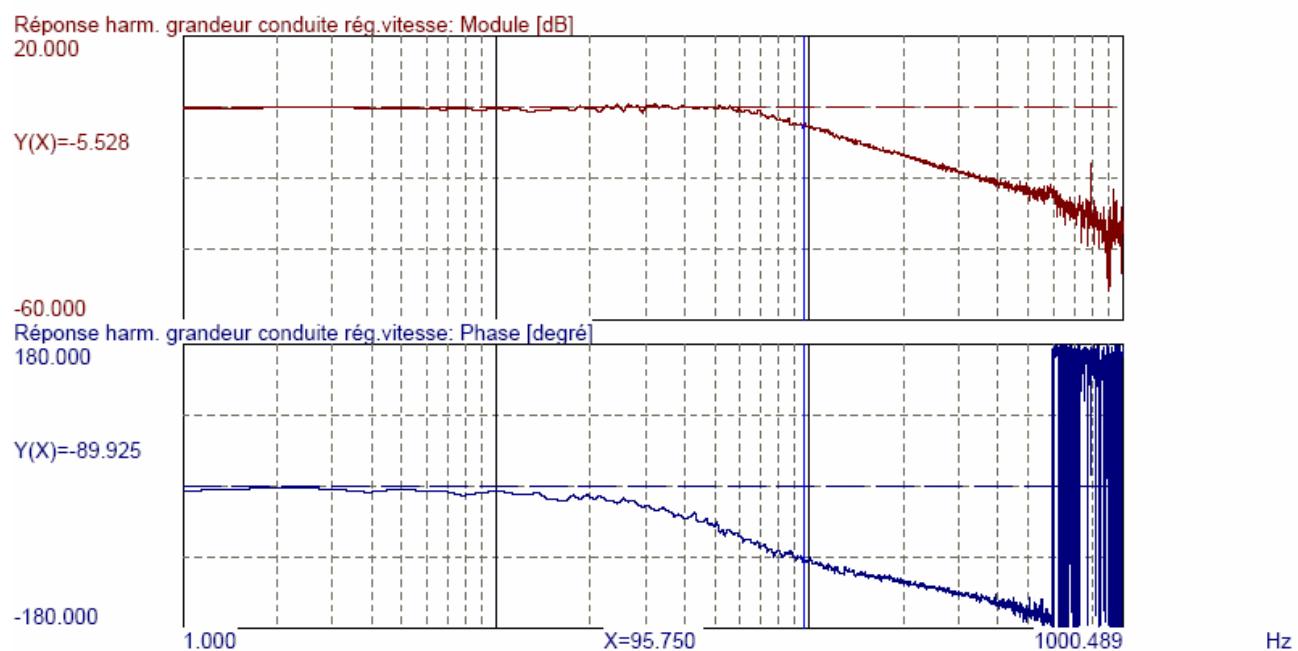
### 2.5.16 Réponse harmonique de la boucle de courant fermée :

Entraîn. 10A - 611U2



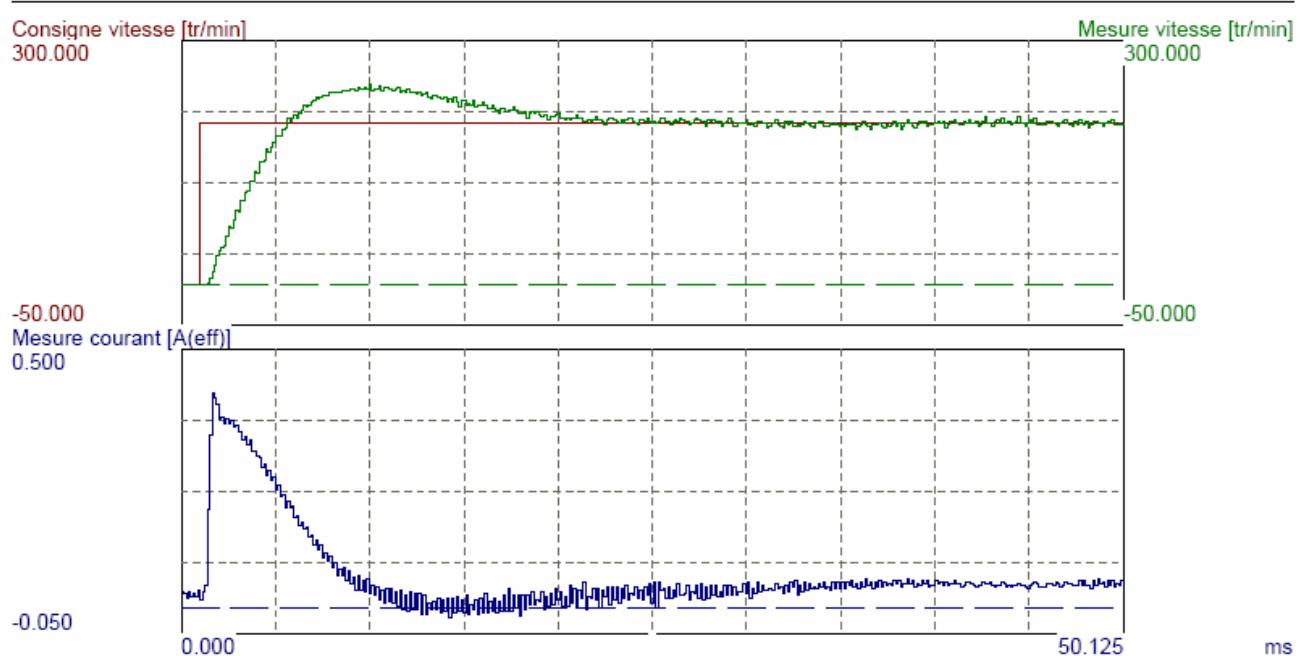
### 2.5.17 Réponse harmonique de la boucle de vitesse fermée :

Entraîn. 10A - 611U2



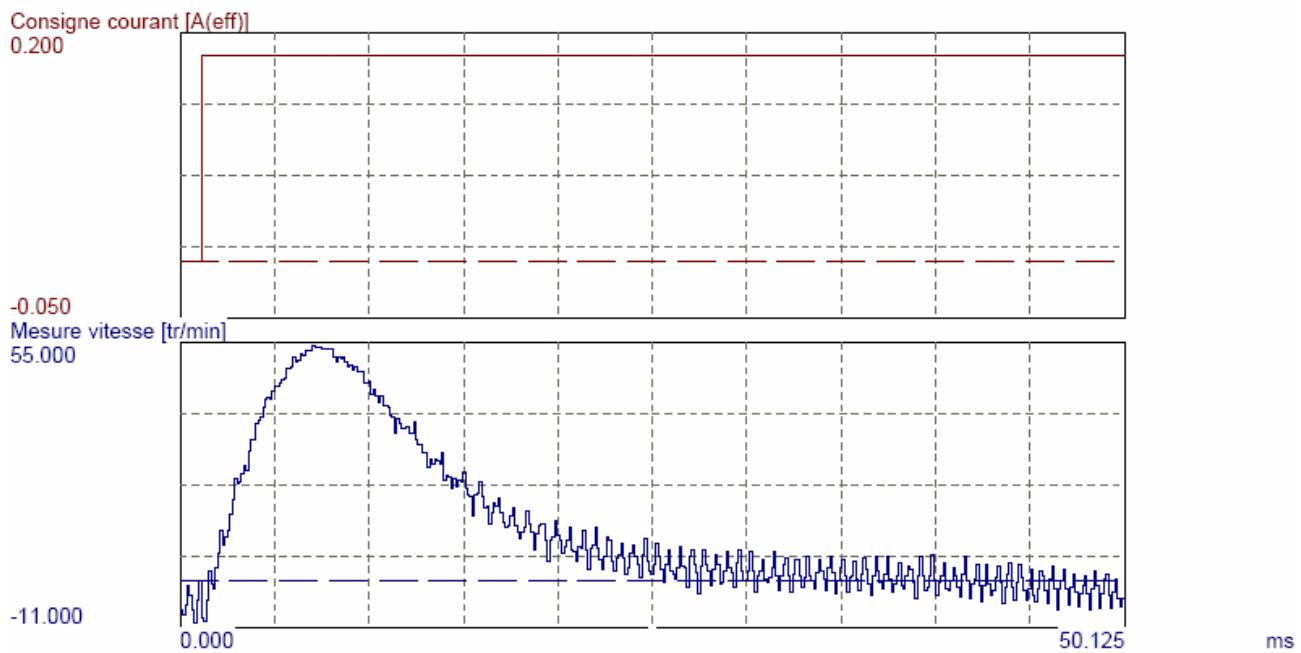
### 2.5.18 Réponse indicielle de la boucle vitesse :

Entrain. 10A - 611U2



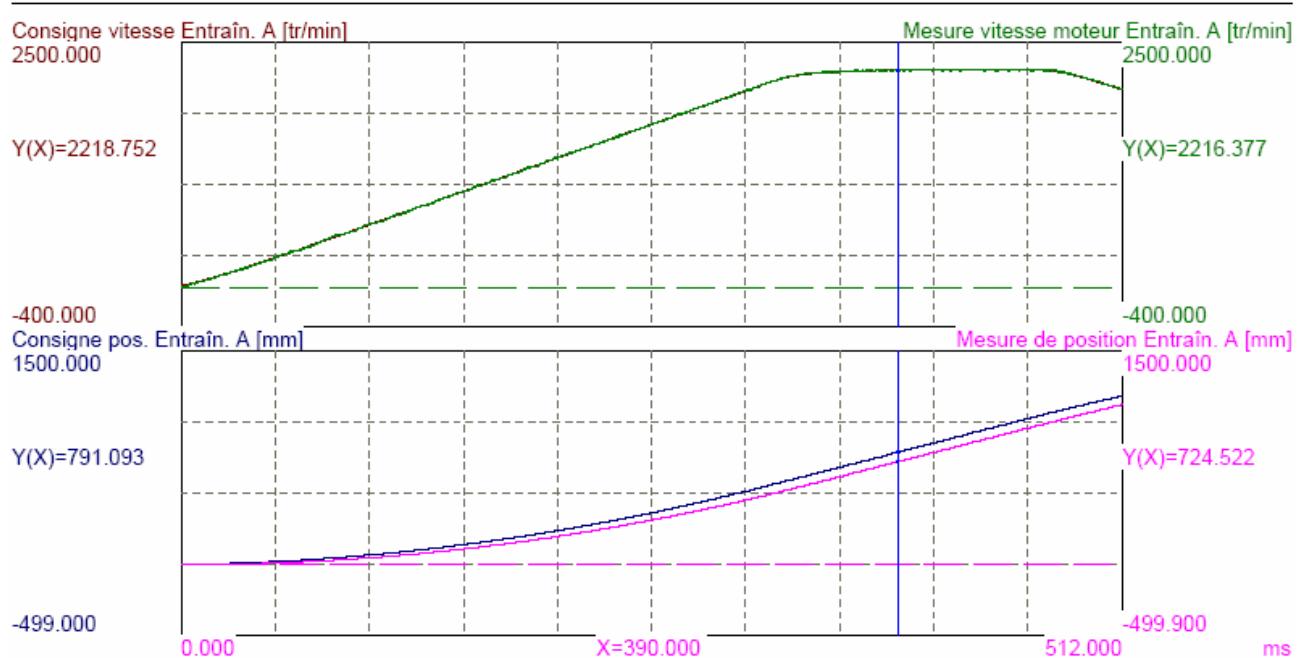
### 2.5.19 Réponse de la boucle vitesse à une perturbation de couple :

Entrain. 10A - 611U2



## 2.5.20 Erreur de traînage de la boucle position :

Entraîn. 10A - 611U2



## 2.5.21 Réglage de la loi de commande :

Vitesse maximale <input type="text" value="30000.000"/> mm/min	corresp. à vitesse moteur <input type="text" value="3000"/> tr/min
Limitation de vitesse <input type="text" value="6600"/> tr/min	Préréglage en ligne avec une valeur valide
Moteur: <input type="text" value="1FT6024-6AK7x-xxxx"/> 6000 tr/min 0.8 Nm 1.25 A(eff)	
Accélération: <input type="text" value="20000"/> mm/s <sup>2</sup>	Décélération: <input type="text" value="20000"/> mm/s <sup>2</sup>
A-coup: <input type="text" value="100000"/> mm/s <sup>3</sup>	<a href="#">Limites de charge...</a>

## 2.6 Économie et gestion :

### 2.6.1 Introduction :

Le programme du B.T.S. électrotechnique intègre certains champs notionnels d'économie et gestion récapitulés dans la partie S4 du référentiel des savoirs. Les connaissances correspondantes sont exploitées dans l'accomplissement de tâches professionnelles relevant de plusieurs fonctions :

- **F1** : étude technique et économique d'une affaire ou d'un projet ;
- **F2** : réalisation, exécution ou industrialisation d'un ouvrage, d'un équipement, d'un produit ou d'un moyen de production ;
- **F3** : planification, suivi technique et maîtrise des coûts d'une affaire ou d'un projet ;
- **F6** : maintenance ou service après-vente d'un ouvrage, d'un équipement, d'un produit ou d'un moyen de production.

Ces fonctions sollicitent plusieurs compétences, notamment celle qui consiste à « estimer les coûts prévisionnels ». L'objectif de l'enseignement des notions incluses dans la partie S4 du référentiel est donc d'apporter aux apprenants les connaissances de base nécessaires à mobiliser l'étude technique et économique d'une affaire, tant dans sa dimension technique de gestion que méthodologique.

Cet enseignement est développé dans un cadre horaire très contraint (une vingtaine d'heures en tout), il est inclus dans l'horaire de génie électrique et il est donc assuré par les enseignants en charge de cette discipline.

### 2.6.2 Logique interne du programme :

La part la plus importante du programme porte sur la mise en œuvre des techniques de calcul de coût constaté, ce qui suppose de maîtriser au préalable quelques connaissances élémentaires en matière de gestion de l'entreprise.

Une fois posées les méthodes de calcul des coûts constatés, les notions relatives aux coûts prévisionnels peuvent être abordées, avant d'être réutilisées pour la réalisation des devis et des factures.

Les prix de cession interne ne sont abordés que pour envisager l'hypothèse d'une facturation interne.

L'étude du seuil de rentabilité vise à montrer de manière simple comment le niveau des prix facturés peut également résulter d'objectifs opportunistes.

L'étude des budgets et des écarts est envisagée de manière pratique, dans la perspective d'une contribution à la gestion opérationnelle d'une unité de production

**Les différentes parties du programme recensent des connaissances précises assorties de limites.**

### 2.6.3 Finalités de l'entreprise et éléments généraux de gestion de l'entreprise (volume horaire indicatif : 4 heures) :

Cette partie a pour finalité de présenter les éléments de terminologie indispensables pour aborder ensuite la comptabilité de gestion (ou « comptabilité analytique »). Il ne s'agit donc en aucun cas d'une initiation à la comptabilité financière (ou « comptabilité générale »).

Les objectifs se limitent à l'identification des principales notions sous jacentes :

- au bilan : image instantanée du patrimoine, logique de « stock » de valeurs, emplois, ressources, postes principaux ;
- à la constitution du résultat : logique de « flux » de valeurs, principaux produits et charges.

L'objectif visé et le volume horaire imparti excluent l'étude des comptes, a fortiori celle des écritures comptables. Une approche par l'observation de supports documentaires d'entreprises réelles du secteur de la spécialité est préconisée.

#### **2.6.4 Coûts constatés (volume horaire indicatif : 10 heures) :**

Cette partie qui porte sur la comptabilité de gestion (ou « comptabilité analytique ») comporte 3 rubriques dont l'enchaînement séquentiel constitue une progression pédagogique possible.

- **L'étude des coûts complets** s'appuie sur le cadre de comptabilité analytique proposé par le plan comptable général 1982, notamment pour ce qui concerne le traitement des charges indirectes (méthode des centres d'analyse). Ce mode de traitement ne doit pas être présenté comme une solution universelle et aboutie ; il doit permettre, compte tenu des limites de connaissances fixées (exclusion du cas des prestations croisées entre centres d'analyse) de montrer comment les charges indirectes peuvent être intégrées aux coûts ; il doit permettre également d'observer les biais que cette méthode peut introduire dans la détermination des coûts, notamment lorsque les charges indirectes représentent une proportion croissante des charges totales.
- **L'étude des coûts partiels** est limitée à la distinction des charges variables et des charges fixes et à la méthode du « direct costing ». Elle permet notamment d'apporter une certaine réponse aux critiques de la méthode des centres d'analyse et d'élargir la réflexion des apprenants à des modes de gestion plus réactifs.
- **Les marges et résultats** sont étudiés en référence aux méthodes précédemment abordées, c'est à dire aux coûts complets et aux coûts partiels.

L'objectif visé consiste, non seulement à apporter une information, mais aussi à acquérir des moyens d'expression et de communication en référence aux objets étudiés. Il convient donc d'accorder une importance déterminante à la rigueur de la terminologie enseignée, ce qui justifie de s'appuyer sur une méthodologie éprouvée et encore largement utilisée par les entreprises dans les processus de détermination des coûts.

L'acquisition des notions théoriques de base doit naturellement être fondée sur des méthodes actives, notamment la résolution de cas d'application réalisistes et concrets, mais simplifiés pour ne conserver de la réalité que les données les plus utiles aux apprentissages. Cela exclut toute complexité calculatoire et implique de recourir le plus souvent possible à des situations réelles transposées qui pourront trouver leur source dans les terrains de stage, les entreprises où se déroulent les contrats de formation en alternance ou bien l'expérience passée des formés en situation de perfectionnement ou de reconversion. L'emploi du tableur, pour la résolution des cas et la réalisation des simulations en fonction d'hypothèse variables qu'il facilite, est préconisé.

#### **2.6.5 Coûts prévisionnels, devis, facture, notion de prix de cession interne, seuil de rentabilité, notion de budget, notion d'écart (volume horaire indicatif : 6 heures) :**

Cette partie du référentiel des savoirs, comporte des objectifs différenciés en fonction des items concernés.

Certains items (notion de prix de cession interne, notion d'écart), sont abordés pour permettre au futur salarié de se repérer dans un environnement économique non réduit à des relations client/fournisseur ordinaires (notion de prix de cession interne) ou bien encore d'être sensibilisé aux méthodes du contrôle de gestion auxquelles sont exposées une part croissante des salariés des entreprises (notion d'écart).

L'étude des autres items (coûts prévisionnels, seuil de rentabilité, devis, facture) vise l'acquisition d'outils d'étude ou d'action. En effet, la dimension économique de l'étude d'une affaire, telle qu'elle est définie dans le référentiel des activités professionnelles, accorde une autonomie au technicien supérieur en électrotechnique la réalisation des tâches correspondant à ces objets. Les études conduites s'appuieront sur les notions préalablement acquises dans une perspective d'actions tournées vers l'avenir justifiant l'approche prévisionnelle proposée.

L'étude du budget d'un service d'entreprise vise l'acquisition de moyens d'expression et de communication. Elle doit à permettre au futur salarié de se situer dans une organisation structurée (par exemple un service), en s'appropriant les composantes et en participant par le dialogue avec le responsable du service à l'élaboration de l'outil de pilotage opérationnel que représente le budget prévisionnel.

## 2.7 Sciences appliquées :

### 2.7.1 Objectifs généraux :

- L'enseignement des sciences appliquées en S.T.S. électrotechnique prolonge la formation scientifique des élèves acquise dans le second cycle. Il développe chez eux la connaissance des **lois de la physique** et des **modèles** qui leur permettront, non seulement de comprendre le fonctionnement des systèmes qu'ils rencontreront au cours de leur formation, mais aussi de mettre en œuvre et d'adapter de nouveaux systèmes liés à l'évolution des techniques. Il pourra leur permettre également de suivre des formations afin d'accéder à des niveaux de qualification supérieurs tout au long de leur vie. Il est assuré par un **professeur de sciences physiques appliquées**.

### 2.7.2 Modalités d'enseignement :

- Le cours de sciences appliquées, de type interactif en classe entière (6 heures par semaine), permet de structurer les connaissances.
- Le programme des deux années est organisé en 8 parties repérées de A à H. Pour chaque thème de B à H, on s'appuiera sur des concepts, des méthodes ou des outils de la partie A.

À partir d'exemples bien ciblés, ancrés dans la réalité du monde industriel, le professeur de sciences physiques appliquées développe une **démarche de modélisation** à partir d'une problématique et d'un questionnement au cours duquel il laisse la parole aux étudiants afin qu'ils livrent leurs représentations initiales. Celles-ci sont ordonnées et réutilisées tout au long de la séquence. Une attention particulière doit être réservée aux erreurs formulées qui seront exploitées. La démarche expérimentale utilisée systématiquement en cours viendra valider ou invalider ces représentations initiales des étudiants.

Comme le stipule le référentiel, l'utilisation de l'outil informatique sous ses différents aspects doit être aussi fréquente que possible dans les expériences de cours.

Le modèle élaboré, qui n'en demeure pas moins une approximation de la réalité et dont les limites seront donc clairement spécifiées, servira à justifier a posteriori ou à prédire en évitant toute mathématisation excessive.

Des séances hebdomadaires de travaux pratiques d'une durée de 3 heures rythment le cours, en synergie avec celui-ci. Les deux types d'activités sont complémentaires et indissociables. L'enseignement expérimental a pour objectif d'amener les étudiants à la **rigueur intellectuelle**. Il laisse une large place à l'autonomie et favorise la mise en place de l'initiative personnelle. À partir d'une problématique ancrée dans la réalité du monde industriel, le professeur de sciences physiques appliquées donne du sens à l'activité expérimentale proposée.

Comme le stipule le référentiel, l'utilisation de l'outil informatique sous ses différents aspects doit être aussi fréquente que possible en travaux pratiques.

A. Sciences appliquées à l'électrotechnique :	Niveau			
	1	2	3	4
<b>A-1. Électricité générale :</b>				
<b>A-1.1. Circuits en régime variable :</b>				
- Dipôles passifs, dipôles actifs, lois générales associées ;				

*Les lois générales déjà enseignées en classe pré-bac seront appliquées aux formes d'ondes des grandeurs électriques instantanées provenant de schémas connus d'électronique de puissance.*

*L'étude de ces schémas sera détaillée dans les chapitres B-2 ; C-2 ; D-2 ; G-1*

*Le continu sera présenté comme un cas particulier du régime variable.*

- Electromagnétisme : induction électromagnétique, loi de Lenz, force électromotrice, inductance, induction mutuelle, auto-induction, tension induite dans un conducteur ;				
- Circuits magnétiques : loi d'Hopkinson, théorème d'Ampère, influence d'un entrefer, aimants permanents.				

*Le magnétisme joue un rôle fondamental en électrotechnique. C'est l'étude du principe de fonctionnement des machines et de certains capteurs qui justifie ce cours d'électromagnétisme.*

### A-1.2. Circuits en régime sinusoïdal (permanent, monophasé) :

- Représentation de Fresnel. Notation complexe ;				
--	--	--	--	--

*La représentation de Fresnel sera privilégiée. Elle suffit dans de nombreux cas à l'étude des circuits en régime sinusoïdal.*

- Dipôles passifs et dipôles actifs ;				
---------------------------------------	--	--	--	--

*On évitera les calculs en notation complexe sur des schémas ou des modèles électriques non réalistes.*

*Les exemples seront choisis dans le domaine de l'électrotechnique : schémas équivalents de charges, de machines, impédance de filtres, ...*

- Loi d'Ohm généralisée et théorème de Thévenin ;				
---	--	--	--	--

*Le théorème de Thévenin ne sera appliqué que sur des schémas électriques réalistes. On insistera sur la notion de modèle équivalent de Thévenin appliquée à l'électrotechnique.*

- Quadripôles adaptateurs : adaptation d'un signal en impédance, en tension, en courant ; impédance caractéristique ;				
---	--	--	--	--

*Le technicien supérieur en électrotechnique exerce ses activités sur des équipements électriques qui utilisent aussi bien les courants forts que les courants faibles.*

*Des exemples seront pris, en régime sinusoïdal puis élargis au régime variable, dans le domaine de la transmission de l'information (réseaux V.D.I.).*

- Circuits magnétiques (bobine à noyau de fer : modèle équivalent) ;				
--	--	--	--	--

*On constatera que la bobine réelle alimentée par une tension sinusoïdale吸ue un courant non sinusoïdal puis on définira un modèle équivalent linéaire.*

- Puissances, facteur de puissance ;				
--------------------------------------	--	--	--	--

*Le théorème de Boucherot permet de résoudre sans mathématisation excessive de nombreux problèmes comme par exemple la détermination des éléments du schéma équivalent de la machine asynchrone ou le dimensionnement d'une installation électrique par bilan de puissance.*

*On insistera sur l'importance économique de la valeur du facteur de puissance en électrotechnique.*

### A-1.3. Circuits en régime périodique (permanent) :

- Valeurs moyenne et efficace ; facteur de forme				
--	--	--	--	--

*Un calcul de valeur moyenne et efficace sera toujours exploité en montrant l'intérêt du résultat.*

*Exemple : évolution de la valeur moyenne ou efficace en fonction de la grandeur de réglage*

*On donnera également des exemples dans lesquels le calcul de la valeur moyenne ou efficace s'applique aux grandeurs non électriques (exemple : calcul du couple équivalent thermique que doit développer un moteur sur un cycle de fonctionnement).*

- Valeurs moyenne et efficace ; facteur de forme				
--	--	--	--	--

*L'étude des régimes non sinusoïdaux se ramène à celle de circuits en sinusoïdal grâce au principe de superposition et au théorème de Fourier.*

*Le calcul des coefficients de Fourier ne sera pas exigible à l'examen.*

*Le résultat de la décomposition en série de Fourier étant donnée, on montrera comment exploiter l'analyse spectrale :*

*- Vu du « côté réseau » : en introduisant la notion de réduction ou de suppression d'harmonique et en présentant des exemples concrets de filtre anti-harmonique ou de filtre actif dont l'étude sera reprise dans le chapitre H1 consacré à la qualité de l'énergie électrique.*

*- Vu du « côté continu » : en introduisant la notion de réduction d'ondulation du courant ou de la tension appliquée aux convertisseurs continu-continu (chapitre B2) et alternatif-continu (chapitre C2)*

- Puissances en régime périodique : application limitée au cas où l'une des deux grandeurs tension, intensité est sinusoïdale et l'autre pas. ;				
- Puissances active, réactive, déformante, apparente, facteur de puissance.				

*La notion de qualité d'énergie sera abordée. Des extraits de la norme 1000 (ex: CEI-1000-3-2) de la commission électrotechnique internationale (C.E.I.) définissant le niveaux des courants et des tensions harmoniques ainsi des extraits (article 9) de l'arrêté du 17 mars 2003 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'une installation de production d'énergie électrique pourront être exploités.*

A. Sciences appliquées à l'électrotechnique :	Niveau			
	1	2	3	4

**A-1.4. Système triphasé :**

L'étude des circuits triphasés équilibrés en régime sinusoïdal ou non sinusoïdal est facilitée par l'utilisation du schéma monophasé équivalent faisant intervenir les tensions simples et les courants en ligne, indépendamment du couplage de la source et de la charge.

On précisera le rôle du couplage des phases pour éliminer les harmoniques de rang 3 et multiple de 3.

- Tensions et courants triphasés ;
- Montage étoile, montage en triangle ;
- Systèmes équilibrés et déséquilibrés en courant ;
- Schéma monophasé équivalent ;
- Champs tournants ;

On étudiera le champ tournant créé par trois courants sinusoïdaux triphasés équilibrés ou par trois courants triphasés en forme de créneaux.

L'étude des champs tournants permet de comprendre le fonctionnement d'un autopilotage de machines à courants alternatifs.

- Puissances.

Les moyens modernes de mesures de puissances seront utilisés en travaux pratiques.

**A-1.5. Ondes :**

- Ondes progressives : quelques exemples d'ondes et leurs caractéristiques ; lois de la réflexion et de la réfraction ;
- Notions d'optique ondulatoire et géométrique (miroir plan, lentilles minces et fibre optique) ;

Il s'agit d'un niveau 2. On donnera les notions nécessaires à la compréhension et à la mise en œuvre de la fibre optique et de certains capteurs.

- Description des principes physiques mis en jeu dans quelques sources lumineuses : sources à incandescence et sources à décharge ;
- Grandeur photométriques d'émission : flux énergétique, flux lumineux et éclairement ;

Il s'agit d'un niveau 2. Les principes physiques et les définitions des grandeurs photométriques seront introduits expérimentalement.

- Perturbations électromagnétiques par conduction par induction, par effet capacitatif, par rayonnement : causes, effets, remèdes.

Les perturbations électromagnétiques résultant de phénomène naturel (ex : foudre) ou électriques (ex : proximité d'équipement de puissance et de transmissions de données) sont de plus en plus fréquentes. On présentera les perturbations électromagnétiques basses fréquences et hautes fréquences ainsi que les principaux modes de couplage et quelques règles de câblage permettant de se prémunir des perturbations.

On donnera les notions nécessaires à la compréhension de la C.E.M abordée au chapitre H (qualité de l'énergie électrique). Une étude théorique nécessitant des calculs n'est pas envisageable. Par contre, une étude qualitative ciblée reste possible à l'examen.

**A-2. Énergie**

(à associer au thème électrotechnique : la distribution)

**A-2.1. Les différentes formes d'énergie :****Quelques exemples :**

- Énergies renouvelables ;
- Transformation et conservation de l'énergie ;
- Pertes et rendement.

**A-2.2. Production d'énergie électrique :**

- Centrales thermique, hydraulique et nucléaire ;
- Énergie éolienne ;
- Énergie photovoltaïque ;
- Cogénération ;
- Sources d'énergie autonomes : piles, accumulateurs, piles à combustible.

Toute cette partie est au niveau 2.

Il s'agit de présenter les différentes formes primaires d'énergie et de leur transformation en énergie électrique.

A. Sciences appliquées à l'électrotechnique :	Niveau			
	1	2	3	4

**A-3. Solide et fluide en mouvement :**

(à associer au thème électrotechnique : l'entraînement électrique)

*Les systèmes industriels sont régis par des lois et principes de la mécanique et de la thermodynamique.***A-3.1. Principe fondamental de la dynamique appliqué au solide :**

- En mouvement de translation ;
- En mouvement de rotation autour d'un axe fixe.

**A-3.2. Aspect énergétique**

- Travail, puissance, rendement ;
- Énergie cinétique, énergie potentielle, énergie mécanique ;
- Frottements.

**A-3.3. Moteurs électriques et charges mécaniques**

- Caractéristiques couple vitesse de quelques moteurs électriques ;
- Caractéristiques couple vitesse de diverses charges mécaniques : charges à couple constant, parabolique ou hyperbolique ;
- Point de fonctionnement ;
- Critères de stabilité ;
- Adaptation vitesse moment d'inertie ;
- Études de cas usuels portant sur des ensembles comprenant moteurs et masses à mettre en mouvement ;

L'objectif est d'énoncer et d'utiliser des lois de la mécanique pour être capable de participer au dimensionnement d'un moteur électrique à partir de la chaîne cinématique comportant des mouvements de rotation et de translation.

Les différents types de transmetteurs de puissance mécanique et leurs caractéristiques seront précisés.

**A-3.4. Dynamique des fluides**

- Débit ;
- Viscosité ;
- Théorème de Bernoulli ;
- Pertes de charge.

L'objectif est d'énoncer et d'utiliser des lois de la dynamique des fluides :

- pour être capable de participer au dimensionnement d'une installation hydraulique (section de canalisation, puissance de la pompe et du moteur électrique associé)
- pour permettre l'étude de l'utilisation de l'énergie éolienne.

**A-4. Électrothermie :**

(à associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)

**A-4.1. Les différents modes de transmissions de la chaleur : convection, conduction, rayonnement****A-4.2. Résistance et capacité thermiques : modélisation.****A-4.3. Différents procédés de production de la chaleur (résistance, induction, micro-ondes, infrarouge) : principe, caractéristiques principales, réglages.**

Deux cas sont à envisager :

- L'échauffement souhaité (exemple : chauffage)
- L'échauffement non souhaité (exemple : échauffement des conducteurs électriques).

L'utilisation des schémas équivalents permet de se ramener à des circuits électriques connus.

La signification physique des éléments sera précisée.

**A-5. Régimes transitoires dans les systèmes physiques :****A-5.1. Régime permanent et régime transitoire :**

- Définitions ;
- Système linéaire du premier ordre, système linéaire du second ordre et équations différentielles associées (écriture normalisée) ;
- Réponse à un échelon.

En fonction de l'avancement du cours de mathématique, on pourra introduire le formalisme de Laplace qui sera repris dans le chapitre F2 (asservissements et régulation)

**A-5.2. Applications à quelques exemples :**

- en électricité ;
- en mécanique ;
- en électrothermie.

Les équations différentielles sont obtenues à partir des modèles traduisant le comportement physique des systèmes électriques, électromécaniques ou électrothermiques. On fera apparaître les paramètres caractéristiques :

constante de temps  $\tau$  pour un système du premier ordre ou coefficient d'amortissement  $m$  et pulsation propre  $\omega_0$ ,  
pour un système de second ordre et les caractéristiques de la réponse indicielle : temps de réponse, dépassement.

La résolution mathématique de l'équation différentielle n'est pas exigible à l'examen.

On montrera que les paramètres  $\tau$ ,  $m$  et  $\omega_0$  peuvent également être obtenus à partir de la réponse du système.

**La variation de vitesse est réalisée par les convertisseurs statiques présents dans tous les domaines de l'électrotechnique.**

**L'étude des machines est indissociable de celle des variateurs de vitesse.**

<b>B- Machine à courant continu et hacheur</b>	<b>Niveau</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>B-1. Machines à courant continu :</b> (à associer au thème électrotechnique : les différents types d'actionneurs électriques)				
<i>La machine à courant continu conserve encore des applications industrielles que l'on présentera.</i>				
<i>Son étude permet l'introduction à celle des machines alternatives associées à leur convertisseur de puissance qui sont plus utilisées dans l'industrie car on cherche à retrouver sa caractéristique <math>T(n)</math>.</i>				
<i>La machine à courant continu à excitation indépendante est essentiellement utilisée à flux constant, on limitera les études dans lesquelles on agit sur le courant d'excitation. On précisera que, dans certains cas, l'élargissement de la plage de vitesse est obtenu par défluxage, principe également utilisé pour le moteur asynchrone.</i>				
<b>B-1.1. Principe de fonctionnement, constitution, excitations indépendante et série.</b>				
<b>B-1.2. Schéma équivalent, réversibilité, bilan de puissances.</b>				
<i>Après avoir présenté le principe de fonctionnement de la machine à courant continu, on présentera le modèle traduisant le comportement de la machine en régime permanent ou transitoire.</i>				
<i>Le schéma équivalent est un modèle traduisant le comportement de la machine fonctionnant indifféremment en moteur ou en générateur et qui permet d'accéder aux grandeurs électriques et mécaniques. Le signe de ces grandeurs permet de préciser le sens de transfert de l'énergie.</i>				
<b>B-1.3. Caractéristique mécanique <math>T(n)</math>.</b>				
<b>B-1.4. Procédés de variation de vitesse.</b>				
<i>La caractéristique mécanique <math>T(n)</math> sera tracée à tension <math>U</math> constante et/ou à courant <math>I</math> constant.</i>				
<i>On précisera que cette commande en couple est configurable sur les variateurs et utilisée en régime statique dans des applications comme l'enroulage-déroulage. Elle permet également de contrôler les accélérations et les décélérations en régime dynamique.</i>				
<b>B-1.5. Principe du moteur universel.</b>				
<b>B-2. Conversion continu continu : hacheurs en conduction continue</b>				
<b>B-2.1. Structures des hacheurs :</b>				
- Cellules de commutation ;				
<i>Les convertisseurs sont supposés être réalisés à partir de semi-conducteurs parfaits, leur commande est assimilée à un signal logique. On citera des exemples concrets, actuels, d'interrupteurs électroniques en citant leurs propriétés de réversibilité et de limite en fréquence. On précisera qu'une bonne connaissance préalable du fonctionnement des cellules de commutation permet d'étudier les structures classiques mais également d'appréhender l'étude de nouvelles structures. (hacheur multi niveaux)</i>				
- Hacheurs série, parallèle réversibles deux et quatre quadrants.				
<b>B-2.2. Utilisation des hacheurs :</b>				
<b>(à associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)</b>				
- Application à la motorisation électrique : variation de vitesse, contrôle de couple et/ou de vitesse, de tension et/ou de courant.				

C- Transformateurs et redresseurs :	Niveau			
	1	2	3	4
<b>C-1. Transformateurs :</b> <b>(à associer au thème électrotechnique : le transport de l'énergie électrique)</b>				
<b>C-1.1. Transformateur monophasé.</b>				
- Constitution. Principe.				
- Schéma équivalent. Caractéristique externe. Rendement.				
<b>C-1.2. Transformateur triphasé :</b>				
- Constitution et couplages, indice horaire ;				
- Schéma équivalent. Caractéristiques. Rendement				
<i>On utilisera le schéma monophasé équivalent faisant intervenir les tensions simples et les courants en ligne, indépendamment du couplage des enroulements.</i>				
<b>C-2. Conversion alternatif continu : redresseurs</b>				
<b>C-2.1. Cellules de commutation à cathodes communes et à anodes communes</b>				
<b>C-2.2. Redresseurs non commandés :</b> <b>(à associer au thème électrotechnique : la distribution)</b>				
- Montages monophasés et triphasés à commutation double en conduction continue.				
- Filtrage par condensateur, étude qualitative des courants et tensions.				
<b>C-2.3. Redresseurs commandés en conduction continue</b>				
- Réversibilité du montage, conditions nécessaires à ce type de fonctionnement.				
<i>Les semi-conducteurs sont supposés parfaits</i>				
<i>La commande des interrupteurs est donnée et on en déduit les intervalles de conduction et les formes d'ondes. Les exemples seront pris parmi les redresseurs usuels (PD2, PD3).</i>				
<i>Le PD3 mixte ne doit pas être traité.</i>				
<i>Le tracé de la tension aux bornes des semi-conducteurs ne sera pas exigible à l'examen.</i>				
<b>C-3. Associations transformateur redresseur :</b> <b>(à associer au thème électrotechnique : la distribution)</b>				
- Forme des courants au primaire du transformateur				
<i>La partie C-3 sera traitée en séance de travaux pratiques sous forme de TP-cours.</i>				
<b>C-4. Associations redresseur machine à courant continu :</b> <b>(à associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)</b>				
- Fonctionnement dans (un, deux) quatre quadrants.				
<i>La partie C-4 sera traitée en séance de travaux pratiques sous forme de TP-cours.</i>				

<b>D- Machine asynchrone et convertisseur de fréquence :</b>	Niveau			
	1	2	3	4
<b>D-1. Machines asynchrones :</b> <i>(à associer au thème électrotechnique : les différents types d'actionneurs électriques)</i>				
<b>D-1.1. Constitution, principe de fonctionnement</b>				
<b>D-1.2. Schémas équivalents, réversibilité, bilan de puissance.</b>				

On remarquera que le schéma monophasé équivalent (utilisant les tensions simples et les courants en ligne) est valable aussi bien pour le fonctionnement en génératrice couplée au réseau qu'en moteur.

Le diagramme vectoriel et le bilan de puissance seront faits pour un fonctionnement en moteur et pour un fonctionnement en génératrice couplée au réseau.

### D-1.3. Caractéristique mécanique T (n) à fréquence constante.

L'expression du couple électromagnétique sera établie à partir du schéma équivalent de la machine et du bilan de puissance.

On exprimera ce couple en faisant intervenir la pulsation rotorique  $ur$  afin de développer la problématique suivante auprès des étudiants : comment contrôler le couple d'une machine asynchrone ?

### D-1.4. Procédés de variation de vitesse.

### D-2. Conversion continu alternatif : les onduleurs

#### D-2.1. Structure des onduleurs

- Onduleurs en pont et triphasés ;
- Différentes commandes : symétrique, à modulation de largeur d'impulsions.

La commande des interrupteurs est donnée et on en déduit les formes d'ondes et les intervalles de conduction.

### D-2.2. Applications des variateurs de fréquence :

*(à associer au thème électrotechnique : chaîne de commande des machines)*

- Variateurs de vitesse pour moteur asynchrone : structure des variateurs, fonctionnement à  $U/f = \text{constant}$ , réversibilité de l'ensemble, harmoniques de tension, de courant et de couple.
- Machine asynchrone autopilotée. Introduction à la commande vectorielle.

On étudiera l'autopilotage fréquentiel qui permet de commander la machine asynchrone en couple en imposant entre autre la pulsation rotorique.

L'étude d'une commande vectorielle peut être abordée en dégageant, en régime permanent, les grandeurs qui seront contrôlées en régime transitoire.

L'étude en régime instantané de cette machine est hors programme.

L'intérêt de la commande vectorielle sera mis en évidence expérimentalement.

### D-2.3. Autres applications des onduleurs :

- Onduleurs de secours ;  
*(à associer au thème électrotechnique : la distribution)*
- Onduleur à résonance : chauffage à induction.  
*(à associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)*

### E- Machine synchrone et convertisseur de fréquence :

Niveau			
1	2	3	4

### E-1. Machine synchrone :

#### E-1.1. Constitution :

- Principe de fonctionnement ;
- Réversibilité ;
- Schéma équivalent de la machine synchrone à pôles lisses non saturée (diagramme à réactance synchrone) ;
- Bilan de puissances.

On précisera que le schéma monophasé équivalent (utilisant les tensions simples et les courants en ligne) est valable aussi bien pour le fonctionnement en alternateur qu'en moteur.

#### E-1.2. Alternateur :

*(à associer au thème électrotechnique : la distribution)*

- Alternateur autonome : caractéristiques électriques, détermination par méthodes directes et indirectes ;
- Alternateur couplé sur un réseau : transfert des puissances active et réactive.

On montrera que l'exploitation du diagramme à réactance synchrone permet de connaître les puissances échangées entre la machine et le réseau.

#### E-1.3. Machine synchrone autopilotée :

*(à associer au thème électrotechnique : les différents types d'actionneurs électriques)*

On étudiera la machine synchrone autopilotée alimentée par un onduleur de courant et/ou de tension.

- Structure du dispositif. Fonctionnement. Réversibilité. Caractéristiques mécaniques T (n).

#### E-1.4. Principe de fonctionnement du moteur sans balai :

*(à associer au thème électrotechnique : les différents types d'actionneurs électriques)*

F- Régulation et asservissement industriels :	Niveau			
	1	2	3	4
F-1. Conversion d'une grandeur physique en un signal électrique :				
F-1.1. Principes physiques des capteurs les plus utilisés, fidélité, justesse et précision. (à associer au thème électrotechnique : l'acquisition de l'information)				
F-1.2. Principaux types de capteurs, exemples caractéristiques dans les domaines analogique et numérique : capteurs de courant, de tension, de déplacement, de vitesse, de position et de température. (à associer au thème électrotechnique : l'acquisition de l'information)				
On se limitera à l'étude de 3 capteurs, capteur de courant, capteur de température et un capteur en relation avec les systèmes utilisés par les étudiants.				
F-1.3. Échantillonnage et numérisation d'un signal.				
Les signaux analogiques souvent numérisés et traités sous forme numérique dans les automates et les régulateurs industriels justifient le chapitre F.1.3. On donnera les notions de base concernant la numérisation du signal.				
F-2 Régulation et asservissement :	(à associer au thème électrotechnique : chaîne de commande des machines)			
F-2.1. Principes : chaîne d'action, de réaction, propriétés en boucle fermée, précision, exemples dans le domaine analogique. Formalisme de Laplace.				
Laplace est une généralisation de l'écriture complexe et permet d'écrire autrement l'équation différentielle. À partir de quelques exemples simples, choisis dans le domaine de l'électrotechnique (électromécanique ou électrothermique), on montrera l'intérêt du passage de l'équation différentielle à la fonction de transfert isomorphe.				
F-2.2. Réponse indicielle, réponse harmonique, diagramme de Bode.				
F-2.3. Stabilité, dilemme stabilité précision, correction proportionnelle, intégrale et dérivée.				
Les correcteurs seront définis par leurs fonctions de transfert isomorphes et non pas étudiés à partir de schémas électriques.				
Le correcteur étant donné, on vérifiera ses performances.				
F-2.4. Critères de réglage :				
- Marge de phase, marge de gain ;				
- Méthode de Broïda.				
Les systèmes réels sont rarement complètement linéaires, ou limités au second ordre. Leur modélisation est alors complexe voire impossible : la mise en équation différentielle n'est donc pas toujours possible.				
La méthode d'identification de Broïda permet à partir de l'observation de la réponse indicielle réelle du système d'obtenir un modèle sous forme de fonction de transfert permettant alors un réglage optimal du régulateur.				
La méthode de BROÏDA, au niveau 2, sera utilisée en exploitant les abaques.				
F-2.5. Applications :				
- Régulation de tension, de courant ou de couple ;				
- Asservissement de vitesse et de position ;				
- Variateur de vitesse réversible avec boucles de courant et de vitesse imbriquées : étude d'un cycle : démarrage, freinage et inversion du sens de marche ;				
- Régulation de température.				
G- Convertisseur alternatif / alternatif : gradateurs	Niveau			
	1	2	3	4
G-1. Structure des gradateurs monophasé et triphasé				
G-1.1. Utilisation sur charge résistive :	(à associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)			
G-1.2. Utilisation sur charge inductive (à associer au thème électrotechnique : la qualité de l'énergie en environnement perturbé)				
G-1.3. Diverses commandes : retard de phase et train d'ondes. (à associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)				
G-2. Utilisation des gradateurs :				
G-2.1. Contacteur statique (à associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)				
G-2.2. Démarrage et modification de vitesse des moteurs asynchrones (à associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)				
G-2.3. Compensateur de puissance réactive (à associer au thème électrotechnique : la qualité de l'énergie en environnement perturbé)				

<b>H- Qualité de l'énergie électrique :</b> (à associer au thème électrotechnique : la qualité de l'énergie en environnement perturbé)	Niveau			
	1	2	3	4
<i>Les perturbations électromagnétiques résultant de la proximité d'équipement de puissance et de transmissions de données sont de plus en plus fréquentes. La C.E.M est l'art de les faire coexister sans créer de dysfonctionnements.</i>				
<b>H-1. Notions d'ondes et de rayonnement.</b>				
<b>H-2. Pollution harmonique, norme CEM.</b>				
<b>H-3. Compensation de l'énergie réactive :</b>				
- Amélioration du facteur de puissance : filtrage passif et filtrage actif.				
<b>H-4. Absorption sinusoïdale</b>				

*On citera les principales solutions industrielles permettant de réduire les harmoniques (perturbations basses fréquences) : filtres passifs, filtres actifs, et convertisseurs propres à absorption sinusoïdale en expliquant les principes utilisés.*

## 2.8 Construction des structures matérielles appliquée à l'électrotechnique :

### 2.8.1 Commentaires sur le programme :

L'enseignement de la construction a pour vocation d'aider le futur technicien supérieur en électrotechnique à appréhender toutes les facettes de son métier. Dans ce sens, le programme de construction doit permettre à l'étudiant d'établir une **démarche d'analyse fonctionnelle et structurelle** des machines, procédés et systèmes qui feront parties de son quotidien dans l'exercice de son métier.

La **démarche d'éco conception** est au cœur de cette analyse (Réf 6.1, 6.2, 6.3).

D'autre part, au travers d'études de cas, l'étudiant se forgera une culture de solutions techniques propre à la construction en électrotechnique. Les solutions techniques rencontrées seront étudiées d'un point de vue fonctionnel et structurel. Leurs aptitudes à respecter des performances mécaniques, environnementales et sécuritaires seront évaluées et comparées. Des projets de reconception seront abordés (Réf 6.4).

Dans ce cadre, on apportera une attention particulière à **l'efficacité énergétique**. Celle-ci consiste à réduire les consommations d'énergie, à diminuer les coûts écologiques, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie à service rendu égal.

Ce programme peut être vu en deux grandes parties :

- La démarche d'éco conception dans laquelle l'analyse fonctionnelle est vue comme un outil permettant d'intégrer les critères émanant des coûts externes et du développement durable dans le cahier des charges fonctionnel.
- L'analyse structurelle des systèmes mettant en œuvre des lois physiques dans le but de justifier et de critiquer les solutions techniques utilisées au regard des critères issus de l'analyse fonctionnelle.

L'enseignement de construction aura lieu à la fois dans le laboratoire de génie électrotechnique et dans la salle de simulation équipée d'un logiciel d'éco conception, d'un modeleur volumique et d'un logiciel de simulation cinématique.

### 2.8.2 Éco conception des systèmes :

L'éco conception permet d'intégrer des aspects environnementaux dans la conception et le développement des produits (biens et services). Elle a pour objectif de réduire les impacts environnementaux négatifs des produits au long de leur cycle de vie, tout en préservant la qualité d'usage du produit ou en l'améliorant.

#### 2.8.2.1 Service rendu par une application (Réf 6.1)

Les outils permettant de formaliser le service rendu par une application sont regroupés dans l'analyse fonctionnelle externe (« du besoin ») d'un produit. Ils doivent permettre à l'étudiant :

- D'exprimer le besoin, c'est-à-dire les attentes du client, assorti de contraintes identifiables ;
- De recenser et de caractériser les éléments du milieu extérieur pour chaque étape du cycle de vie ;
- De rédiger le cahier des charges fonctionnel qui spécifie les performances techniques et économiques à atteindre, avec les contraintes environnementales à respecter.

#### 2.8.2.2 Règles générales de l'éco conception (Réf 6.2)

L'expression du besoin est définie au regard d'un mode de vie, d'une culture, d'une région. Les outils d'analyses du besoin, de recherche et de caractérisation des fonctions d'usages et contraintes sont à replacer dans une démarche plus globale qui est la démarche d'éco conception. Un examen des relations entre le produit et les éléments des milieux extérieurs pour chaque étape du cycle de vie permet de mettre en évidence les effets du produit sur son environnement.

Des directives et réglementations relatives au développement durable amènent le concepteur à considérer des externalités comme la préservation et l'usage raisonnable des ressources naturelles, la minimisation de la consommation énergétique, ...

Les externalités désignent les effets positifs ou négatifs que les activités économiques d'un groupe peuvent avoir sur le bien-être d'un autre groupe, et ceci sans que le marché les fasse rétribuer ou payer (la pollution est l'exemple type d'une externalité négative). Il peut également y avoir un « bénéfice externe », comme la création d'une activité touristique autour du lac de retenue d'un barrage hydroélectrique.

#### 2.8.2.3 Analyse du cycle de vie des produits (Réf 6.3)

Afin de caractériser les externalités liées à l'éco conception il est nécessaire dans l'analyse fonctionnelle externe de prendre en compte une palette d'étapes de cycle de vies beaucoup plus large. En effet, les critères de minimisation des déchets, d'impact sur les ressources naturelles et de la consommation d'énergie existent dès l'extraction de la matière première utile à la réalisation du produit jusqu'à sa destruction.

### 2.8.3 Solutions techniques rencontrées : analyse, validation et reconception (Réf 6.4)

Pour les principales fonctions techniques rencontrées, il convient de s'appuyer sur les solutions constructives disponibles au sein du laboratoire d'électrotechnique. Cet enseignement doit éviter de se limiter à la présentation d'un catalogue de solutions.

Les solutions techniques seront validées vis-à-vis des directives liées à l'eco conception et aux risques professionnels ainsi qu'aux performances mécaniques.

Des modifications de solutions liées à la prise en compte des nouvelles directives pourront être proposées.

#### 2.8.3.1 Description fonctionnelle d'une chaîne d'action :

La méthode F.A.S.T. (Function Analysis System Technique) est privilégié pour conduire, à partir du cahier des charges fonctionnel, une démarche structurée permettant la recherche et la définition des fonctions techniques et des solutions constructives.

#### 2.8.3.2 Description, représentation et simulation des chaînes d'action :

L'emploi de maquettes numériques permet de caractériser la chaîne cinématique d'un sous-système mécanique articulé. La maquette doit accompagner la réflexion sur la transmission de mouvement aux effecteurs. La maquette numérique (qui sera fournie à l'étudiant) constitue la base de travail pour la représentation du réel, la communication technique, les calculs et la simulation.

#### 2.8.3.3 Approche structurelle d'une chaîne d'action, famille de solutions :

La caractérisation des performances cinématiques et énergétiques des pièces qui participent à la transmission ou à la dissipation de l'énergie sont des éléments importants qui seront pris en compte au travers de l'étude de quelques mécanismes significatifs de **solutions actuelles appliquées à l'électrotechnique**. Ces études permettent de dégager des concepts transversaux, comme l'**efficacité énergétique**, afin de justifier les solutions techniques. Celles-ci seront regroupées et classées en familles fonctionnelles.

#### 2.8.3.4 Produits et matériaux dans la relation « usage - procédés - énergie » :

La relation « usage - procédés - énergie » est centrale dans la démarche d'eco conception. Même si le souci reste de réaliser la fonction principale de la pièce considérée, il convient de mettre en avant les coûts énergétiques, l'émission de déchets, tous les paramètres liés au développement durable lors de l'approche sur les matériaux et les sources potentielles d'énergie en fonction de l'implantation.

L'utilisation d'un logiciel d'eco conception permet de choisir les matériaux vis-à-vis des critères économiques, mécaniques, physico-chimiques et environnementaux.

#### 2.8.4 Conditions de travail - Analyses des risques professionnels :

Chaque activité sur des systèmes doit inclure la notion de risques professionnels, il n'est pas question de se contenter d'un cours académique sur les risques mais il s'agit de former le futur technicien supérieur à la prise en compte permanente des risques professionnels. Il faut pour cela attirer son attention sur les risques à chaque fois que c'est nécessaire et lui indiquer à l'aide de consignes claires l'attitude à adopter. Ces consignes devront correspondre à l'application des réglementations en vigueur.

#### 2.8.5 Commentaires méthodologiques (voir pages suivantes) :

## Première année de formation

<b>Intitulés du programme</b> La numérotation est celle du programme, certains points d'un même chapitre du programme peuvent être séparés dans la progression	<b>Demi division (2 h)</b>	<b>Classe entière (1 h)</b>	Semaine
<b>6.1 Service rendu par une application</b> • Expression du besoin : fonctions d'usage et fonctions de service.	On mettra en évidence les notions de critères de choix, de besoin et de fonctions de services, À chaque fonction associer des critères et des niveaux.	Synthèse sur l'analyse fonctionnelle externe	<b>S1</b>
<b>6.2 Règles générales de l'éco-conception</b> • Démarche de l'éco-conception • Préservation et usage raisonné des ressources naturelles : • Minimisation des émissions et des déchets : • Suppression ou minimisation des substances toxiques. Réduction de la consommation d'énergie (dans les secteurs habitat, transport, industrie).	Réaliser une étude globale d'une démarche d'éco-conception, en étudiant plusieurs phases de vie d'un même produit. Mettre en évidence l'impact du choix du matériau, l'utilisation de composant standard dans la conception, l'intégration de la notion de fin de vie dans la conception. Cette étude sera menée avec un logiciel d'éco conception.	Synthèse sur la méthode et le vocabulaire.	<b>S2</b>
			<b>S3</b>
			<b>S4</b>
			<b>S5</b>
<b>6.3 Analyse du cycle de vie des produits</b> • Étapes du cycle de vie : • Impacts sur l'environnement : • Critères de choix d'un procédé lors de la conception. • Temps de retour sur investissement.	Appliquer la méthode sur un système d'un domaine différent.		<b>S5</b>
<b>6.4.5 Produits et matériaux dans la relation « usage - procédés – énergie » :</b> • Choix des matériaux constitutifs (critères physico-chimiques, énergétiques, environnementaux, économiques) ; • Matière première renouvelable ou recyclable	Synthèse sur les propriétés des matériaux vues lors de la démarche d'éco conception.		<b>S6</b>
6.4.5 Recherche d'amélioration aux niveaux énergétique et environnemental 6.4.6 Choix de la source d'énergie utilisée.			
<b>6.1 Service rendu par une application</b> • Rapport performance / coût. • Impact du développement durable sur les différents coûts	Reprendre les études précédentes en cherchant à améliorer une solution choisie (matériau et source d'énergie par exemple).		<b>S7</b>

## Première année de formation

<b>Intitulés du programme</b> La numérotation est celle du programme, certains points d'un même chapitre du programme peuvent être séparés dans la progression	<b>Demi division (2 h)</b>	<b>Classe entière (1 h)</b>	Semaine
<b>6.4.2 Approche structurelle d'une chaîne d'action :</b> • Étude des liaisons élémentaires, notion de degrés de liberté ; • Schématisation cinématique d'un mécanisme.	Travaux pratiques de découverte et prise en mains des modeleurs	Synthèse sur les fonctions 3D et de mise en volume	S8 S9 S10
<b>6.4.1 Description et représentation des chaînes d'action :</b> • Formes des pièces : description géométrique et vocabulaire du mécanicien ; • Procédures d'exploitation de maquettes numériques de tout ou partie d'une chaîne d'action ; Structure des arbres de construction et d'assemblage ; Fonctions de base des logiciels 3D ; Types d'éditions et d'habillage (notion de point de vue) ; Mises en plan à partir d'une maquette numérique et dessin normalisé 2D.	Réalisation de pièces d'un mécanisme existant en TP de génie électrique. Synthèse arbre de construction.		S11 S12
	Assemblage des pièces, introduction des notions de degrés de mobilités et de contacts primaires. Réalisation de la maquette numérique (graphe des contacts) et mise en place des liaisons. Synthèse liaisons et arbre d'assemblage.		S13 S14
	Modélisation et schématisation application depuis le TP. Application de la méthode sur un mécanisme du laboratoire de génie électrique. Synthèse schéma cinématique.		S15 S16 S17 S18
<b>6.4.2 Approche structurelle d'une chaîne d'action</b> Réaliser un assemblage ou un guidage ; Rendre étanche.	Description structurelle des liaisons pivots, glissières et encastrements. Synthèse topologie des liaisons usuelles : <ul style="list-style-type: none"><li>○ Guidage rotation et translation ;</li><li>○ Assemblage.</li></ul> Synthèse sur les composants standards.		S19 S20 S21 S22
	Passage 3D – 2D. Mise en plan et règles générales du dessin. Lecture de plan.		S23 S24 S25
<b>6.4.3 Comportement cinématique d'une chaîne d'action :</b> • Repère et position d'un point d'un solide ; • Vitesse et accélération des points d'un solide en rotation ou en translation rectiligne ; • Mouvements plans : champ des vitesses, théorème de l'équiprojectivité, centre instantané de rotation.	TP logiciel cinématique sur modeleur : tracés de trajectoires, de vitesses, d'accélération, analyse des courbes et influence de la géométrie sur le fonctionnement du mécanisme. Application graphique et travaux pratiques sur logiciel.	Synthèse vitesse.  Cours mouvements plans.	S26 S27 S28 S29 S30 S31 S32

## Deuxième année de formation

<b>Intitulés du programme</b>	<b>Demi division (2 h)</b>	<b>Semaine</b>
<p>La numérotation est celle du programme, certains points d'un même chapitre du programme peuvent être séparé dans la progression</p> <p><b>6.4.1 Description et représentation des chaînes d'action :</b> • Fonctions de service, fonctions techniques, diagramme FAST.</p> <p><b>6.4.2 Approche structurelle d'une chaîne d'action :</b> • Exemples de solutions constructives associées à des fonctions techniques ; Transmettre un mouvement (accouplements, freins) ; Transformer un mouvement (engrenages, liens souples, bielle manivelle, cames).</p> <p><b>6.4.4 Comportement dynamique et énergétique des transmetteurs de mouvement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approche de la conservation d'énergie ;</li> <li>• Précision d'une transmission : jeux, déformation, usure ;</li> <li>• Impact d'une chaîne d'énergie sur les choix technologiques ;</li> <li>• Rendement mécanique et réversibilité de la transmission.</li> </ul> <p><b>Appliquer à :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actionneurs : actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques ;</li> <li>• Pré actionneurs pneumatiques, hydrauliques et électriques.</li> </ul>	<p>Etudier des systèmes et mécanismes (actionneurs et préactionneurs) du laboratoire de génie électrique.</p> <p>Les activités seront réalisées sur deux cycles de quatre semaines dont une semaine de synthèse. Les travaux concerneront l'étude fonctionnelle, la modélisation des liaisons, la validation des solutions constructives d'un point de vue cinématique, énergétique et la justification des choix de composant standard.</p> <p>Synthèse sur les solutions technologiques permettant de :</p> <p style="margin-left: 20px;">Transmettre un mouvement ;</p> <p style="margin-left: 20px;">Transformer un mouvement.</p>	<b>S1</b>
<b>S2</b>		
<b>S3</b>		
<b>S4</b>		
<b>S5</b>		
<b>S6</b>		
<b>S7</b>		
<b>S8</b>		
<b>S9</b>		
<b>S10</b>		
<p><b>6.4.5 Produits et matériaux dans la relation « usage - procédés – énergie » :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choix des matériaux constitutifs (critères physico-chimiques, énergétiques, environnementaux, économiques) ;</li> <li>• Caractérisation mécanique des pièces participant à la transmission ou à la dissipation de l'énergie : coefficient de frottement, capacité thermique ;</li> <li>• Matière première renouvelable ou recyclable.</li> </ul>	<p>Lors des études précédentes, il faudra prendre soin de parler des matériaux utilisés afin de pouvoir s'appuyer dessus lors de ces apports de connaissances.</p>	<b>S11</b>
<p><b>6.4.7 Conditions de travail : analyse des risques professionnels, santé et sécurité au travail.</b></p>	<p>Cet apprentissage ne nécessite pas de séance à part entière, il doit être diffus sous forme de consigne de sécurité lors de toute activité le nécessitant, il restera alors à regrouper et énoncer avec la classe, les règles rencontrées ainsi que leur contexte.</p>	<b>S12</b>

## 2.8.6 Commentaires sur la progression

### 2.8.6.1 Éco conception des systèmes :

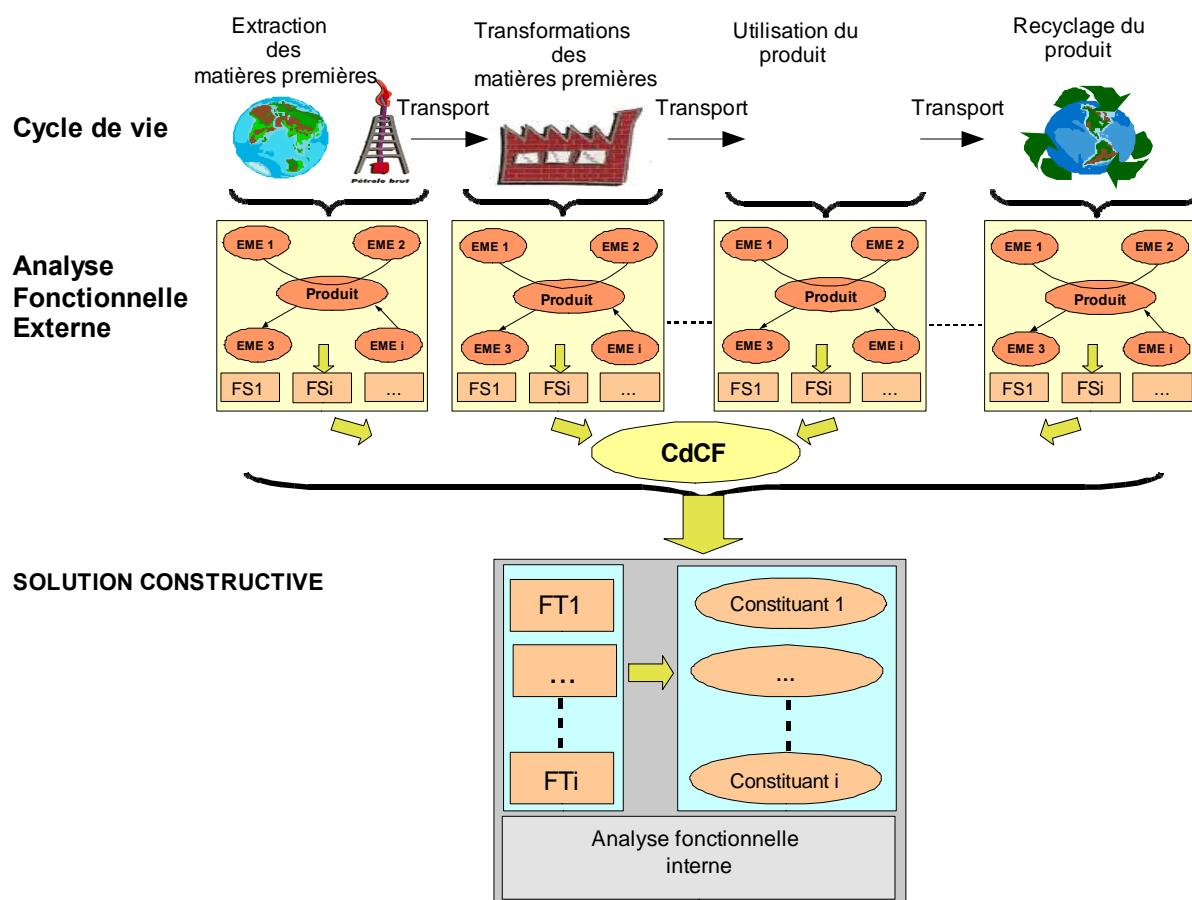
#### 2.8.6.1.1 Semaines 1 à 8, première année de formation :

À partir d'un exemple :

- On recensera l'ensemble des étapes du cycle de vie du produit.
- Pour chaque phase de vie, on identifiera les éléments du milieu extérieur en les caractérisant.
- On déterminera les fonctions principales et les fonctions contraintes sur le produit en les caractérisant.
- Produire le cahier des charges fonctionnel.

**Remarque :** les relations et les critères liés à l'environnement, aux risques professionnels et aux coûts seront établis à chaque étape. Une attention particulière sera portée à la recherche des étapes du cycles de vie et des éléments du milieu extérieur afin d'identifier avec précision un maximum d'externalités. L'utilisation d'un logiciel d'éco-conception sur des exemples simples permettra de quantifier l'impact environnemental.

Il est conseillé de se diriger vers des exemples comportant un travail à la fois sur les matériaux, sur la simplification et la standardisation des pièces et sur l'impact environnemental en fin de vie.



#### 2.8.6.1.2 Tout au long de la formation :

L'éco conception apparaîtra dans toutes les activités. Les critères liés à l'environnement seront pris en compte, notamment au travers du choix de matériaux, de la définition de la solution constructive (analyse, reconception, prise en compte du recyclage dans la conception,...), du choix de la source d'énergie...

## 2.8.7 Solutions techniques rencontrées : analyse, validation et reconception (Réf 6.4)

### 2.8.7.1.1 Semaines 8 à 25, première année de formation :

Les connaissances et compétences de la partie approche structurelle et représentation d'une chaîne d'actions seront développées par des activités pratiques alternant constamment, utilisation de maquettes numériques et manipulation sur des systèmes réels simples.

La synthèse sur les solutions technologiques pour la réalisation des liaisons classiques (pivot, glissière et encastrement) s'appuiera sur les études de cas vus dans une première série de TP de schématisation.

Une seconde série de TP permettra l'étude de liaisons de systèmes issue de l'électrotechnique sur lesquels on se focalisera sur les composants standards dans les liaisons afin d'en justifier l'utilisation et le dimensionnement.

**Remarque :** La représentation 2D n'est pas au programme en tant que telle, on peut toutefois demander que les élèves puissent déchiffrer une mise en plan simple. La complexité de la pièce ou de l'assemblage étudié au travers d'une représentation 2D devra rester « raisonnable ».

### 2.8.7.1.2 Semaines 26 à 32, première année de formation :

On s'attachera à vérifier des caractéristiques cinématiques de mécanismes réels et de conclure vis-à-vis du cahier des charges.

### 2.8.7.1.3 Semaines 1 à 10, deuxième année de formation :

Étudier des systèmes et mécanisme du laboratoire de génie électrotechnique sur deux cycles de trois semaines de TP plus une semaine de synthèse avec étude fonctionnelle, modélisation des liaisons, validation des solutions constructives d'un point de vue cinématique et énergétique. Les séries auront pour objectif la découverte des solutions technologiques pour la transmission et la transformation de mouvement.

### 2.8.7.1.4 Semaines 11 et 12, deuxième année de formation :

Apport de connaissances et formalisation sur les matériaux et les risques professionnels, on s'appuiera sur les TP précédents et les connaissances d'éco conception pour faire la synthèse de cette partie.

### 3 La certification :

#### 3.1 Recommandations aux auteurs de sujets de l'épreuve E4 :

##### 3.1.1 Enjeux :

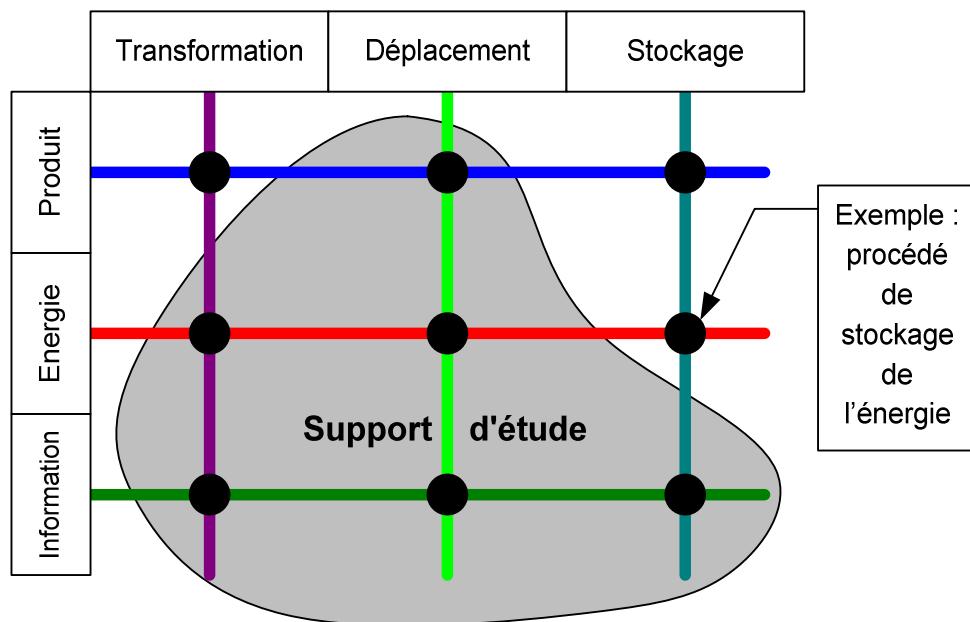
L'épreuve E4 s'appuie sur des enjeux auxquels des réponses doivent être apportées en terme de faisabilité, de rentabilité, de qualité, de respect des normes ou d'implications sur l'environnement.

Par une étude des contraintes et des moyens, les candidats seront amenés à argumenter sur des solutions répondant en partie ou en globalité aux enjeux précédemment définis.

##### 3.1.2 Support :

Le support de l'épreuve E4 est commun aux deux épreuves E4.1 et E4.2. Il s'appuie sur un produit ou un moyen de production dans lequel l'utilisation de l'énergie et de l'information est prépondérante. Les performances obtenues quant à la transformation, au déplacement et au stockage seront étudiées selon les points de vues de l'efficacité énergétique, de l'impact environnemental et de la qualité recherchée.

##### 3.1.3 Exemple de positionnement d'un support d'étude :



Le support est un système technique pluritechnologique dans lequel des lois des sciences appliquées définissent un comportement à maîtriser, contrôler ou améliorer.

L'étude se décompose en quatre phases principales réparties en deux épreuves.

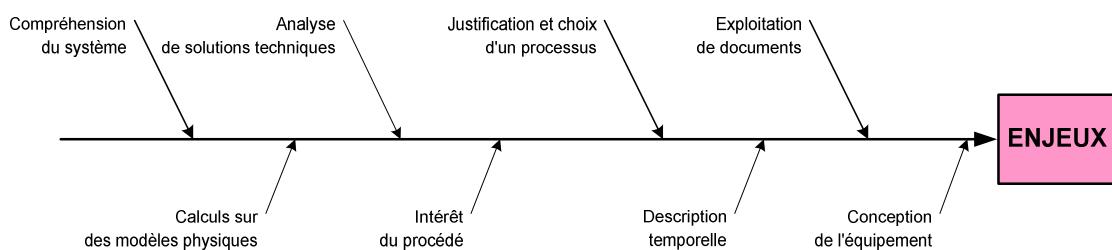
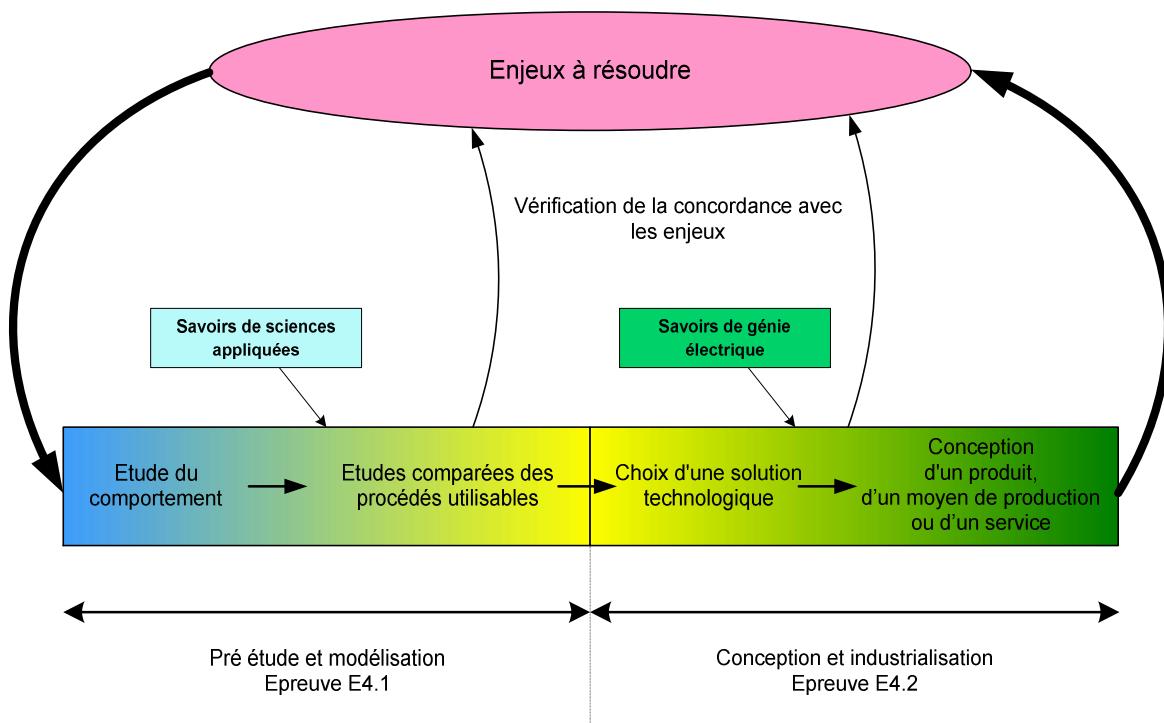
##### 3.1.4 Épreuve E4.1 : pré étude et modélisation

- La première phase comporte une analyse des grandeurs physiques du système, de leurs interactions, des causes et des conséquences induites. Elle vise à faire comprendre le fonctionnement du système et à élaborer un modèle de celui-ci.
- La deuxième phase est axée sur l'étude de solutions permettant de répondre à un cahier des charges. Cette étude doit aboutir à l'énoncé :
  - de l'intérêt d'une solution par rapport à une autre,
  - des réponses données aux enjeux de départ.

Il sera possible de faire des études comparatives sur des solutions techniques portant sur la production, le transport, le stockage, la conversion de l'énergie.

### 3.1.5 Épreuve E4.2 : conception et industrialisation

- La troisième phase consiste à faire un choix technologique parmi des solutions constructeurs modernes et adaptées. Le choix, le contrôle du processus, la gestion des informations doivent se faire dans le respect des règles énoncées dans la phase précédente et conformément aux enjeux définis.
- La quatrième phase est orientée sur la mise en œuvre, le raccordement, la programmation et le réglage du matériel de la solution retenue. Il est important de faire apparaître du matériel nouveau dont les performances évolutives vont dans le sens d'une amélioration du procédé et apporte une réponse nouvelle à des enjeux jusqu'alors difficilement accessibles ou non prioritaires.



Les solutions envisagées, qu'elles soient théoriques ou abouties, doivent être confrontées aux enjeux de départs afin de vérifier si les aboutissements prévus répondent pleinement aux attentes.

## 3.2 Recommandations aux auteurs de sujets de l'épreuve E41 :

### 3.2.1 Situation :

Le candidat est confronté à un moyen de production, un produit ou un service issu d'une problématique ancrée dans la réalité du monde industriel mettant en cause des problèmes d'énergie, d'environnement ou de qualité.

### 3.2.2 Le questionnement :

Les questions rassemblées dans des parties indépendantes, conduisent le candidat à analyser des solutions techniques, comprendre le fonctionnement, et faire ou justifier des choix par rapport à des critères énoncés.

Des conclusions ciblées, cadrées pourront être demandées.

Lors de l'établissement de relations littérales, la forme de la solution souhaitée sera donnée afin de permettre aux candidats de poursuivre le problème.

### 3.2.3 La modélisation :

Elle doit permettre la mise en œuvre des lois de la physique qui lient les différentes grandeurs du système et faire apparaître la transversalité de certaines grandeurs comme la puissance ou l'énergie dans des domaines tels que la mécanique, l'hydraulique, le thermique, l'électrique, etc.

- Préciser les hypothèses simplificatrices consenties, les limites d'utilisation et les paramètres caractéristiques des modèles.

### 3.2.4 L'étude comparative :

- Rechercher des solutions en vue d'une minimisation des pertes, de l'amélioration d'un procédé, d'une optimisation de l'autonomie, d'une complémentarité énergétique ou du respect de l'environnement.
- Étudier des structures d'une chaîne conversion d'énergie.
- Étudier et comparer des stratégies de pilotage tel que des associations convertisseur – actionneur afin de faire apparaître les avantages et inconvénients de chaque solution.
- Rechercher un optimum de fonctionnement.

### 3.2.5 L'exploitation des résultats :

- Mener une analyse critique.
- Associer des fonctions afin de s'approcher du résultat désiré.
- Valider une solution.

### 3.2.6 Nature des travaux demandés :

Pour atteindre les objectifs des différentes parties, le candidat sera amené à :

- Faire des calculs sur des grandeurs physiques.
- Calculer les éléments du schéma d'un modèle donné.
- Déterminer le comportement d'un modèle face à une sollicitation.
- Tracer des caractéristiques de fonctionnement.
- Tracer des courbes d'évolutions des grandeurs caractéristiques.
- Proposer ou justifier des méthodes de mesurage.
- Analyser ou justifier des relevés de mesures ou de simulations.
- Critiquer une solution.

### 3.2.7 Mise en forme du sujet et consignes de correction :

Les sujets ne comporteront pas plus de dix pages au format A4 (hors documents-réponse). Ils seront organisés de telle sorte que les informations soient regroupées de façon claire.

Des documents-réponse sur lesquels certains renseignements apparaîtront (échelles, valeurs particulières, étendue de l'évolution d'une grandeur ...) pourront être fournis afin de guider le candidat.

Dans l'évaluation du travail fourni, si le candidat arrive à un résultat erroné, on prendra en compte le raisonnement et la cohérence des grandeurs par rapport aux données du problème.

### 3.3 Recommandations aux auteurs de sujets de l'épreuve E42 :

#### 3.3.1 Situation :

La solution technique définitive issue de l'épreuve E4.1 est donnée en introduction. Le candidat doit la mettre en œuvre à partir de solutions et matériels industriels. Il le fera avec du matériel innovant, construit dans le but d'améliorer la qualité ou l'efficacité énergétique.

Il sera essentiellement confronté à des problématiques liées aux choix de solutions constructives, à leurs spécifications et à la définition de certains éléments.

#### 3.3.2 Le questionnement :

À travers des recherches, les questions conduisent le candidat à élaborer le système technique. Différentes phases lui permettront de progresser de manière méthodique dans la conception du système.

#### 3.3.3 La recherche documentaire :

- Consulter les contraintes économiques et réglementaires.
- Comparer dans une banque de données, des solutions constructeurs.
- Puisez dans ses connaissances une solution et l'adapter à la situation.
- Choisir un actionneur et sa commande.
- Choisir du matériel de protection.

#### 3.3.4 La mise en œuvre :

- Concevoir la solution par l'élaboration de schémas de raccordement.
- Définir la transmission, le traitement et la gestion des données.
- Décrire le comportement temporel du processus.

#### 3.3.5 Les réglages :

- Choisir les grandeurs nominales des appareils.
- Définir le contenu des paramètres de réglages du matériel.
- Analyser les performances obtenues au regard du cahier des charges.

#### 3.3.6 Nature des travaux demandés :

- Rechercher dans une documentation constructeur, un ensemble de matériels.
- Comprendre et respecter des normes.
- Élaborer des schémas de raccordement.
- Utiliser une notice de mise en service.
- Régler les paramètres des appareils.
- Représenter le graphe de fonctionnement du processus.
- Traiter et gérer les données.
- Concevoir les programmes.
- Établir une fiche d'utilisation ou de maintenance.

#### 3.3.7 Mise en forme du sujet :

Les sujets ne comporteront pas plus de quarante pages au format A4. Ils seront organisés en dossiers de telle sorte que les informations soient regroupées de façon claire.

#### 3.3.8 Dossier technique :

Il comporte la présentation du problème, la description du fonctionnement du système, la solution technique à concevoir et les différentes contraintes du projet.

#### 3.3.9 Dossier ressources :

Il comporte des extraits de documentations constructeur, des notices techniques, des résultats de logiciels de détermination d'actionneurs.

#### 3.3.10 Dossier questionnement :

Il comporte les enjeux à résoudre et les questions relatives au déroulement de l'étude. Les questions classées de manière chronologique dans différentes parties indépendantes amènent le candidat à construire une solution, mais aussi à vérifier si elle répond pleinement aux enjeux.

#### 3.3.11 Dossier documents réponses :

Il comporte les documents qui présentent une trame particulière, un début de graphique ou une présentation imposée (schémas, tableaux de réglage, programmes...).

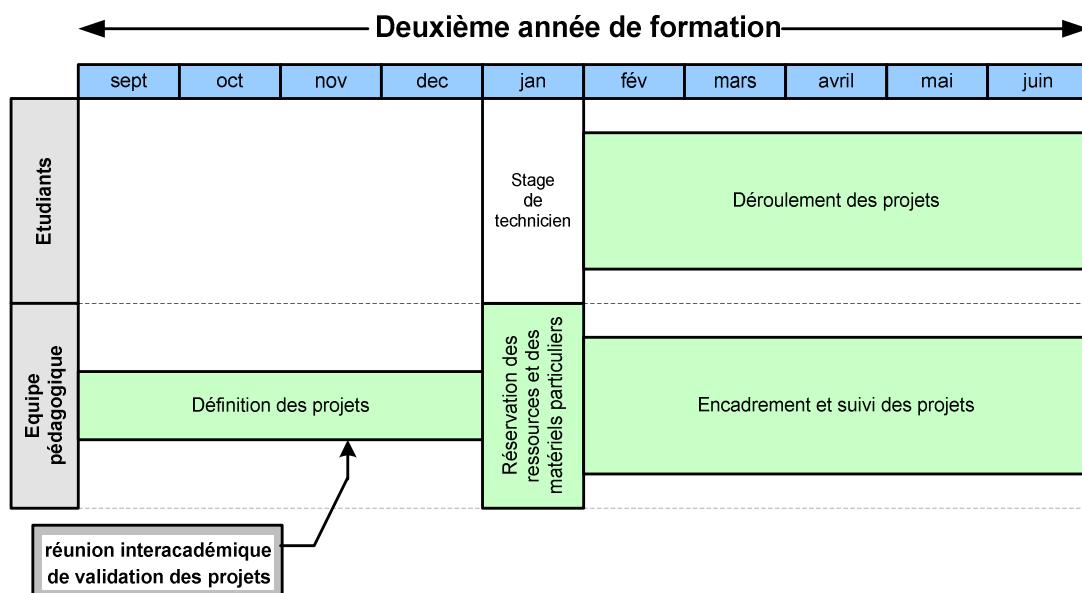
## 3.4 L'épreuve de projet technique industriel : épreuve E5

### 3.4.1 Support :

Le support du projet est une problématique définie par un cahier des charges issu des domaines de l'industrie, de l'habitat ou des services techniques. Il conduit les étudiants, en passant par quatre phases, à réaliser une démarche de projet sur un cas concret présentant des contraintes industrielles réelles. Afin de garantir la légitimité de ces contraintes et placer les étudiants devant des problèmes authentiques de gestion de groupe, les projets seront confiés à des groupes de 4 à 5 étudiants.

### 3.4.2 Répartition :

Les projets sont définis par l'équipe pédagogique dès le début du premier trimestre de la deuxième année, puis présentés lors d'une réunion interacadémique à la mi-novembre. La période de stage de technicien sera mise à profit par l'équipe pédagogique pour prendre contact et préparer le déroulement des projets auprès des différents partenaires. Se faisant, les ressources particulières et les matériels incontournables seront réservés ou commandés.



### 3.4.3 Conduite des projets :

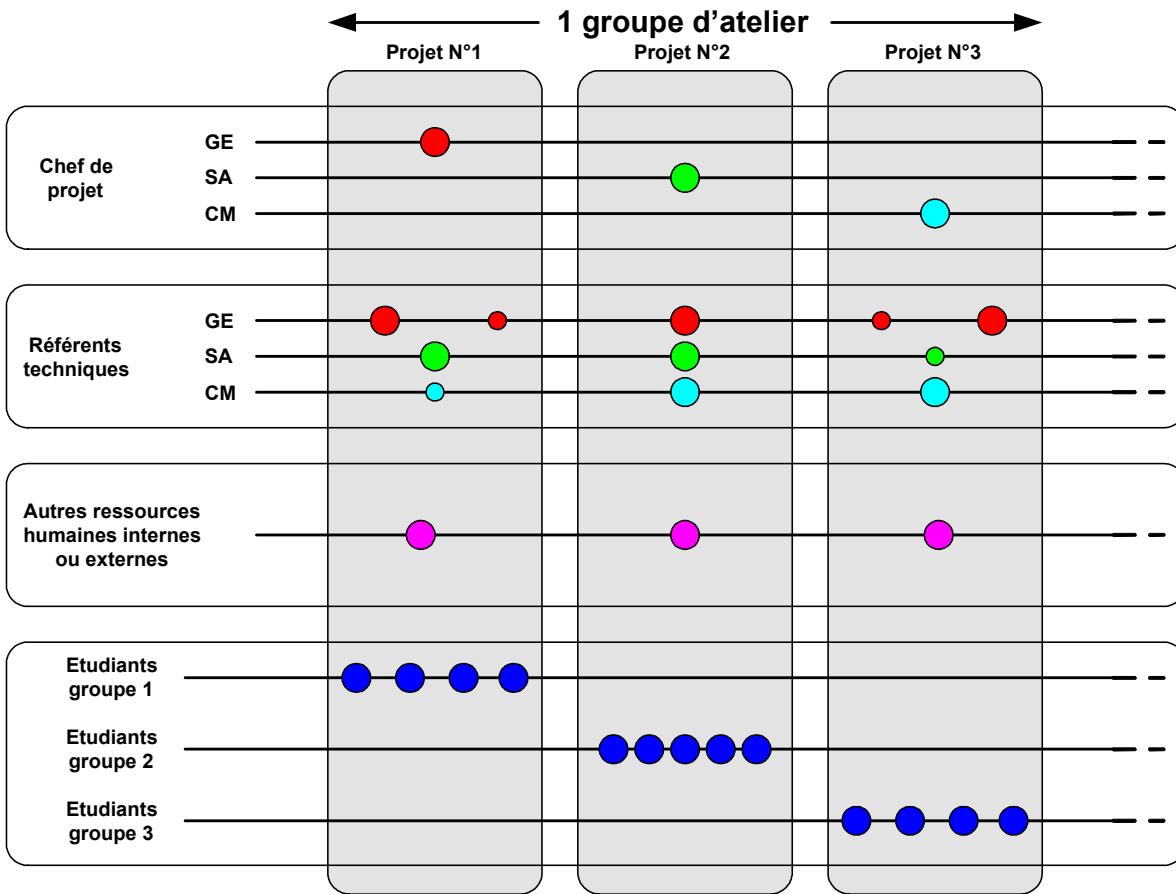
L'équipe pédagogique est composée de deux enseignants de génie électrique, d'un enseignant de sciences appliquées et d'un enseignant de construction mécanique. Le rôle de chaque enseignant devra être précisé dès la définition des projets.

### 3.4.4 Répartition des rôle et ressources humaines dans les projets :

Chaque projet est géré par un chef de projet membre de l'équipe pédagogique. Tous les membres de l'équipe pédagogique doivent avoir au moins un projet en responsabilité.

Selon l'importance et la complexité des domaines inclus dans les projets, les enseignants de l'équipe pédagogique apporteront un appui technique, auprès des étudiants, plus ou moins fort en tant que référent.

## Exemple de répartition des rôles et des ressources humaines dans les projets



N.B. : pour les référents techniques, chaque surface de cercle représente un exemple de degré d'implication dans les différents projets.

### 3.4.4.1 Le chef de projet :

Il est informé par les étudiants de l'avancement du projet. Il assure le bon déroulement et le suivi pédagogique en vue des différentes revues de projet et de l'évaluation finale. Il vérifie que les évolutions, ou modifications envisagées n'entraînent pas leur démarche.

Le chef de projet s'appuie sur les différents partenaires enseignants et industriels pour mettre en place des solutions de remplacements. Il n'a pas obligatoirement la charge de définir les nouvelles solutions mais doit s'assurer qu'elles existent et satisfont aux contraintes du cahier des charges fonctionnel.

### 3.4.4.2 Les référents techniques :

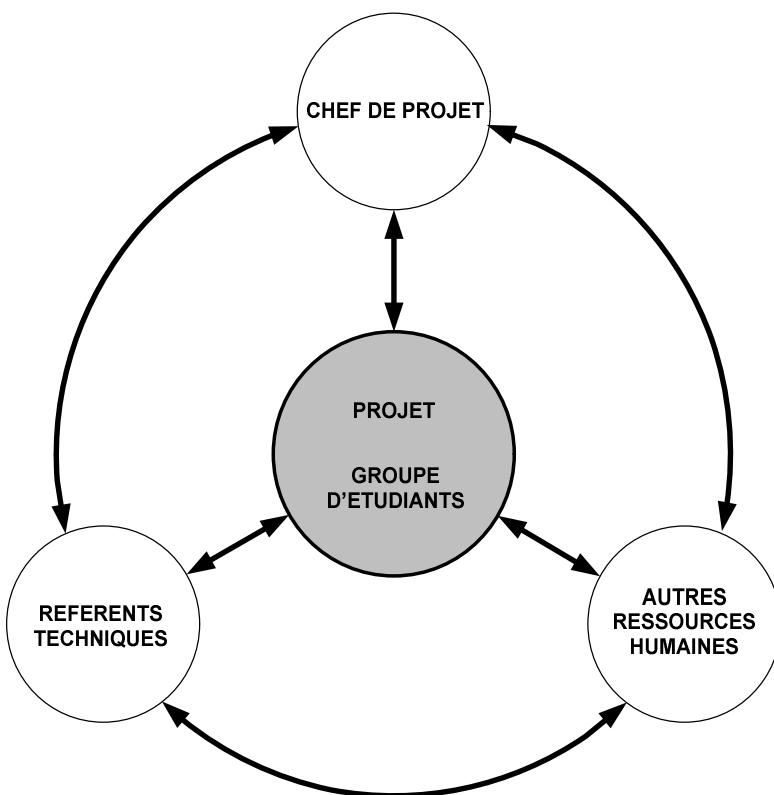
Ils conseillent, contrôlent, valident des tâches liées à leur domaine de compétence. Il est important que, dès la définition du projet, les tâches faisant appel aux sciences appliquées, au génie électrique ou à la construction soient précisées afin de définir le rôle de chacun. Il n'est pas demandé ici de définir des frontières mais d'établir une hiérarchisation des différents domaines de chaque projet.

### 3.4.4.3 Autres ressources humaines internes ou externes :

Chaque fois que cela est possible, il est fait appel à d'autres ressources pour la résolution de problèmes particuliers, la validation, le contrôle, la sous-traitance de certaines tâches. Ces ressources seront généralement issues de l'entreprise partenaire du projet.

### 3.4.4.4 Groupes d'étudiants :

Chaque groupe d'étudiant à la charge de mener à bien le projet qui lui est proposé selon les modalités et les répartitions présentées dans le dossier de validation de projet. Les étudiants font appel aux enseignants concernés selon les problèmes rencontrés.



### Interaction entre les différents acteurs du projet

#### 3.4.5 Validation des projets :

Un dossier est établi pour chaque projet afin de présenter le support de travail et les tâches à réaliser. Il servira de base de travail lors de la réunion inter académique de validation des projets.

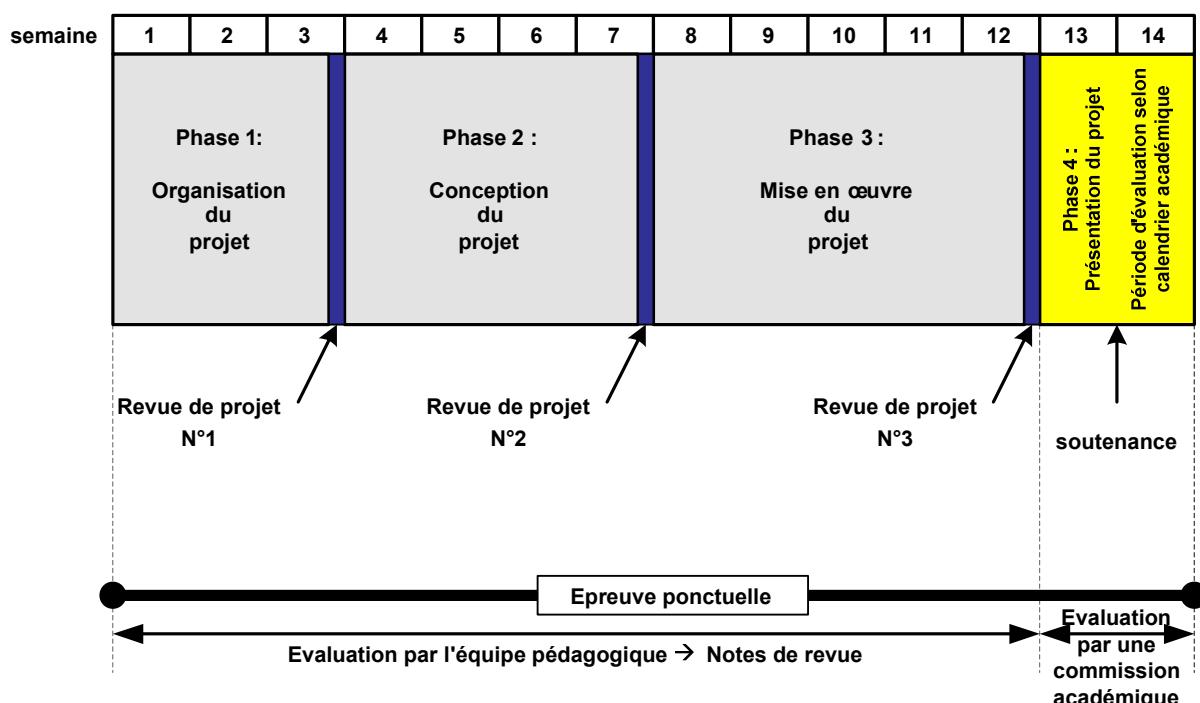
Un dossier comporte :

- une présentation du projet,
- la définition de la demande,
- un contrat individuel de tâches par étudiant.

Un contrat individuel de tâches définit le travail à réaliser par chaque étudiant. Il est organisé de manière à faire apparaître les tâches qui serviront de support d'évaluation lors des revues de projet (se référer au dossier des fiches d'évaluation pages 76 et suivantes).

### **3.4.6 Déroulement et évaluation du projet :**

Le déroulement du projet, d'une durée de 12 semaines, débute au retour du stage de technicien. Il est décomposé en quatre phases faisant chacune l'objet d'une évaluation. Les trois premières par l'intermédiaire de revues de projet et la dernière par une soutenance devant un jury.



## **Exemple de déroulement d'un projet**

Chaque phase est composée de tâches mettant en œuvre des compétences qui seront évaluées pendant **les revues de projet et la soutenance finale**.

- **Les revues de projet** sont organisées par l'équipe pédagogique. Elles consistent en un entretien avec les étudiants afin de vérifier si dans les activités proposées dans le contrat individuel de tâches, les objectifs sont atteints conformément aux critères d'évaluations. Il est à noter que l'évaluation d'une compétence n'est pas associée à un type d'enseignant, mais qu'elle résulte d'une concertation où chacun, à part égale, exprime son avis. Chaque revue de projet débouche sur une note individuelle de coefficient 1. Ces notes seront par la suite proposées au jury final à l'issue de la soutenance.
  - **La soutenance finale** s'effectue de manière individuelle devant une commission d'interrogation composée d'un enseignant de sciences appliquées, d'un enseignant de génie électrique tous deux extérieurs à l'établissement ainsi que d'un membre de la profession. Chacun des membres de la commission, et en particulier les enseignants de sciences appliquées et de génie électrique, intervient **à part égale** dans la notation. Un dossier, **n'excédant pas 30 pages plus 10 pages d'annexe**, décrivant la réalisation effectuée en cours d'année (pendant la période définie et pour la durée définie) servira de support à la soutenance.

L'épreuve E5 est une épreuve ponctuelle orale. La note finale est proposée à l'issue de la soutenance par la commission d'interrogation. Celle-ci prend en compte les notes des revues de projet en attribuant un coefficient de 1 à chacune d'entre elles et de 3 à la soutenance.

### 3.4.6.1 Phase 1 : organisation du projet :

#### Compétences :

- **C05** : Déterminer les ressources et les contraintes
- **C11** : Estimer les coûts prévisionnels
- **C15** : Estimer les délais de réalisation
- **C27** : Estimer les délais d'approvisionnement
- **C32** : Interpréter la demande du client

Tâches	Activités
Interpréter la demande du client	Comprendre l'objectif du projet. Apporter les éclaircissements nécessaires. Redéfinir certaines parties du cahier des charges en fonction des évolutions. Faire valider le cahier des charges.
Rechercher des solutions techniques compatibles avec le cahier des charges	Rechercher les solutions constructeurs proches de la demande. Rechercher des solutions dans les ressources internes. Définir les ressources nécessaires à l'élaboration de chaque solution. Choisir la solution la plus adaptée.
Estimer les coûts et les délais de réalisation de chaque solution	Demander des offres de prix auprès des fournisseurs. Chiffrer les recours à la sous traitance. Demander les délais d'approvisionnement. Estimer les durées d'étude, de réalisation et d'essais. Réaliser les bons de commande.
Planifier le projet	Ventiler le projet en différentes tâches. Positionner les tâches sur un planning en respectant toutes les contraintes.

### 3.4.6.2 Phase 2 : conception du projet :

#### Compétences :

- **C06** : Respecter une procédure
- **C10** : Réaliser les représentations graphiques nécessaires
- **C19** : Identifier les paramètres de réglage
- **C24** : Suivre la réalisation
- **C33** : Animer une réunion

Tâches	Activités
Étudier la solution technique	Rechercher les documentations techniques nécessaires. Concevoir les schémas développés et de réalisation. Concevoir les plans de l'installation et les schémas de raccordement. Définir l'organisation des programmes. Ecrire les programmes dans un langage approprié.
Déterminer les paramètres de réglages	Identifier les paramètres à régler. Rechercher par calcul ou simulation les valeurs des paramètres de réglages. Définir des méthodes de réglage sur site.
Réaliser le système	Concevoir le système, l'installation ou le produit conformément aux prescriptions du dossier de réalisation.
Organiser la réalisation	Suivre l'évolution de la réalisation par rapport au planning. Réceptionner le matériel. Suivre les évolutions des coûts et en particulier celles dues aux modifications. Mettre en place et participer à des réunions de suivi de travaux.

### 3.4.6.3 Phase 3 : mise en œuvre du projet

#### Compétences :

- C14 : Analyser les causes de dysfonctionnement
- C17 : Mettre en œuvre des moyens de mesurage
- C18 : Interpréter des indicateurs, des résultats de mesure et d'essais
- C20 : Régler les paramètres
- C21 : Réaliser un ouvrage, un équipement ou un produit

Tâches	Activités
Élaborer des procédures d'essais	Définir une procédure de première mise sous tension. Définir une chronologie des essais de qualification. Définir le contenu des essais partiels.
Réaliser des essais	Choisir le matériel de mesure adapté. Réaliser les essais en toute sécurité, conformément aux différentes procédures.
Interpréter les résultats	Confronter les résultats de mesure aux prévisions. Vérifier l'influence des paramètres de réglage. Modifier les paramètres en vue d'une nouvelle campagne de mesure.
Finaliser la réalisation	Assembler ou interconnecter les différentes parties de la réalisation. Vérifier le fonctionnement de l'ensemble, conformément au cahier des charges. Réaliser les essais de validation.

### 3.4.6.4 Phase 4 : présentation du projet

#### Compétences :

- C07 : Argumenter sur la solution technique retenue
- C09 : Élaborer les dossiers techniques
- C16 : Élaborer un support de formation

Tâches	Activités
Présenter la réalisation au client	Expliquer le fonctionnement de la réalisation. Justifier les choix réalisés. Présenter les essais de validation.
Élaborer les dossiers techniques	Présenter le contenu des dossiers de réalisation. Présenter les dossiers de mise en service et de maintenance.
Élaborer un support de formation	Présenter un support explicatif destiné aux opérateurs sur le fonctionnement du système, sa mise en service, son utilisation et sa maintenance.

### 3.4.7 Grilles d'évaluation :

Les grilles définissent des critères d'évaluation par rapport aux différentes tâches demandées. Le nombre de critères est donné à titre indicatif et peut évoluer en fonction des tâches définies pour chaque étudiant dans les contrats individuels de tâches (voir section 5.1).

### 3.4.8 Exemple de définition d'un projet : voir section 6.2

## 3.5 L'épreuve d'organisation de chantier : épreuve E61

### 3.5.1 Objectifs :

L'activité de chantier doit permettre d'apporter, aux étudiants, des compétences sur l'organisation (planification, suivi, maîtrise du triangle « coûts, qualité, temps ») et sur l'animation d'équipes.

### 3.5.2 Configuration :

- Une classe de 30 étudiants soit deux groupes de 15 étudiants maximum.
- Six chantiers soit 5 étudiants par chantier.

Les exemples de planning proposés par la suite ont été établis pour une configuration de 4 h de génie électrique le mardi (08 h 00 - 12 h 00) et de 4 h le jeudi (14 h 00 -18 h 00).

### 3.5.3 Déroulement du chantier :

#### Trois phases :

- **1<sup>ère</sup> phase** : organisation et planification du chantier ;
- **2<sup>ème</sup> phase** : pilotage et réalisation du chantier (réalisation effectuée par une autre équipe) ;
- **3<sup>ème</sup> phase** : réception et contrôle du chantier.

### 3.5.4 Compétences à évaluer :

- **C12** : Concevoir une procédure ;
- **C22** : Déterminer les différentes tâches ;
- **C23** : Planifier les tâches ;
- **C25** : Analyser un planning ;
- **C26** : Contrôler la conformité d'un produit ;
- **C29** : Exercer une responsabilité hiérarchique ;
- **C30** : Ordonnancer des interventions de maintenance ;
- **C31** : Intervenir sur une installation.

### 3.5.5 Liste des contraintes possibles pour un chantier :

#### Contraintes de santé, de sécurité et d'environnement :

- Travaux en hauteur ;
- Travaux en environnement extérieur (ou constraint : pharmacie, agro-alimentaire, etc.) ;
- Travaux dans un atelier de production.

#### Contraintes temporelles (calendrier) :

- Délai fixé pour une tâche ;
- Début d'une tâche à une date donnée ;
- Fin des travaux à une date donnée.

#### Contraintes matérielles :

- Disponibilité du matériel (équipement spécifique nécessaire à la réalisation d'une tâche) ;
- Quantité limitée du matériel.

#### Contraintes humaines :

- Qualification des intervenants ;
- Habilitation des intervenants ;
- Disponibilité des intervenants (calendrier par type d'intervenants).

### 3.5.6 Contraintes pédagogiques pour un chantier :

Les chantiers doivent pouvoir être reconduits sur plusieurs années sans demander de forts coûts supplémentaires ni un démantèlement fastidieux.

Les établissements s'attacheront à permettre une rotation des chantiers d'une année sur l'autre. Une liste de 6 chantiers minimum sera donc nécessaire. La première année du BTS rénové mettra en œuvre 6 chantiers, puis 3 autres l'année suivante.

***La richesse technique et technologique n'est pas l'élément prépondérant pour l'activité de chantier, par contre la diversité des moyens à mobiliser et des contraintes sont des facteurs primordiaux. Le scénario doit donc être très élaboré.***

- Le cahier des charges doit être établi de manière à ce qu'un chantier mal organisé ne puisse pas être convenablement réalisé.
- L'activité de chantier est le support d'une évaluation en cours de formation des compétences susvisées.

### 3.5.7 Chantiers proposés pour la première session d'examen :

#### a) Éclairage :

Mise en place d'un éclairage fluorescent dans une partie d'un local (exemple : atelier de productique) ceci suite à la modification de l'implantation du parc machine ou de l'activité.

**Contraintes** : travaux en hauteur, travaux dans un atelier de production, temporelles (calendrier), équipement spécifique nécessaire à la réalisation d'une tâche, qualification des intervenants, habilitation des intervenants, disponibilité des intervenants, etc.

**Remarque** : *l'investissement se fera essentiellement sur une année (voir deux années), les années suivantes le cahier des charges imposera de déplacer l'éclairage suite à la redistribution du parc de production et/ou de modifier le type d'éclairage, pour minimiser les coûts.*

**Chiffrage** : environ 600 euros

#### b) Distribution :

Mise en place d'un chemin de câble pour raccorder un équipement à un TGBT sous tension. Le chemin de câble permettra de faire cohabiter les courants forts et les courants faibles.

**Contraintes** : travaux en hauteur, travaux dans un atelier de production, temporelles (calendrier), équipement spécifique nécessaire à la réalisation d'une tâche, qualification des intervenants, habilitation des intervenants, disponibilité des intervenants, etc.

**Remarque** : *l'investissement se fera essentiellement sur une année (voir deux années), les années suivantes le cahier des charges imposera de déplacer le chemin de câbles suite à un changement d'équipement ou une modification de l'atelier.*

**Chiffrage** : environ 500 euros.

#### c) Distribution :

Remplacement d'une canalisation préfabriquée d'alimentation d'un parc machines. Mise en place de la nouvelle, transfert du raccordement des machines et dépose de l'ancienne canalisation.

**Contraintes** : travaux en hauteur, travaux dans un atelier de production, temporelles (calendrier), équipement spécifique nécessaire à la réalisation d'une tâche, qualification des intervenants, habilitation des intervenants, disponibilité des intervenants, etc.

**Remarque** : *l'investissement se fera essentiellement sur une année (voir deux années), les années suivantes le cahier des charges imposera de changer la canalisation préfabriquée installée.*

**Chiffrage** : environ 600 euros.

**d) Contrôle industriel :**

Ajout ou remplacement d'un départ moteur dans une armoire déjà équipée d'un ou d'autres départs. La première année, il s'agira d'équiper un nouveau départ sur la base d'un démarrage étoile - triangle, la deuxième année fera l'objet de son remplacement par un démarreur électronique. La troisième année, il s'agira de le remplacer par un variateur de vitesse, la quatrième année, le démontage de cette partie de l'équipement et ainsi de suite.

**Contraintes :** travaux dans un atelier de production, temporelles (calendrier), équipement spécifique nécessaire à la réalisation d'une tâche, qualification des intervenants, habilitation des intervenants, disponibilité des intervenants, etc.

**Remarque :** *l'investissement se fera essentiellement à partir de la deuxième année et pour deux ans (achat d'un démarreur puis d'un variateur de vitesse).*

**Chiffrage :** environ 1 000 euros.

**e) Contrôle industriel :**

Changement d'automate sur un équipement (la programmation du nouvel automate ne fait pas partie de l'activité de chantier).

**Contraintes :** travaux dans un atelier de production, temporelles (calendrier), équipement spécifique nécessaire à la réalisation d'une tâche, qualification des intervenants, habilitation des intervenants, disponibilité des intervenants, etc.

**Remarque :** *l'investissement se fera sur 1 an ou 2 ans. D'une année sur l'autre on changera d'automate.*

**Chiffrage :** environ 1 000 euros.

**f) Distribution :**

Changement de disjoncteurs et mise en place d'un dispositif de comptage d'énergie dans une armoire divisionnaire du secteur électrotechnique.

**Contraintes :** Travaux au voisinage de pièces nues sous tension, temporelles (calendrier, coupure limitée dans le temps), équipement spécifique nécessaire à la réalisation d'une tâche, qualification des intervenants, habilitation des intervenants, disponibilité des intervenants, etc.

**Remarques :** Le changement des disjoncteurs ainsi que la mise en place du dispositif de comptage se font hors tension (consignation partielle). L'armoire divisionnaire est une armoire à usage pédagogique.

**Chiffrage :** environ 1000 euros (hors coût de l'armoire divisionnaire existante).

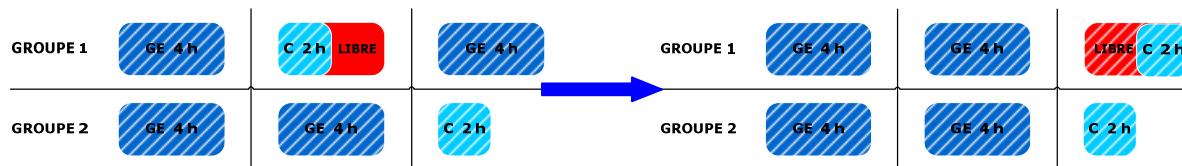
### 3.5.8 Organisation pédagogique :

L'activité d'organisation de chantier sera menée au 1<sup>er</sup> trimestre de 2<sup>nde</sup> année au rythme de 4 à 8 heures par semaine.

La phase d'apprentissage sera menée dès la rentrée de 2<sup>nde</sup> année de façon à pouvoir commencer la phase d'évaluation dès la rentrée des vacances de la Toussaint.

**→ L'emploi du temps mis en place en 2<sup>ème</sup> année de la section de technicien supérieur devra permettre aux deux groupes d'atelier d'être présent simultanément en enseignement de génie électrique pendant la période d'évaluation en contrôle en cours de formation de l'organisation de chantier (ceci autorisant et facilitant les regroupements d'étudiants ayant atteint le niveau requis pour être évalués).**

#### Exemple possible d'organisation :



##### 3.5.8.1 Phase d'apprentissage :

La phase d'apprentissage s'appuiera sur des exemples détaillés d'organisation de chantier.

###### 3.5.8.1.1 Préparation de la phase d'organisation et de planification du chantier :

Élaboration d'un planning prévisionnel, élaboration d'une demande de prix et de délais, attribution des ressources, prise en compte des délais. Utilisation d'un logiciel de planification. Préparation de l'activité chantier : Réception des constituants, préparation du matériel, préparation des consignes de sécurité, préparation des fiches de travaux par intervenants.

###### 3.5.8.1.2 Préparation de la phase de pilotage et de réalisation du chantier :

Mise à jour d'une planification, contrôle des écarts entre le réel et le prévisionnel, différentes actions possibles.

Élaboration d'une fiche recette pour la réception d'un chantier.

###### 3.5.8.2 Phase d'application (support pour l'évaluation) :

La phase d'application débutera à la rentrée des vacances de la Toussaint. L'équipe d'enseignants aura détecté les étudiants présentant des difficultés de façon à les placer dans le dernier groupe d'évaluation. Ceci permettra à ces mêmes élèves d'avoir un peu plus de recul sur l'activité de chantier.

###### 3.5.8.2.1 Phase d'organisation et de planification du chantier (durée 8 h) :

Élaboration du planning prévisionnel.

Estimation, attribution, répartition et réservation des ressources.

Élaboration des différentes fiches de travaux par intervenants.

Rédaction des consignes de sécurité.

**Compétences évaluées : C22, C23 et C25**

###### 3.5.8.2.2 Phase de pilotage et de réalisation du chantier (durée 8 h) :

Encadrement de la réalisation.

Transmission de consignes.

Mise à jour de la planification.

**Compétences évaluées : C12 et C29**

Nota : ce sont les étudiants d'un autre chantier, mené en parallèle, qui effectuent la réalisation (voir planning).

###### 3.5.8.2.3 Phase de réception du chantier :

Établir le bilan faisant apparaître les écarts de temps de réalisation et de qualité de la réalisation. Procéder à la réception de l'équipement suivant la procédure de réception.

**Compétences évaluées : C26, C30 et C31**

### 3.5.8.3 Phase d'évaluation :

L'évaluation sera effectuée à la fin de la réalisation du chantier durant les 4 heures réservées à la réception de chantier. Elle sera réalisée par 2 équipes de 2 enseignants de génie électrique de l'établissement. L'évaluation sera décomposée en deux parties :

3.5.8.3.1 **Une première partie** : durant laquelle le groupe de 5 étudiants (maximum pour un chantier) procèderont à la réception du chantier dans sa globalité. Elle permet de relever les écarts entre le cahier des charges et le produit livré. La durée de cette partie sera de 30 mn maximum. Durant cette partie, les étudiants présenteront les documents établis en commun à savoir le planning prévisionnel et la fiche recette complétée.

3.5.8.3.2 **Une seconde partie** : durant laquelle chaque étudiant présentera les résultats de son activité, la durée d'évaluation individuelle sera de 15 mn maximum par étudiant. Les éléments pris en compte dans cette évaluation seront les documents suivants :

- documents remis à la fin de la phase d'organisation et de planification du chantier :
  - le planning prévisionnel global du chantier,
  - le planning détaillé de l'étudiant pour sa phase de pilotage,
  - les fiches de réservation de matériel,
  - les fiches de travaux établies pour chaque « ouvrier »,
  - les consignes de sécurité,
  - la liste des constituants et des matériels préparés pour le chantier.
- documents remis à la fin de la phase de pilotage et de suivi de réalisation du chantier :
  - le planning actualisé,
  - la fiche bilan.

Nota : la compétence « exercer une responsabilité hiérarchique » sera évaluée en comparant le comportement de l'étudiant suivi par l'enseignant durant la phase de pilotage, et le bilan établi par l'étudiant sur le pilotage et l'avancement du chantier sous sa responsabilité.

### 3.5.9 Proposition de calendrier de la phase d'application de l'activité « organisation de chantier » :

Elle prend en compte la philosophie générale du contrôle en cours de formation :

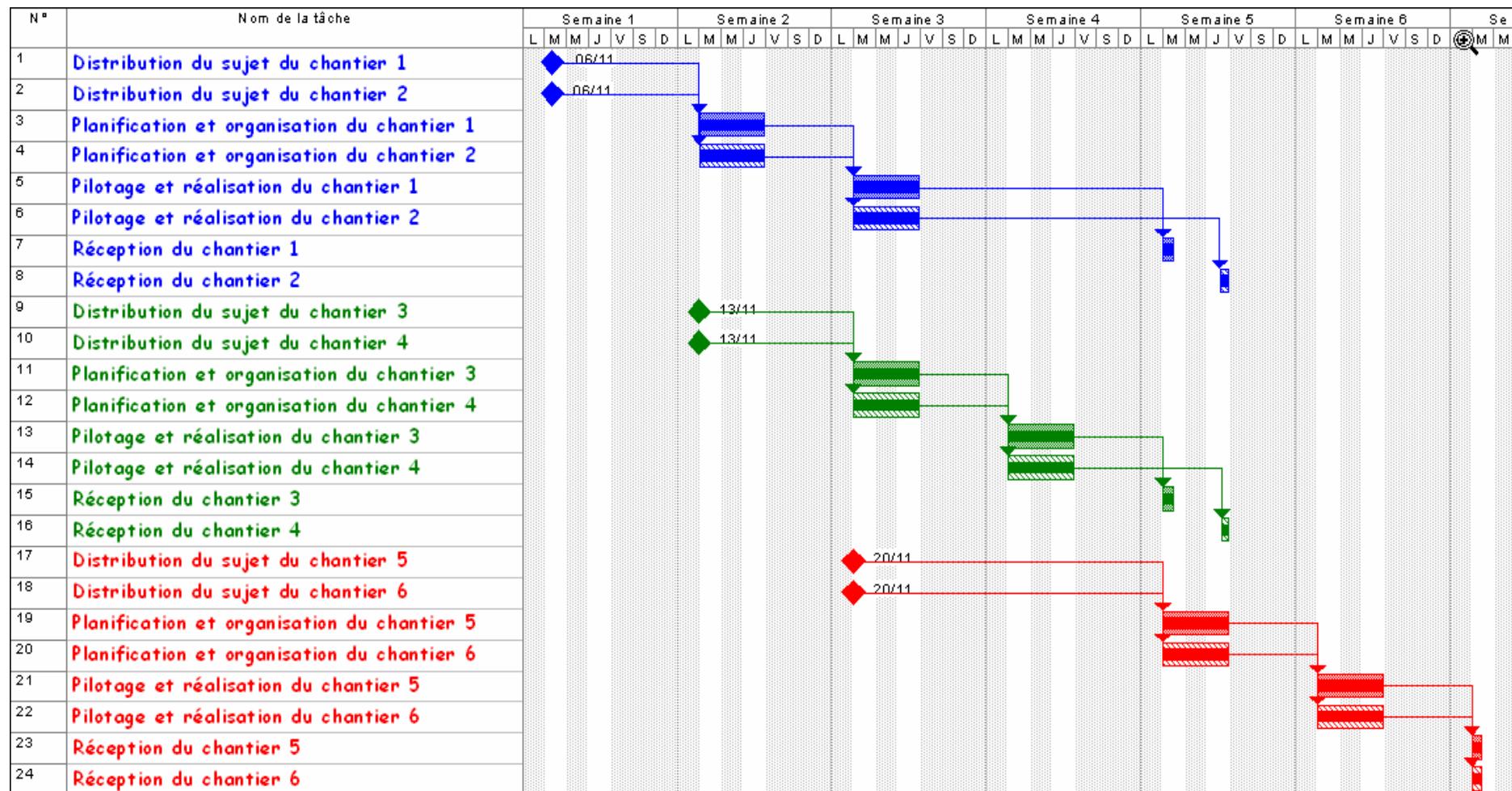
*il s'agit d'une évaluation certificative d'un ensemble de compétences terminales acquises en établissement et/ou en entreprise, réalisée par sondage et par les formateurs eux-mêmes, au moment où ils estiment que les apprenants ont le niveau requis ou ont bénéficié des apprentissages nécessaires et suffisants pour aborder une évaluation sommative et certificative.*

Mais aussi que :

- la durée de la phase d'application (support d'évaluation) ne doit pas excéder 20 h, ceci pour ne pas réduire, lors de la mise en place du contrôle en cours de formation, le temps de formation,
- l'organisation de la phase d'application impose que deux chantiers, au moins, soient menés en parallèle car la réalisation du premier chantier est effectuée par les étudiants du second chantier et vice versa.

## Exemple de calendrier de la phase d'application de l'activité « organisation de chantier »

### Calendrier des groupes 1 à 6 :



<b>EXEMPLE DE PILOTAGE DE LA PHASE D'APPLICATION DE L'ACTIVITE « ORGANISATION DE CHANTIER »</b>		<b>pilotage chantier 1</b>					<b>réalisation chantier 1</b>				
		<b>Etudiant 1</b>	<b>Etudiant 2</b>	<b>Etudiant 3</b>	<b>Etudiant 4</b>	<b>Etudiant 5</b>	<b>Etudiants du chantier 2</b>				
<b>séance 1</b>	heure 1		lancement								
	heure 2		pilotage				<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 9</b>	<b>Etudiant 10</b>	
	heure 3	<b>bilan</b>		transmission				<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 9</b>	<b>Etudiant 10</b>	
	heure 4		<b>pilotage</b>		transmission				<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 9</b>	<b>Etudiant 10</b>
	heure 1			transmission				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 9</b>	<b>Etudiant 10</b>
	heure 2			pilotage				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 10</b>
	heure 3			transmission				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 9</b>
	heure 4			pilotage				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 9</b>
<b>séance 2</b>	heure 1			transmission				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 9</b>	<b>Etudiant 10</b>
	heure 2			pilotage				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 10</b>
	heure 3			transmission				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	
	heure 4			pilotage				<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 9</b>

<b>EXEMPLE DE PILOTAGE DE LA PHASE D'APPLICATION DE L'ACTIVITE « ORGANISATION DE CHANTIER »</b>		<b>pilotage chantier 2</b>					<b>réalisation chantier 2</b>					
		<b>Etudiant 6</b>	<b>Etudiant 7</b>	<b>Etudiant 8</b>	<b>Etudiant 9</b>	<b>Etudiant 10</b>	<b>Etudiants du chantier 1</b>					
<b>séance 1</b>	heure 1					lancement						
	heure 2					pilotage					<b>Etudiant 2</b> <b>Etudiant 3</b> <b>Etudiant 4</b> <b>Etudiant 5</b>	
	heure 3	<b>bilan</b>						transmission				
	heure 4							pilotage				
								transmission				
<b>séance 2</b>	heure 1					pilotage					<b>Etudiant 1</b> <b>Etudiant 2</b>	<b>Etudiant 4</b> <b>Etudiant 5</b>
	heure 2					transmission					<b>Etudiant 1</b> <b>Etudiant 2</b>	<b>Etudiant 5</b>
	heure 3					pilotage					<b>Etudiant 1</b> <b>Etudiant 2</b> <b>Etudiant 3</b>	<b>Etudiant 5</b>
	heure 4					transmission					<b>Etudiant 1</b> <b>Etudiant 2</b> <b>Etudiant 3</b> <b>Etudiant 4</b>	
						pilotage						

### Exemple de fiche de convocation pour l'étudiant 1 :

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Epreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier :

### RÉALISATION DE CHANTIER

#### Étudiant 1

#### PHASE DE PILOTAGE ET DE RÉALISATION

#### CHANTIER 1

Jour	20-11-2007	Début	08h00	Fin	10h30
<b>Activités</b>	<b>Durée</b>	<b>Début</b>	<b>Fin</b>		
Lancement	25 mn	08 h 00	08 h 25		
Pilotage	75 mn	08 h 25	09 h 40		
Transmission	10 mn	09 h 40	09 h 50		
Bilan	40 mn	09 h 50	10 h 30		

#### OUVRIER

#### CHANTIER 2

Jour	20-11-2007	Début	10 h 30	Fin	12 h 00
Jour	22-11-2007	Début	14 h 00	Fin	17 h 20

#### 3.5.10 Exemple d'organisation de chantier : voir section 6.3

### 3.6 L'épreuve de rapport de stage de technicien en entreprise : épreuve E62

#### 3.6.1 Le stage de « technicien » en entreprise permet la participation à des activités « électrotechniques » telles que :

- L'étude technique et économique d'une affaire ou d'un projet ;
- La réalisation, l'exécution ou l'industrialisation d'un ouvrage, d'un équipement, d'un produit ou d'un moyen de production ;
- La planification, le suivi technique et la maîtrise des coûts d'une affaire ou d'un projet ;
- Les essais, la mise en service ou le contrôle d'un ouvrage, d'un équipement, d'un produit ou d'un moyen de production ;
- La maintenance ou le service après vente d'un ouvrage, d'un équipement, d'un produit ou d'un moyen de production ;
- Les relations clients - fournisseurs internes et externes.

#### 3.6.2 Le choix de l'entreprise correspondant à l'un des profils de stage ci-dessus est placé sous la responsabilité de l'établissement d'inscription de l'étudiant.

#### 3.6.3 La sous épreuve E6.2, « stage de technicien » en entreprise, permet de vérifier l'aptitude du candidat à :

- Rédiger un document de synthèse (C04) ;
- Communiquer de façon adaptée à la situation (C28).

Compétences	Tâches
Rédiger un document de synthèse (C04)	<p><b>T1.1</b> Analyser les cahiers des charges et les appels d'offres.</p> <p><b>T1.5</b> Élaborer une offre adaptée (chiffrage et devis) au cahier des charges en déterminant les moyens d'exécutions prévisionnels.</p> <p><b>T1.8</b> Répondre à un besoin de formation.</p> <p><b>T2.3</b> Pour la partie électrique, régler les paramètres des procédés et mettre au point le processus de fabrication.</p> <p><b>T2.6</b> Appliquer les textes administratifs et réglementaires.</p> <p><b>T3.2</b> Assurer le suivi de l'ensemble du cycle d'achat depuis la prescription.</p> <p><b>T3.3</b> Organiser l'ordonnancement, la logistique et la gestion des flux de matière d'œuvre, à partir des prévisions de commande et des moyens matériels disponibles.</p> <p><b>T3.4</b> Préparer, planifier l'intervention sur un chantier, une installation ou un équipement.</p> <p><b>T3.5</b> Suivre les coûts, les délais et la qualité de réalisation, dans le cadre d'une gestion de projet.</p> <p><b>T3.6</b> Rechercher et décider du recours à la sous-traitance.</p> <p><b>T3.7</b> Fournir un appui technique aux opérateurs de maintenance.</p> <p><b>T5.1</b> Contrôler la conformité d'un produit ou d'un travail réalisé et mettre en place des actions correctives.</p> <p><b>T5.2</b> Suivre les indicateurs d'assurance « qualité » d'un approvisionnement de composants ou de constituants de base.</p> <p><b>T5.3</b> Réaliser les essais et les mesures nécessaires à la qualification d'un ouvrage, d'un équipement, d'un produit ou d'un moyen de production.</p> <p><b>T5.4</b> Effectuer la mise en service dans le respect des règles de sécurité.</p> <p><b>T6.2</b> Réaliser les réglages, corrections, expertises et dépannages sur une installation.</p> <p><b>T7.5</b> Former le client à la prise en main et au dépannage de premier niveau de son installation.</p>
Communiquer de façon adaptée à la situation (C28)	<p><b>T3.7</b> Fournir un appui technique aux opérateurs de maintenance</p> <p><b>T4.3</b> Animer des groupes de travail dans le cadre d'une procédure « qualité »</p> <p><b>T4.4</b> Accueillir les intervenants sur le chantier en appliquant les règles d'hygiène et de sécurité</p> <p><b>T5.5</b> Procéder à la réception avec le client</p> <p><b>T7.1</b> Conseiller techniquement le client ou l'orienter vers l'interlocuteur approprié</p> <p><b>T7.4</b> Informer le client sur l'état d'avancement des travaux</p> <p><b>T7.5</b> Former le client à la prise en main et au dépannage de premier niveau de son installation</p> <p><b>T7.6</b> Animer des réunions ou intervenir dans des conférences techniques</p>

#### 3.6.4 Le rapport écrit d'un maximum de 10 pages porte sur :

- Les objectifs du stage ;
- La description et l'organisation des tâches effectuées ;
- La justification des moyens mis en œuvre ;
- L'analyse des solutions retenues ;
- La ou les propositions(s) d'amélioration.

#### 3.6.5 Grille d'évaluation : voir section 5.3

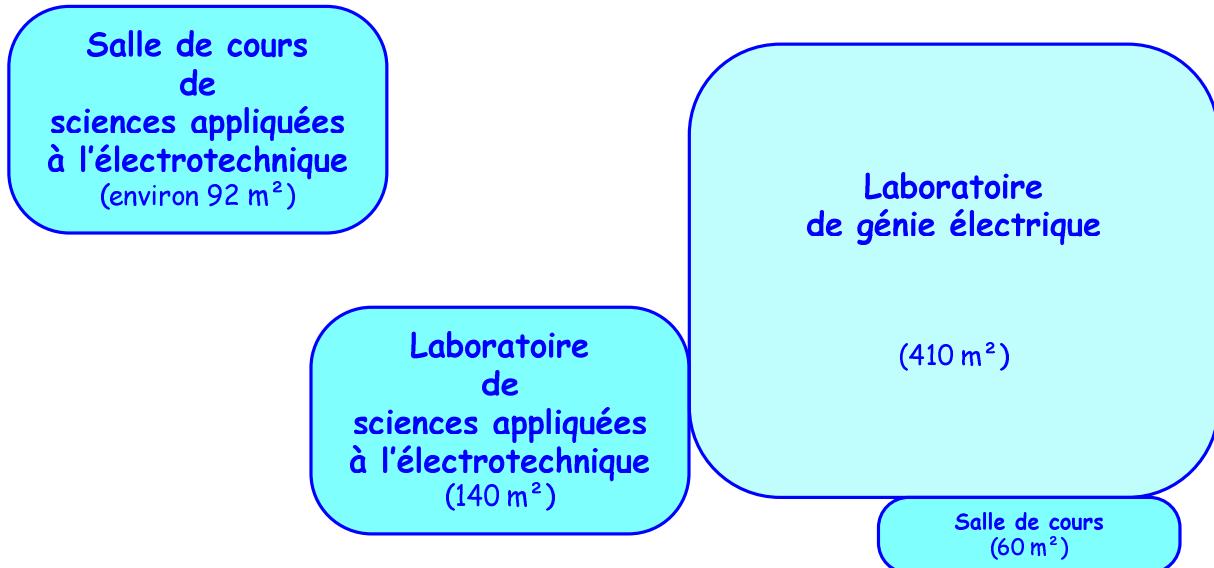
## **4 Les espaces d'enseignements et les équipements :**

### **4.1 Les espaces d'enseignement**

La stratégie pédagogique mise en place dans le brevet de technicien supérieur électrotechnique repose sur un enseignement fédérateur : **les essais de systèmes**.

Les systèmes permettent la mise en œuvre des approches complémentaires et convergentes des sciences appliquées, du génie électrique et de la construction appliquée à l'électrotechnique.

La structure des espaces spécialisés d'enseignement en découle directement.



#### **4.1.1 Le laboratoire de génie électrique (voir document technique 7.1) :**

Ce laboratoire est réservé aux enseignements techniques de BTS électrotechnique pour des raisons de sécurité électrique. D'une surface de **410 m<sup>2</sup>**, il est divisé en plusieurs espaces. :

##### **4.1.1.1 L'espace « essais de systèmes » (180 m<sup>2</sup>) :**

Dimensionnement : 30 étudiants, 1 enseignant de génie électrique et 1 enseignant de sciences appliquées, pour les enseignements d'essais de systèmes.

##### **4.1.1.2 L'espace « modélisation » (60 m<sup>2</sup>) :**

Dimensionnement : 24 étudiants, pour tous les enseignements de construction, de génie électrique et d'essais de systèmes.

##### **4.1.1.3 L'espace « génie électrique » (100 m<sup>2</sup>) :**

Dimensionnement : 15 étudiants, 1 enseignant de génie électrique, pour les enseignements de génie électrique.

##### **4.1.1.4 L'espace « concertation » (génie électrique, sciences appliquées, construction) (20 m<sup>2</sup>) :**

Il sert aux enseignants pour les préparations et les réunions.

##### **4.1.1.5 L'espace « magasin + prototypes » (50 m<sup>2</sup>) :**

Il sert aux étudiants pour réaliser des prototypes ou des pièces pour leurs projets et de magasin.

#### **4.1.2 Les salles de sciences appliquées (voir document technique 7.2) :**

##### **4.1.2.1 Les salles de sciences appliquées :**

###### **4.1.2.1.1 La salle de cours pour 30 étudiants (92 m<sup>2</sup> environ).**

Elle est située dans le secteur scientifique de l'établissement

###### **4.1.2.1.2 Le laboratoire de sciences appliquées à l'électrotechnique pour 15 étudiants (116 m<sup>2</sup>).**

Il est situé à proximité du laboratoire de génie électrique

###### **4.1.2.2 La salle de préparation et de rangement (24 m<sup>2</sup>).**

Elle est adjacente au laboratoire de sciences appliquées à l'électrotechnique.

## 4.2 Les équipements recommandés

### 4.2.1 Les systèmes :

Les systèmes, plus quelques systèmes communicants délocalisés : équipements de servitude (compresseur, climatisation centrale, etc.), gestion technique centralisée (chauffage, éclairage, alarme, etc.), comptage d'énergie, etc., doivent permettre la mise en œuvre des thèmes préconisés pour les essais de systèmes :

- La mise en service d'un ouvrage, d'un système ou d'un équipement ;
- La distribution de l'énergie électrique ;
- Le comportement des charges mécaniques ;
- Les procédés de transformation de l'énergie ;
- La réversibilité énergétique ;
- Le dimensionnement énergétique des systèmes embarqués ou autonomes ;
- La qualité de l'énergie électrique ;
- L'asservissement et la régulation ;
- La communication.

**NOTA 1 : certains systèmes devront permettre la formation à l'habilitation électrique** (travail au voisinage, énergie résiduelle entre autre).

**NOTA 2 : des systèmes locaux devront être communicants.** A cet effet, une liaison ADSL rapide devra être disponible dans l'espace système.

On privilégiera des systèmes modernes dont les composantes principales de commande et puissance sont en phase de commercialisation, équipés d'organe de communication lorsque le procédé et les contraintes d'exploitation le justifient.

Pour ce qui est des procédés de transformation de l'énergie électrique, on n'oubliera pas les énergies dites renouvelables.

Cela peut être, par exemple, pour les procédés de transformation d'énergie :

- conversion « énergie hydraulique → énergie électrique » : une centrale au fil de l'eau ;
- conversion « énergie aéraulique → énergie électrique » : une éolienne ;
- conversion « énergie solaire → énergie électrique » : la conversion photovoltaïque ;
- 

Ces systèmes, en vraie grandeur, donc éventuellement déportés, seront nécessairement communicants.

### 4.2.2 Les procédés et sous systèmes, dérivés des systèmes présents en essais de systèmes, pour l'espace « génie électrique » :

Les procédés et mallettes dédiées doivent permettre la mise en œuvre des enseignements :

- de construction des structures matérielles appliquée à l'électrotechnique ;
- de génie électrique.

### 4.2.3 Les matériels de mesure des grandeurs électriques et grandeurs physiques caractéristiques de l'environnement :

On choisira des appareils portables et autonomes permettant la communication et donc la mémorisation des mesures sur ordinateur pour une exploitation ultérieure de celles-ci.

### 4.2.4 Les matériels de sécurité :

désignation	quantité
Équipement protection individuel (E.P.I.)	10
Équipement individuel de sécurité (E.I.S.)	10
Équipement collectif de sécurité (E.C.S.)	1
Kit de mise à la terre (consignation)	1

#### 4.2.5 Les matériels informatiques :

L'ensemble des ordinateurs devra travailler en réseau et accéder ainsi aux bases de données communes.

**Ce réseau devra être ouvert sur l'extérieur par une liaison à haut débit.**

Il est prévu une seule imprimante professeur, placée dans l'espace « concertation » accessible de l'ensemble des points d'accès du réseau.

Il est prévu 2 imprimantes étudiants, l'une placée dans l'espace « essais de systèmes », l'autre dans l'espace « modélisation ». Elles sont accessibles de l'ensemble des points d'accès du réseau.

Suivant l'équipement de l'établissement, ce réseau s'appuiera sur le réseau pédagogique de l'établissement ou constituera, à défaut, un réseau propre au laboratoire « génie électrique ». Dans ce dernier cas, il faudra rajouter un **serveur réseau** aux équipements de l'espace « concertation ». Ce serveur devra être dimensionné pour accueillir l'ensemble des bases de données mentionnées plus bas.

#### 4.2.6 Les logiciels :

On privilégiera l'achat de logiciels en licence établissements. Ils seront tous susceptibles d'être utilisés en réseau.

Il s'agira de logiciels professionnels aptes à préparer nos étudiants à une insertion rapide dans les entreprises de la filière.

Sans être exhaustifs, on peut citer à minima les logiciels suivants :

- ↳ suite bureautique complète (traitement de texte, tableur, outil de présentation, outil de gestion de messagerie, gestion de base de donnée),
- ↳ logiciel de simulation et modélisation,
- ↳ logiciel d'analyse des coûts,
- ↳ logiciel de gestion de projet,
- ↳ logiciel d'éco-bilan,
- ↳ logiciel permettant l'étude des plans d'expérience,
- ↳ logiciels de projets d'éclairage (intérieurs, extérieurs, sportifs),
- ↳ logiciel de chiffrage d'installation avec bases de données des prix constructeurs,
- ↳ logiciel de DAO et CAO mécanique (modeleur volumique),
- ↳ logiciel de DAO et CAO électrique,
- ↳ logiciels de programmation d'automates (générique et propres aux constructeurs),
- ↳ logiciel dédié à l'exploitation des acquisitions de mesures,

Les bases de données des prix constructeurs, **actualisées**, seront mises en ligne à la disposition des étudiants, il en sera de même des catalogues constructeurs.

## **5    Fiches d'évaluation :**

## 5.1 Épreuve de projet technique industriel (épreuve E5) :

<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b> Session : ..... Centre d'examen : .....		<b>Épreuve E5</b> <b>PROJET TECHNIQUE INDUSTRIEL</b>		Nom : ..... Prénom : .....
Titre :				<b>Note :</b> /20
<b>Revue N°1</b> <b>Organisation du projet</b>		<b>Compétences évaluées</b>		Équipe pédagogique Nom ..... signature
<b>C32</b> : Interpréter la demande du client <b>C05</b> : Déterminer les ressources et les contraintes <b>C11</b> : Estimer les coûts prévisionnels		<b>C27</b> : Estimer les délais d'approvisionnement <b>C15</b> : Estimer les délais de réalisation		
Tâches		<b>Critères d'évaluation</b>		<b>note</b>
Interpréter la demande du client		Le but du projet est nettement identifié  Un synoptique ou un croquis du projet a été clairement représenté  Les explications données sont claires, les commentaires permettent une compréhension aisée de la demande		/10
Déterminer les ressources et les contraintes		Une ou plusieurs solutions technologiques conformes à la demande sont présentées  Des ressources humaines sont envisagées et déterminées (aides extérieures sur des sujets non maîtrisés)  Des ressources matérielles sont envisagées et déterminées (sous-traitance, matériels particuliers)		/8
Estimer les coûts prévisionnels		Le matériel principal nécessaire à la réalisation est correctement déterminé  Les références du matériel sont déterminées convenablement  Le coût du matériel et des ressources est estimé (offre de prix, devis, prix catalogue)		/8
Estimer les délais d'approvisionnement		Les délais de livraison sont déterminés  L'approvisionnement matériel est planifié		/4
Estimer les délais de réalisation		Les différentes tâches du projet sont listées  La durée de chaque tâche est estimée  Le planning des tâches est correctement établi et montre celles qui sont simultanément réalisables  Les tâches sont correctement réparties et présentent l'organisation du travail de chacun		/10

<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b> Session : ..... Centre d'examen : .....		<b>Épreuve E5 PROJET TECHNIQUE INDUSTRIEL</b> Titre : .....	Nom : ..... Prénom : .....
		Note : /20	
<b>Revue N°2 Conception du projet</b>		<b>Compétences évaluées</b> <b>C06</b> : Respecter une procédure <b>C10</b> : Réaliser les représentations graphiques nécessaires <b>C19</b> : Identifier les paramètres de réglage	
		Équipe pédagogique Nom _____ signature _____	
Tâches		Critères d'évaluation	note
Respecter une procédure	<b>C06</b>	La procédure de réception du matériel est respectée Le matériel reçu est vérifié conformément à une procédure d'assurance qualité Le travail à réaliser est vérifié et validé pour exécution	/6
Réaliser les représentations graphiques nécessaires	<b>C10</b>	Les symboles utilisés dans les représentations graphiques sont conformes aux normes en vigueur Les schémas électriques réalisés sont fonctionnels Les dossiers d'exécution ou de réalisation sont clairement représentés Les graphiques représentant l'organisation des programmes sont clairs et fonctionnels	/11
Identifier les paramètres de réglage	<b>C19</b>	Les paramètres à régler sur les appareils par le technicien sont définis Les paramètres de mise au point du système sont définis L'influence des paramètres sur le système est déterminée	/11
Suivre la réalisation	<b>C24</b>	Les tâches sont réalisées dans l'ordre conformément au planning Les causes de non respect du planning sont analysées et le planning est ajusté en conséquence Les difficultés technologiques sont analysées. Des solutions de remplacement ou d'évolution sont envisagées.	/6
Animer une réunion	<b>C33</b>	L'avancé des travaux de chacun est connue de toute l'équipe Les modifications de conception sont faites en accord avec toute l'équipe Les mises à jour du planning sont réalisées en commun	/6

<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b> Session : ..... Centre d'examen : .....		<b>Épreuve E5</b> <b>PROJET TECHNIQUE INDUSTRIEL</b>		Nom : ..... Prénom : .....
		Titre :		<b>Note :</b> /20
<b>Revue N°3</b> <b>Mise en œuvre du projet</b>	<b>Compétences évaluées</b>			Équipe pédagogique Nom _____ signature _____
	C14 : Analyser les causes de dysfonctionnement C17 : Mettre en œuvre des moyens de mesurage C18 : Interpréter des indicateurs, des résultats de mesure et d'essais	C20 : Régler les paramètres C21 : Réaliser un ouvrage, un équipement ou un produit		
Tâches		Critères d'évaluation		note
Réaliser un ouvrage, un équipement ou un produit	<b>C21</b>	La réalisation est faite dans le respect des règles de l'art		/10
		La réalisation est conforme au dossier de fabrication, ou les modifications apportées sont justifiées.		
		Les normes sont respectées		
		La partie réalisée est fonctionnelle		
Mettre en œuvre des moyens de mesurage	<b>C17</b>	Le choix des grandeurs à mesurer est approprié au fonctionnement à valider		/10
		Le matériel choisi pour faire les mesures est adapté		
		Les mesures sont faites en toute sécurité		
		Le réglage des appareils est adapté aux grandeurs à mesurer		
Interpréter des indicateurs, des résultats de mesure et d'essais	<b>C18</b>	Les résultats sont correctement commentés		/10
		L'analyse des résultats de mesures permet de valider ou invalider un fonctionnement		
		L'influence des paramètres est démontrée		
Analyser les causes de dysfonctionnement	<b>C14</b>	Le mauvais fonctionnement d'un ensemble est expliqué et justifié		/4
		Les imperfections de fonctionnement sont analysées		
Régler les paramètres	<b>C20</b>	Les paramètres sont réglés dans des conditions qui limitent les risques pour les personnes et le matériel		/6
		La procédure d'accès aux paramètres est maîtrisée		
		Les valeurs des paramètres de réglage sont prédéterminées		

<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>		<b>Épreuve E5 PROJET TECHNIQUE INDUSTRIEL</b>		Nom : .....	
Session : .....		Titre :		Prénom : .....	
Centre d'examen : .....				<b>Note finale :</b> /20	
<b>Présentation du projet</b>	<b>Compétences évaluées</b>		<b>Jury</b>		
	<b>C07</b> : Argumenter sur la solution technique retenue		Nom	signature	
	<b>C09</b> : Élaborer les dossiers techniques				
	<b>C16</b> : Élaborer un support de formation				
<b>Tâches</b>		<b>Critères d'évaluation</b>			
Élaborer les dossiers techniques		<b>C09</b>	Le dossier est bien organisé et permet une recherche aisée de l'information		/12
			Le dossier contient toutes les informations nécessaires à la compréhension, à la mise en service et à la maintenance du système		
			Les informations sont compréhensibles et présentées dans un langage compatible avec les utilisateurs		
Argumenter sur la solution technique retenue		<b>C07</b>	Les choix réalisés sont clairement développés et justifiés		/30
			La mise en service et le fonctionnement du système sont expliqués		
			Les caractéristiques finales obtenues sont présentées et s'appuient sur des essais		
			Les différences éventuelles par rapport au cahier des charges sont expliquées		
			Les réponses aux questions sont claires et en rapport avec la demande		
Présenter une affaire à un auditoire		<b>C16</b>	Le discours est audible et dans un langage approprié		/18
			Un plan de l'exposé est présenté et respecté		
			Le comportement est respectueux de l'auditoire et le tient en attention		
			Les supports audiovisuels sont de qualité et utilisés à bon escient		

Académie :	<b>BTS ELECTROTECHNIQUE</b>		Établissement :
Session :			
<b>Épreuve E5</b> <b>Projet technique industriel</b>		<b>DOSSIER PROJET</b>	
Équipe pédagogique : Souligner le nom du chef de projet - - -	Titre :		
Partenaires du projet :	Nombre d'étudiants :		
Montant estimé du projet :	Source de financement :		
<p>Typologie du projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Construction ou rénovation d'un système inclus dans une chaîne de fabrication.</li> <li><input type="checkbox"/> Construction ou rénovation d'une machine de production.</li> <li><input type="checkbox"/> Conception ou modification d'une installation électrique d'une infrastructure.</li> <li><input type="checkbox"/> Conception ou modification d'une installation électrique d'un bâtiment tertiaire ou industriel.</li> <li><input type="checkbox"/> Conception ou amélioration d'un produit de consommation.</li> <li><input type="checkbox"/> Élaboration ou amélioration de services.</li> </ul>			
<p>Présentation du projet :</p>         			
<p>Le projet est :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <input type="checkbox"/> Accepté      <input type="checkbox"/> Accepté sous réserves      <input type="checkbox"/> Refusé       </div>			
<p>Recommandations (en cas de réserves ou de refus) :</p>         			
Date :		Les IA-IPR :	

## DÉFINITION DE LA DEMANDE

**Objectif du projet :**

- *Identification de la valeur ajoutée.*
- *Enjeux.*

**Synoptique du projet :**

- *Identification des procédés et de leurs agencements.*
- *Description du ou des processus.*

**Cahier des charges :**

<b>CONTRAT INDIVIDUEL DES TÂCHES</b>		Étudiant :					
<b>TÂCHES PROPOSÉES</b>		Compétences mises en œuvre					
Organisation du projet :		C05	C11	C15	C27	C32	
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
Conception du projet :		C06	C10	C19	C24	C33	
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
Mise en œuvre du projet :		C14	C17	C18	C20	C21	
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							

## 5.2 Organisation de chantier (épreuve E61) :

### B.T.S. ÉLECTROTECHNIQUE

Session :

Académie :

Nom et prénom du candidat :

Établissement :

### LIVRET D'ÉVALUATION DE L'ÉPREUVE E61

#### « Organisation de Chantier »

Dénomination du chantier :

Description du chantier

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier :

## Organisation et planification du chantier (CCF 1)

Organisation et planification du chantier	
Tâches professionnelles	T3.1 : Programmer et assurer le suivi de la réalisation de prototypes et d'essais
	T3.2 : Assurer le suivi de l'ensemble du cycle achat-vente, depuis la prescription jusqu'à la facturation
	T3.3 : Organiser l'ordonnancement, la logistique et la gestion des flux de matière d'œuvre, à partir des prévisions de commande et des moyens matériels disponibles
	T3.4 : Préparer, planifier l'intervention sur un chantier, une installation ou un équipement
	T3.5 : Suivre les coûts, les délais et la qualité de réalisation, dans le cadre d'une gestion de projet
	T3.6 : Rechercher et décider du recours à la sous-traitance
	T4.1 : Assurer une responsabilité hiérarchique dans le cadre d'un projet ou d'une réalisation
	T6.1 : Organiser des interventions de maintenance, locales ou à distances
Compétences associées	T7.4 : Informer le client sur l'état d'avancement des travaux
	C22 <input type="checkbox"/> Déterminer les différentes tâches
	C23 <input type="checkbox"/> Planifier les tâches
	C25 <input type="checkbox"/> Analyser un planning

### Élaboration du planning prévisionnel

Documents d'évaluation : planning prévisionnel global et individuel, fiche de réservation de matériels

Activités	Critères d'évaluation	Appréciation			
		A	B	C	D
Découpage du chantier en tâches	Le découpage est cohérent				
Planification des tâches	L'ordonnancement des tâches est correct				
Estimation des durées par tâche	Les durées estimées permettent de respecter les délais de réalisation				
Affectation des ressources	La répartition des ressources est appropriée				

### APPRÉCIATIONS

Nom des professeurs :	Note intermédiaire : /20
-----------------------	--------------------------

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier :

## Pilotage et réalisation du chantier (CCF 2)

Pilotage et réalisation du chantier		
Tâches professionnelles		T1.4 : Réaliser les dossiers techniques de fabrication et d'exécution de chantier
T4.1 : Assurer une responsabilité hiérarchique dans le cadre d'un projet ou d'une réalisation		
T6.1 : Organiser des interventions de maintenance, locales ou à distances		
Compétences associées	<input type="checkbox"/> C12 <input type="checkbox"/> C29	Concevoir une procédure  Exercer une responsabilité hiérarchique

### Élaboration des procédures

Documents d'évaluation : fiches de travaux, consignes de sécurité, liste du matériel nécessaire au chantier

Activités	Critères d'évaluation	Appréciation			
		A	B	C	D
Réservation du matériel	Les fiches de réservation sont correctement établies				
Prise en compte de la sécurité	Les consignes de sécurité sont établies pour chaque intervenant				
Contrôle des constituants	Les constituants sont contrôlés et répertoriés				
Élaboration des fiches de travaux	Les fiches de travaux sont établies pour chaque intervenant				

### Animation du chantier

Documents d'évaluation : planning réactualisé, bilan personnel

Activités	Critères d'évaluation	Appréciation			
		A	B	C	D
Encadrement du chantier	Les consignes de sécurité sont respectées				
Suivi de la qualité des travaux	Les travaux sont réalisés suivant les règles de l'art				
Suivi de l'avancement du chantier	La mise à jour du planning est effectuée				
Transmission des consignes	Les consignes aux exécutants sont énoncées, claires et respectées				

## APPRÉCIATIONS

Nom des professeurs :	Note intermédiaire : /20
-----------------------	--------------------------

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier :

### Réception et contrôle du chantier (CCF 3)

<b>Réception et contrôle du chantier</b>		
Tâches professionnelles	T3.2 : Assurer le suivi de l'ensemble du cycle achat-vente, depuis la prescription jusqu'à la facturation	
	T3.5 : Suivre les coûts, les délais et la qualité de réalisation, dans le cadre d'une gestion de projet	
	T6.1 : Organiser des interventions de maintenance, locales ou à distances	
	T6.2 : Réaliser les réglages, corrections expertises et dépannages sur une installation	
Compétences associées	C26 <input type="checkbox"/>	Contrôler la conformité d'un produit
	C30 <input type="checkbox"/>	Ordonnancer des opérations de maintenance
	C31 <input type="checkbox"/>	Intervenir sur une installation

### Réception et contrôle du chantier

Documents d'évaluation : fiche recette

Activités	Critères d'évaluation	Appréciation			
		A	B	C	D
Mise en service	La mise en service est réalisée en sécurité				
Contrôle de la réalisation finale	La réalisation est conforme aux exigences du cahier des charges				
Contrôle de la conformité	Les écarts sont clairement notés et commentés				
Réception du chantier	La procédure de réception est respectée				

### APPRÉCIATIONS

--

### APPRÉCIATION GÉNÉRALE

--

<b>Nom des professeurs :</b>	<b>Note :</b>	<b>/20</b>
------------------------------	---------------	------------

### 5.3 Rapport de stage de technicien en entreprise (épreuve E62) :

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation</i> <i>Épreuve E62 « Rapport de stage de technicien en entreprise »</i>		<i>Dénomination de l'entreprise :</i>

<b>Rapport de stage de technicien en entreprise</b>		
<b>Tâches Professionnelles (1)</b>	<input type="checkbox"/> T1.1 Analyser les cahiers des charges et les appels d'offres	
	<input type="checkbox"/> T1.5 Élaborer une offre adaptée (chiffrage et devis) au cahier des charges en déterminant les moyens d'exécutions prévisionnels	
	<input type="checkbox"/> T1.8 Répondre à un besoin de formation	
	<input type="checkbox"/> T2.3 Pour la partie électrique, régler les paramètres des procédés et mettre au point le processus de fabrication	
	<input type="checkbox"/> T2.6 Appliquer les textes administratifs et réglementaires	
	<input type="checkbox"/> T3.2 Assurer le suivi de l'ensemble du cycle d'achat depuis la prescription	
	<input type="checkbox"/> T3.3 Organiser l'ordonnancement, la logistique et la gestion des flux de matière d'œuvre, à partir des prévisions de commande et des moyens matériels disponibles	
	<input type="checkbox"/> T3.4 Préparer, planifier l'intervention sur un chantier, une installation ou un équipement	
	<input type="checkbox"/> T3.5 Suivre les coûts, les délais et la qualité de réalisation, dans le cadre d'une gestion de projet	
	<input type="checkbox"/> T3.6 Rechercher et décider du recours à la sous-traitance	
	<input type="checkbox"/> T3.7 Fournir un appui technique aux opérateurs de maintenance	
	<input type="checkbox"/> T4.3 Animer des groupes de travail dans le cadre d'une procédure « qualité »	
	<input type="checkbox"/> T4.4 Accueillir les intervenants sur le chantier en appliquant les règles d'hygiène et de sécurité	
	<input type="checkbox"/> T5.1 Contrôler la conformité d'un produit ou d'un travail réalisé et mettre en place des actions correctives	
	<input type="checkbox"/> T5.2 Suivre les indicateurs d'assurance « qualité » d'un approvisionnement de composants ou de constituants de base	
	<input type="checkbox"/> T5.3 Réaliser les essais et les mesures nécessaires à la qualification d'un ouvrage, d'un équipement, d'un produit ou d'un moyen de production	
	<input type="checkbox"/> T5.4 Effectuer la mise en service dans le respect des règles de sécurité	
	<input type="checkbox"/> T5.5 Procéder à la réception avec le client	
	<input type="checkbox"/> T6.2 Réaliser les réglages, corrections, expertises et dépannages sur une installation	
	<input type="checkbox"/> T7.1 Conseiller techniquement le client ou l'orienter vers l'interlocuteur approprié	
	<input type="checkbox"/> T7.4 Informer le client sur l'état d'avancement des travaux	
	<input type="checkbox"/> T7.5 Former le client à la prise en main et au dépannage de premier niveau de son installation	
	<input type="checkbox"/> T7.6 Animer des réunions ou intervenir dans des conférences techniques	
	Compétences associées	<input checked="" type="checkbox"/> C04 Rédiger un document de synthèse
		<input checked="" type="checkbox"/> C28 Communiquer de façon adaptée à la situation

Critères d'évaluation	Appréciation			
	A	B	C	D
Le document est bien organisé et permet une recherche aisée de l'information				
Le document contient toutes les informations nécessaires à la compréhension				
Les informations sont compréhensibles et synthétiques				
Le discours est audible et dans un langage approprié				
Un plan de l'exposé est présenté et respecté				
Le comportement est respectueux de l'auditoire et le tient en attention				
Les supports audiovisuels sont de qualités et utilisés à bon escient				

### APPRÉCIATIONS

Nom du tuteur et du professeur :	Note : /20
----------------------------------	------------

(1) Le tuteur, en accord avec le stagiaire, sélectionnera les tâches professionnelles correspondant au profil du stage de technicien en entreprise.

## **6    Sujets zéro :**

## 6.1 Étude d'un système technique industriel (épreuve E4) :

# BTS ÉLECTROTECHNIQUE

## SUJET 0

### ÉPREUVE E4.1

#### Étude d'un système technique industriel : Pré étude et modélisation

---

## CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE

#### Compétences concernées :

- C03 : Analyser une solution technique
- C02 : Choisir une solution technique

#### Composition du sujet :

- Présentation de la centrale hydroélectrique
- Partie A : Étude hydraulique
  - o A1 : Étude de la conduite
  - o A2 : Détermination de la puissance hydraulique disponible
- Partie B : Étude de l'alternateur
  - o B1 : Étude de l'alternateur couplé au réseau
  - o B2 : Étude de l'excitation
- Partie C : Étude de l'alimentation électrique du site « départ conduite »
  - o C1 : Étude de la solution 1 : ligne directe sous 400 V
  - o C2 : Étude de la solution 2 : de l'ensemble « transformateur T1-ligne -transformateur T2 »
  - o C3 : Conclusion

## Présentation de la centrale hydroélectrique

Cette centrale située en moyenne montagne utilise une conduite forcée. La centrale fonctionne au fil de l'eau, ce qui signifie qu'il n'y a pas de barrage. Le débit absorbé par la conduite de la centrale doit être ajusté en permanence au débit de la rivière. L'eau est dérivée de la rivière pour être dirigée vers la centrale, puis retourne à une cote inférieure à la rivière par un canal de fuite. Entre le point de prélèvement et celui de restitution de l'eau, un débit réservé doit être maintenu en permanence afin de ne jamais assécher le lit de la rivière.

Grandeurs caractéristiques :

Accélération de la pesanteur :  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1\,000 \text{ kg.m}^{-3}$

Altitude prise d'eau : 361 m

Altitude siphon : 365 m

Altitude turbines : 250 m

Altitude de restitution : 248 m

Longueur conduite :

Prise d'eau → siphon : 50 m

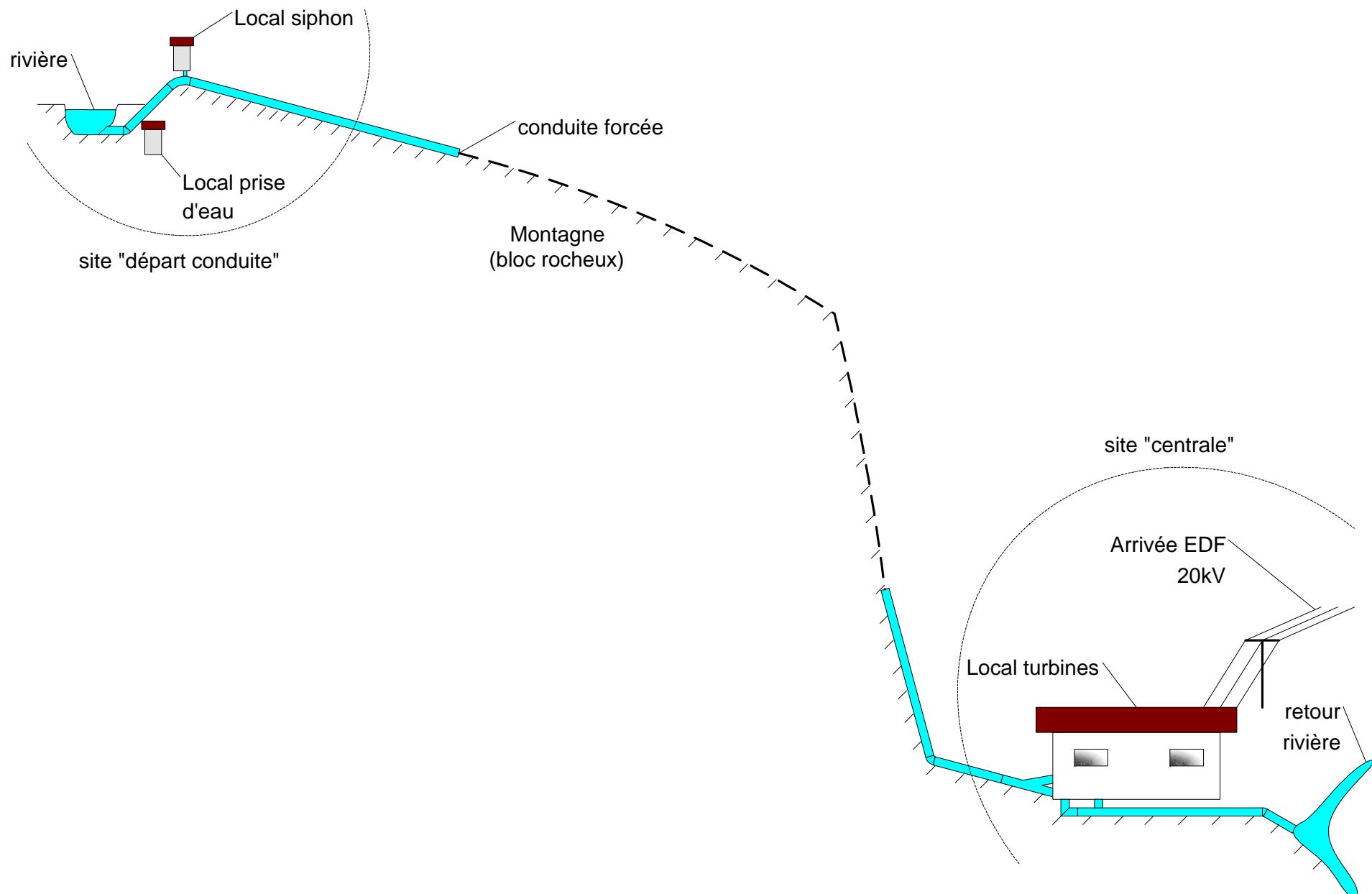
Siphon → turbines : 1 200 m

Diamètre de la conduite :  $D_c = 1,4 \text{ m}$

Débit maximum rivière :  $Q_{r\max} = 5,5 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Débit réservé (débit minimum de la rivière après la prise d'eau) :  $Q_{rr} = 0,5 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Volume annuel turbinable :  $V_{at} = 52 \text{ millions de m}^3$



## Partie A : Étude hydraulique

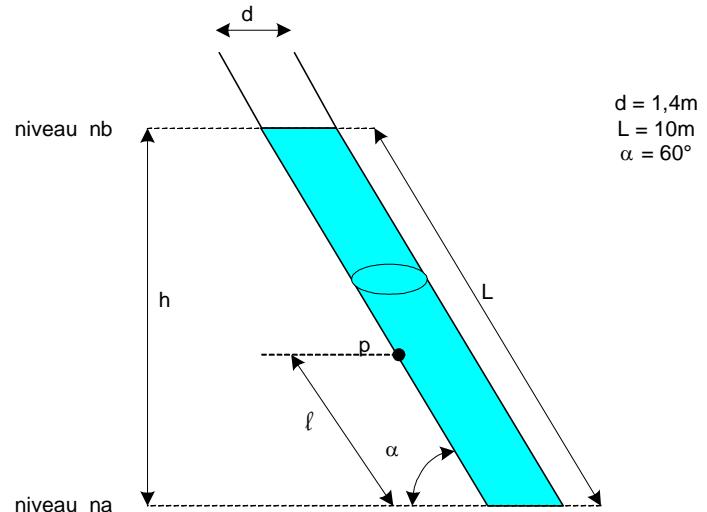
### A1 : Étude de la conduite en régime statique

La pression atmosphérique  $P_a$  est prise comme référence et constante quelle que soit l'altitude. Les pressions calculées sont relatives à cette pression.

Un segment de la conduite est présenté ci-dessous. Le sommet du tube est ouvert alors que la base est fermée.

**A1-1.** Calculer la valeur  $P_{na}$  de la pression située au niveau  $n_a$ .

**A1-2.** Exprimer la relation de la pression  $P_p$  qui s'exerce en un point  $p$  de la paroi du tube, en fonction de l'angle  $\alpha$  et de la longueur  $l$ .



Un schéma simplifié de la conduite de la centrale est donné ci dessous. Le tube est ouvert au niveau  $n_2$  et fermé au niveau  $n_1$ .

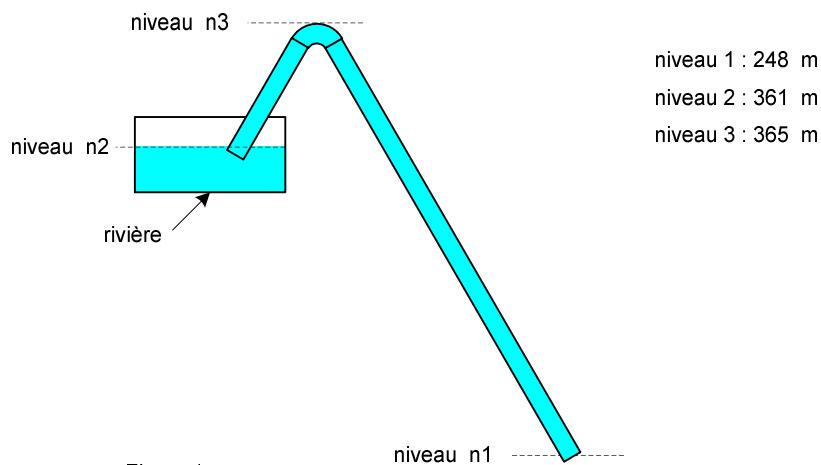


Figure 1

**A1-3.** Calculer la différence de pression  $\Delta p_{13}$  entre le niveau 1 et le niveau 3.

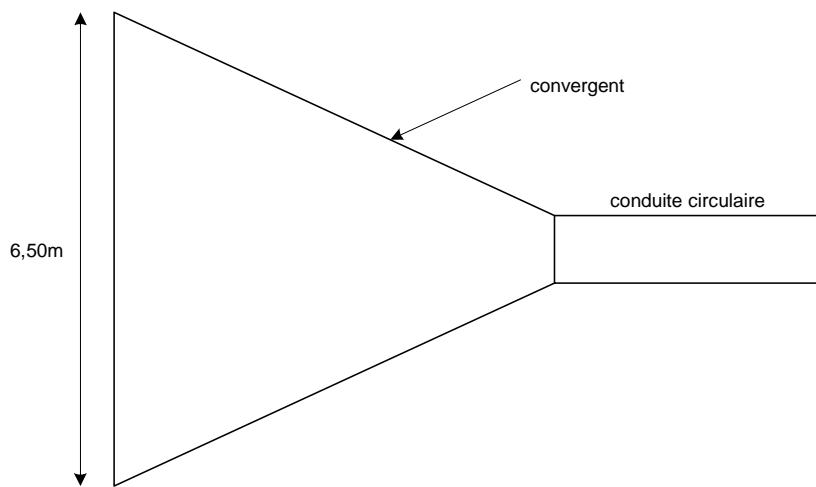
**A1-4.** Calculer la différence de pression  $\Delta p_{23}$  entre le niveau 2 et le niveau 3.

**A1-5.** Calculer la valeur de la pression relative  $P_{n1}$  de l'eau au niveau 1.

**A1-6.** Représenter sur votre copie, la figure 1 et préciser les zones où la conduite est en surpression et celles où elle est en dépression.

## A2 : Détermination de la puissance hydraulique disponible

Au niveau de la prise d'eau, la conduite est raccordée à un convergent dont l'embouchure à une forme rectangulaire d'une largeur de 6,50 m et d'une hauteur de 0,7 m



On rappelle que l'équation de Bernoulli peut s'écrire sous la forme :

$$\rho \frac{v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot z + p = cte \text{ (exprimée en J.m}^{-3}\text{).}$$

Pour le calcul des hauteurs z, le niveau de restitution n<sub>1</sub> est considéré comme le niveau zéro.

$$z_1 = 0 ; z_2 = 113 \text{ m} ; z_3 = 117 \text{ m}.$$

Les pertes de charge linéaires p<sub>cl</sub> sont considérées constantes et estimées à 2,2 mm d'eau par mètre de conduite.

Pour le débit maximal de la rivière :

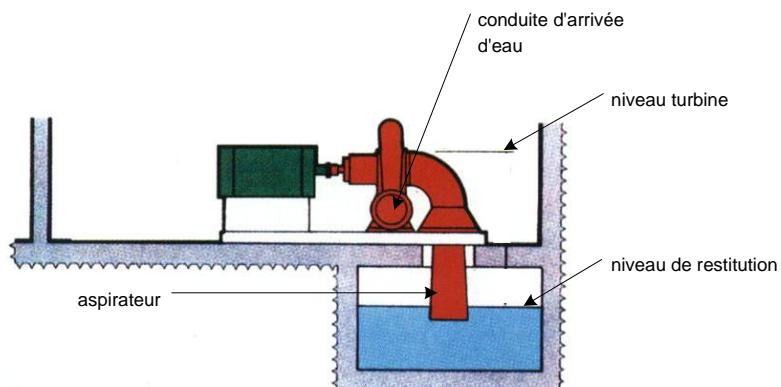
**A2-1.** Calculer la vitesse de l'eau v<sub>ec</sub> à l'entrée du convergent.

**A2-2.** Calculer l'énergie volumique E<sub>e</sub> disponible au niveau de la rivière à l'entrée du convergent.

**A2-3.** Calculer les pertes d'énergie volumique E<sub>p</sub> engendrées par la conduite.

On considère dans un premier temps que la centrale est équipée d'une seule turbine raccordée à la conduite selon le dessin ci-contre.

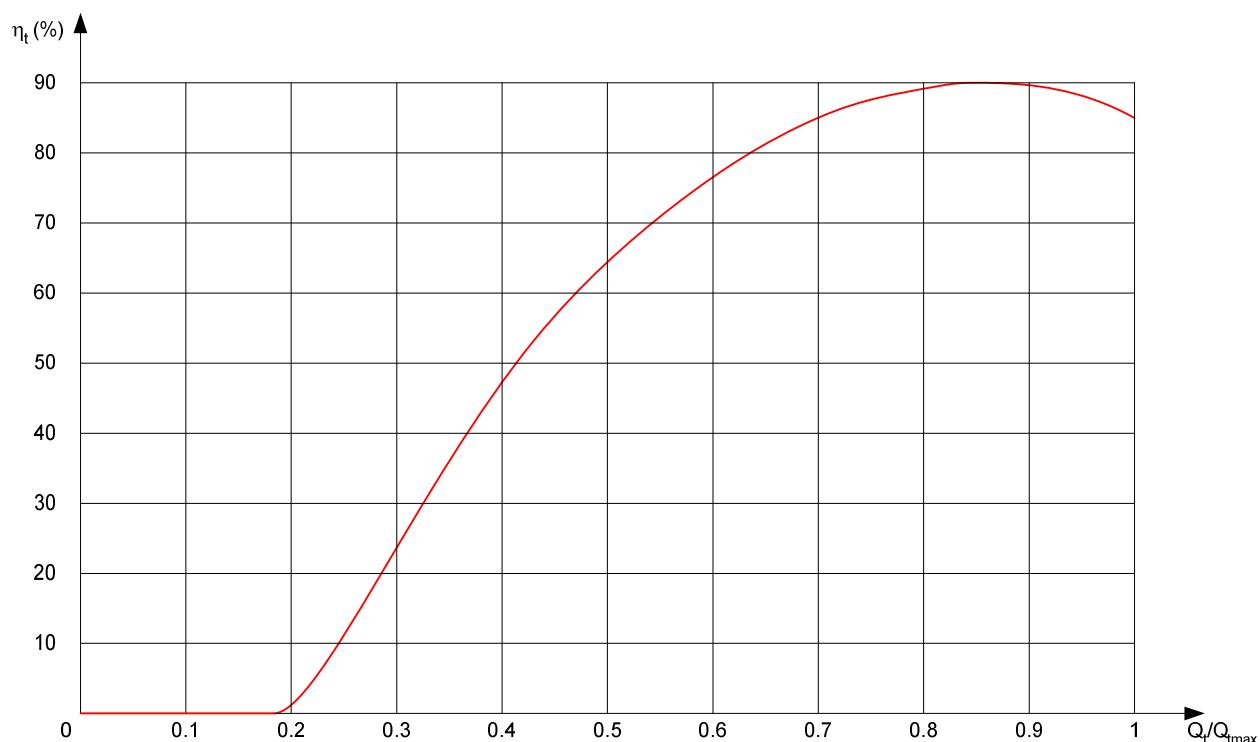
L'aspirateur a un diamètre D<sub>a</sub> de 3m au niveau de restitution.



- A2-4.** Calculer la vitesse de l'eau  $v_{es}$  à la sortie de l'aspirateur
- A2-5.** Calculer l'énergie volumique  $E_s$  à la sortie de l'aspirateur
- A2-6.** En déduire la puissance hydraulique  $P_h$  de la turbine
- A2-7.** Calculer l'énergie hydraulique  $W_h$  disponible sur une année en kWh.

Dans la réalité, la conduite se scinde en deux pour alimenter deux turbines acceptant unitairement un débit maximum  $Q_{tmax}$  de  $3 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ . Lorsque ces deux turbines fonctionnent simultanément, la puissance hydraulique est répartie de manière égale sur chacune d'entre elles.

Le rendement d'une turbine  $\eta_t$  en fonction du débit  $Q_t$  est présenté ci-dessous.

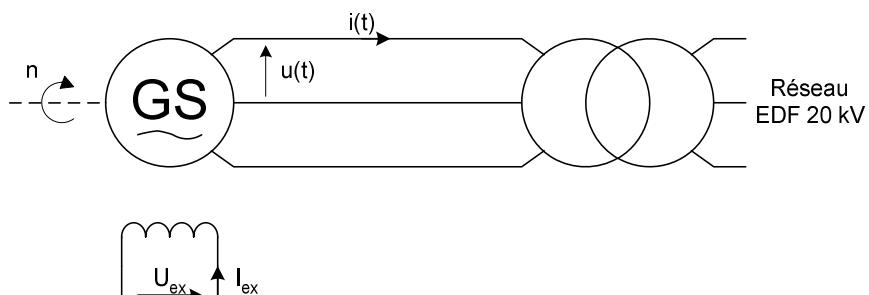


On fera l'hypothèse pour la suite du problème que les énergies volumiques d'entrée  $E_e$ , de sortie  $E_s$  et de pertes  $E_p$ , sont constantes quel que soit le débit.

- A2-8.** Sur le document réponse DR1, compléter le tableau en calculant les puissances hydraulique  $P_h$  et mécaniques  $P_{mT1}$  (turbine 1),  $P_{mT2}$  (turbine 2) et  $P_{mT}$  (totale).
- A2-9.** Représenter sur le document réponse DR1 la puissance mécanique totale en fonction du débit de la rivière.
- A2-10.** Quel est l'intérêt de placer deux turbines alors que financièrement le coût matériel est beaucoup plus élevé ?

## Partie B : Étude de l'alternateur

Chaque turbine est accouplée à un alternateur triphasé raccordé au réseau EDF 20kV-50Hz par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur.



Les alternateurs ont comme caractéristiques :

Tension nominale entre phases :  $U_n = 6,6 \text{ kV}$  -  $f = 50\text{Hz}$

Puissance apparente utile nominale :  $S_n = 3 \text{ MVA}$

Fréquence de rotation nominale :  $n_n = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$

Courant d'excitation maximal :  $I_{ex\max} = 20 \text{ A}$

Couplage des enroulements statoriques : étoile

La résistance des enroulements statoriques est négligée

Essai à vide : pour  $n = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$ , on obtient la relation :  $E_V = 300.I_{ex}$

avec :  $E_V$  valeur efficace de la tension simple à vide

$I_{ex}$  intensité du courant d'excitation

Essai en court-circuit : pour  $n = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$ , on obtient la relation  $I_{cc} = 170.I_{ex}$ .

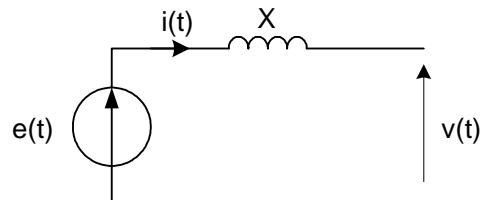
### B1 : Étude de l'alternateur couplé au réseau

**B1-1** : Calculs préliminaires :

**B1-1-1**. Calculer le nombre  $p$  de paires de pôles.

**B1-1-2**. Calculer la valeur efficace  $I_n$  de l'intensité nominale.

**B1-1-3**. Le schéma équivalent d'une phase de la machine est donnée ci-contre. Calculer la valeur  $X$  de la réactance synchrone d'une phase de l'alternateur.



**B1-2** : Le contrat du producteur précise que chaque alternateur doit pouvoir à tout moment, fournir au réseau une puissance réactive  $Q_{al}$  telle que  $\tan\phi = 0,49$ .

Pour une puissance électrique fournie de  $P_{al} = 2,25 \text{ MW}$  :

**B1-2-1**. Calculer le facteur de puissance  $f_p$ .

**B1-2-2**. Calculer la valeur efficace  $I$  du courant débité  $i(t)$ .

**B1-2-3**. Représenter le diagramme de Fresnel (ou diagramme bipolaire) des tensions (on pourra prendre une échelle de 250 V par cm).

**B1-2-4**. La machine est-elle sur-excitée ou sous-excitée ? Justifier.

**B1-2-5**. Calculer la fem  $E$  et en déduire le courant d'excitation  $I_{ex}$ .

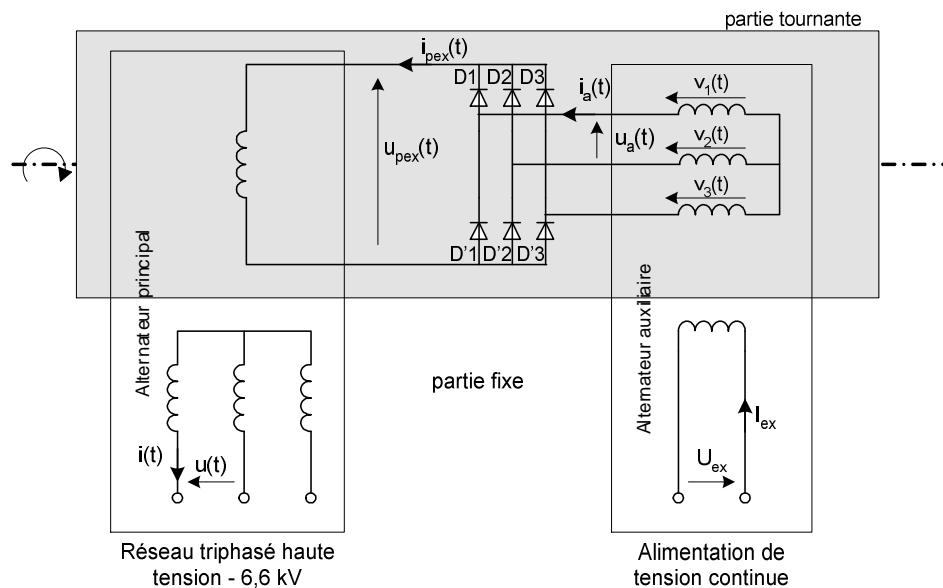
**B1-2-6**. Donner la valeur de l'angle de décalage interne  $\theta$ .

**B1-2-7**. Calculer le rendement  $\eta_a$  de l'alternateur, sachant que l'ensemble des pertes vaut  $P_t = 0,25 \text{ MW}$ .

**B1-2-8**. Préciser l'origine de ces pertes.

## B2 : Étude de l'excitation

L'excitation de l'alternateur est réalisée selon le montage de la figure ci-dessous.



L'inducteur de l'alternateur principal a pour caractéristiques :  $R = 0,9 \Omega$  et  $L = 0,05 \text{ H}$ .  
L'alternateur auxiliaire comporte 9 paires de pôles.

### B2-1 : Étude préliminaire :

**B2-1-1.** Préciser dans quelle partie, fixe ou tournante, se situe l'induit de l'alternateur principal et celui de l'alternateur auxiliaire.

**B2-1-2.** Préciser les avantages de cette structure par rapport à un alternateur comportant un seul induit et un seul inducteur.

**B2-1-3.** Lorsque l'arbre de la machine tourne à  $1000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ , calculer la fréquence  $f_a$  des tensions induites dans l'alternateur auxiliaire.

### B2-2 : Étude du pont PD3 à diodes :

**B2-2-1.** Sur le document réponse DR2, donner les intervalles de conduction des diodes D1, D2, D3, D'1, D'2 et D'3, puis représenter le chronogramme de la tension redressée  $u_{pex}(t)$  aux bornes de l'inducteur de l'alternateur principal.

**B2-2-2.** Pour un courant d'excitation  $I_{pex}$  de l'inducteur de l'alternateur principal (supposé constant) de 200 A, calculer la valeur moyenne  $\langle u_{pex} \rangle$  de la tension  $u_{pex}(t)$ .

**B2-2-3.** Sachant que la tension moyenne  $\langle u \rangle$  à la sortie d'un pont PD3 s'exprime en fonction de la tension efficace entre phases par le relation  $\langle u \rangle = \frac{3U\sqrt{2}}{\pi}$ , en déduire la valeur efficace  $U_a$  des tensions en sortie de l'induit de l'alternateur auxiliaire.

**B2-2-4.** Donner la fréquence  $f_{ex}$  et la période  $T_{ex}$  de l'ondulation de la tension  $u_{pex}(t)$ .

**B2-2-5.** Calculer l'amplitude de l'ondulation  $\Delta u_{ond}$  de la tension  $u_{pex}(t)$ .

**B2-2-6.** En assimilant l'ondulation de la tension  $u_{pex}(t)$  à une sinusoïde d'équation

$u_{ond}(t) = \frac{\Delta u_{ond}}{2} \sin(2\pi f_{ex} t)$ , calculer l'amplitude  $\Delta i_{ond}$  de l'ondulation du courant d'excitation  $i_{pex}(t)$ .

**B2-2-7.** Quel est l'intérêt d'augmenter le nombre de pôles de l'alternateur auxiliaire ?

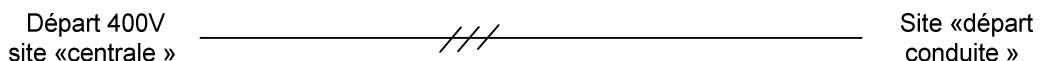
## Partie C : Étude de l'alimentation électrique du site « départ conduite »

Les installations du site « départ conduite » sont alimentées depuis la centrale par une ligne triphasée  $3 \times 400 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$  indépendante d'une longueur  $L$  de 1 200 m.

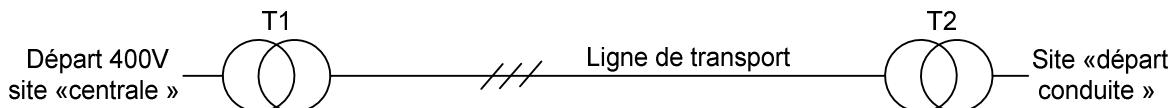
Le site « départ conduite » nécessite une puissance apparente de  $S_{dc} = 57 \text{ kVA}$  avec un facteur de puissance  $f_p$  de 0,8.

Deux solutions sont envisagées pour le transport de l'énergie électrique

Solution 1 : transport par une ligne directe sous 400 V :



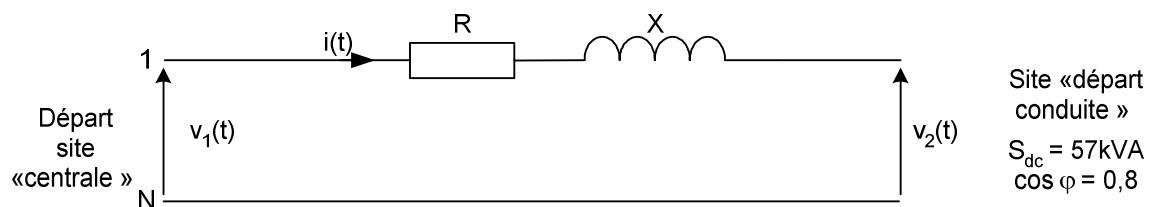
Solution 2 : transport par une ligne sous une tension plus élevée par l'intermédiaire de deux transformateurs :



L'étude qui suit a pour but de comparer la section  $s$  de la ligne pour ces deux solutions et de choisir la plus avantageuse.

### C1 : Étude de la solution 1 : ligne directe sous 400 V – 50 Hz

Schéma d'une phase de la ligne :



$v_1(t)$  : tension simple côté départ site « centrale »

$v_2(t)$  : tension simple côté site « départ conduite »

Pour respecter la chute de tension imposée par la norme C15-100, la ligne ne doit pas créer une chute de tension relative supérieure à 6%.

On notera  $\Delta V = V_1 - V_2$  la chute de tension absolue, et  $\frac{\Delta V}{V_1}$  la chute de tension relative.

**C1-1.** Calculer la valeur efficace de la chute de tension  $\Delta V$  dans la ligne.

**C1-2.** Calculer la valeur efficace  $I$  de l'intensité du courant  $i(t)$  dans la ligne pour avoir une puissance apparente disponible  $S_{dc}$  de 57 kVA sur le site « départ conduite ».

**C1-3.** Donner l'expression littérale de la chute de tension approchée  $\Delta V$  dans la ligne en fonction de sa résistance  $R$ , de sa réactance  $X$ , de l'intensité  $I$  du courant la parcourant et du déphasage  $\varphi$  introduit par la charge.

La réactance linéique de la ligne vaut  $X_L = 0,075 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$ .

**C1-4.** Donner l'expression littérale de la résistance  $R$  de la ligne en fonction de sa réactance  $X$ , de l'intensité  $I$  du courant, de la chute de tension  $\Delta V$  et du déphasage  $\varphi$ .

Calculer la valeur de la résistance  $R$ .

**C1-5.** En déduire la section  $s_1$  de la ligne

(On donne la résistivité du cuivre  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ).

## C2 : Étude de la solution 2 (transformateur T1 - ligne - transformateur T2)

### C2-1 : Étude du transformateur T2

On donne :  $m_2 = 0,603$ , rapport de transformation du transformateur

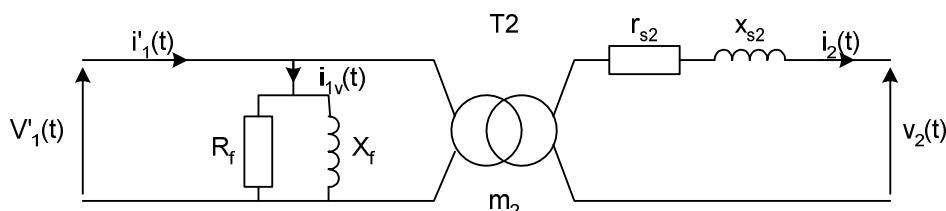
$S_2 = 63 \text{ kVA}$ , puissance apparente nominale

Essai à vide :  $U_1 = U_{1n}$  ;  $U_{2v} = 416 \text{ V}$  ;  $P_{1v} = 360 \text{ W}$  ;  $\cos\varphi_{1v} = 0,15$

Essai en court-circuit :  $U_{1cc} = 38 \text{ V}$  ;  $I_{2cc} = I_{2n}$  ;  $P_{1cc} = 2 \text{ kW}$

**C2-1-1.** Calculer les valeurs efficaces  $U'_{1n}$  de la tension nominale primaire,  $I'_{1n}$  du courant nominal primaire, et  $I_{2n}$  du courant nominal secondaire.

On donne le schéma équivalent par phase étoilée du transformateur :



**C2-1-2.** Que représentent les éléments  $R_f$ ,  $X_f$ ,  $r_{s2}$  et  $x_{s2}$  ?

**C2-1-3.** Calculer les valeurs numériques de  $R_f$ ,  $X_f$ ,  $r_{s2}$  et  $x_{s2}$ .

Pour la suite du problème, on prendra :  $r_{s2} = 0,09 \Omega$  et  $x_{s2} = 0,125 \Omega$ .

**C2-1-3.** Calculer la chute de tension simple  $\Delta V_{T2}$  du transformateur T2 pour une charge nominale inductive de facteur de puissance 0,80.

### C2-2 : Détermination de la section de la ligne

La réactance  $X$  de la ligne est négligée devant les réactances de fuite des transformateurs T1, T2.

Le schéma suivant donne le bilan des différentes chutes de tension de l'ensemble (transformateur T1 - ligne - transformateur T2)

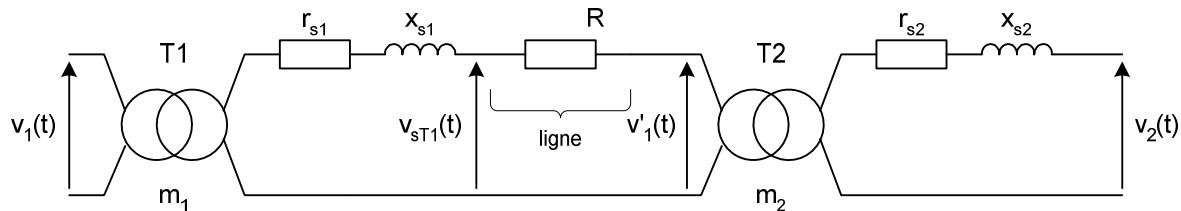


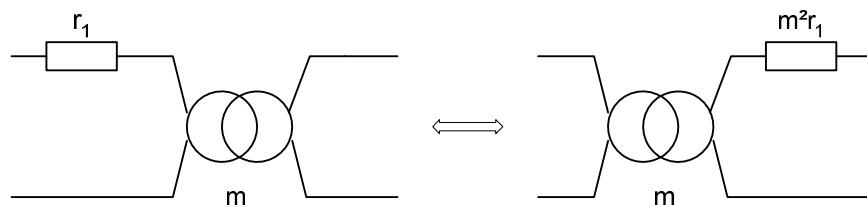
Figure 2

$r_{s1}$  et  $x_{s1}$  résistance et réactance des enroulements du transformateur T1 ramenées au secondaire :  $r_{s1} = 0,29 \Omega$  et  $x_{s1} = 0,4 \Omega$ .

R résistance de la ligne à déterminer.

$r_{s2}$  et  $x_{s2}$  résistance et réactance des enroulements du transformateur T2 ramenées au secondaire :  $r_{s2} = 0,09 \Omega$  et  $x_{s2} = 0,125 \Omega$ .

On rappelle qu'une résistance (ou une réactance) est ramenée du primaire au secondaire d'un transformateur en multipliant par  $m^2$ .



**C2-2-1.** Représenter le schéma équivalent de l'ensemble figure 2 en ramenant les résistances et les réactances au secondaire du transformateur T2.

**C2-2-2.** Etablir l'expression littérale de la chute de tension totale  $\Delta V_2$  pour une charge consommant un courant  $I_2$  avec un facteur de puissance  $\cos\varphi_2$ .

Pour un courant  $I_2$  d'intensité 87,5 A et un facteur de puissance de 0,80 :

- o la chute de tension due à la ligne  $\Delta V_{\text{ligne}}$  ramenée au secondaire de T2 ne doit pas dépasser 13,8 V
- o la valeur efficace  $V_2$  de la tension en charge  $v_2(t)$  ne doit pas être inférieure à 212 V.

**C2-2-3.** Calculer la chute de tension totale  $\Delta V_2$  pour un courant  $I_2$  de 87,5 A et un facteur de puissance de 0,8.

**C2-2-4.** Calculer le rapport de transformation  $m_1$  du transformateur T1

**C2-2-5.** Calculer la valeur efficace  $V_{sT1}$  de la tension simple  $v_{sT1}(t)$  au secondaire du transformateur T1 pour un fonctionnement à vide.

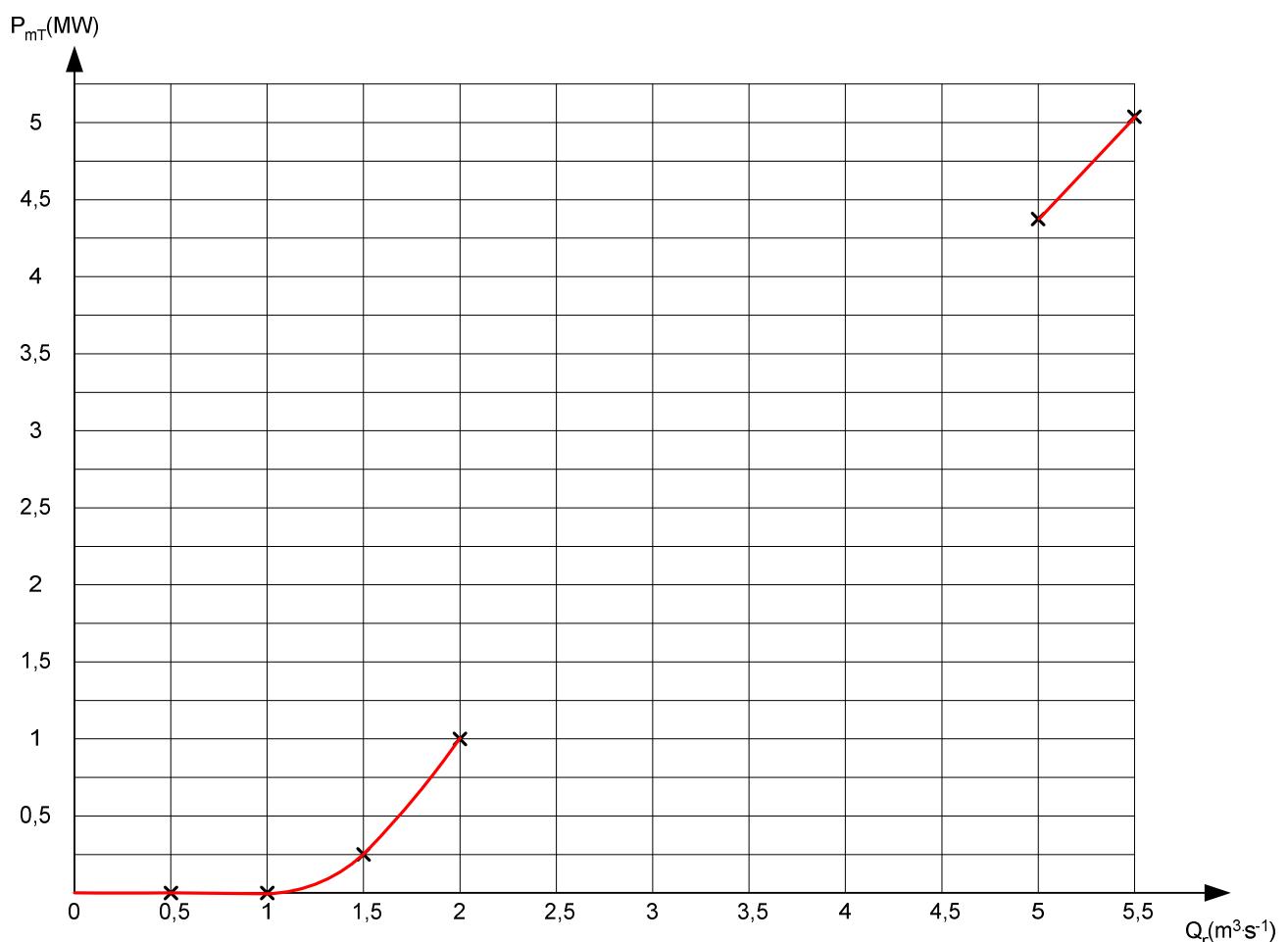
**C2-2-6.** Calculer la section  $s_2$  de la ligne.

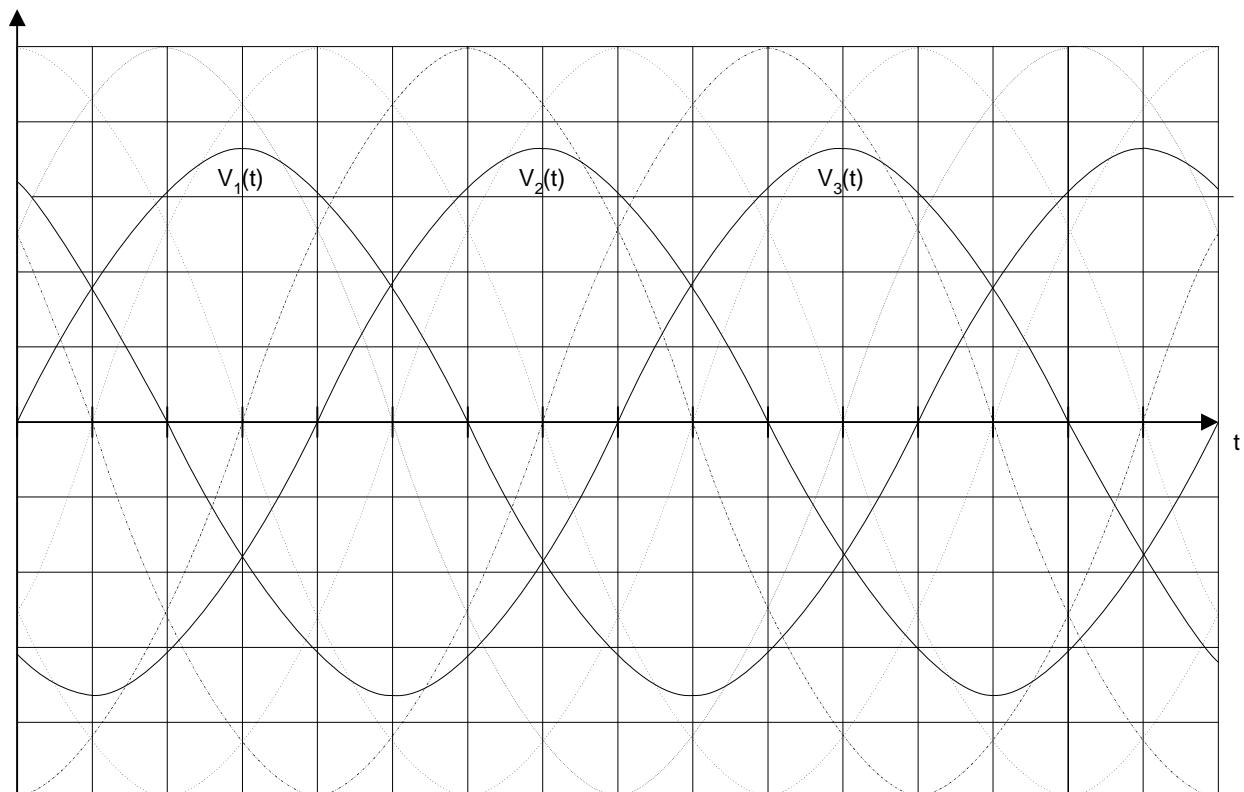
### C3. Conclusion

Quel intérêt présente la solution 2 avec les deux transformateurs par rapport à la solution 1 de la ligne seule ?

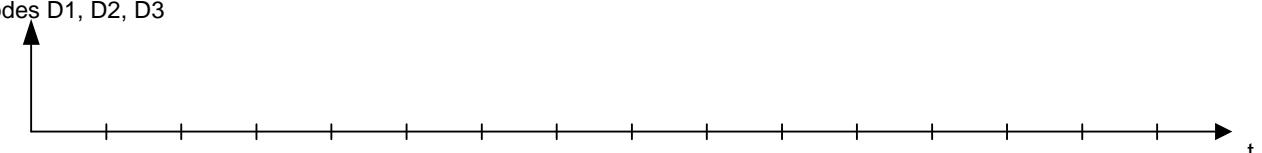
### Document réponse DR1

Débit rivière $Q_r (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	2,5	3	3,5	4	4,5
Puissance hydraulique $P_h (\text{kW})$					
Puissance mécanique turbine 1 $P_{mT1} (\text{kW})$					
Puissance mécanique turbine 2 $P_{mT2} (\text{kW})$					
Puissance mécanique totale $P_{mT} (\text{MW})$					



**Document réponse DR2**

Intervales de conduction des diodes D1, D2, D3



Intervales de conduction des diodes D'1, D'2, D'3



# BTS ÉLECTROTECHNIQUE

## SUJET 0

### CORRIGÉ

#### ÉPREUVE E4.1

#### Étude d'un système technique industriel : Pré étude et modélisation

---

### CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE

#### Compétences concernées :

- C03 : Analyser une solution technique
- C02 : Choisir une solution technique

#### Composition du sujet :

- Présentation de la centrale hydroélectrique
- Partie A : Étude hydraulique
  - o A1 : Étude de la conduite
  - o A2 : Détermination de la puissance hydraulique disponible
- Partie B : Étude de l'alternateur
  - o B1 : Étude de l'alternateur couplé au réseau
  - o B2 : Étude de l'excitation
- Partie C : Étude de l'alimentation électrique du site « départ conduite »
  - o C1 : Étude de la solution 1 : ligne directe sous 400V
  - o C2 : Étude de la solution 2 : de l'ensemble « transformateur T1-ligne - transformateur T2 »
  - o C3 : Conclusion

## Partie A : Étude hydraulique

### A1 : Étude de la conduite en régime statique

**A1-1.** Calculer la valeur  $P_{na}$  de la pression située au niveau  $n_a$ .

$$P_{na} = \rho gh = \rho gL \sin(\alpha) \quad P_{na} = 86,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

**A1-2.** Exprimer la relation de la pression  $P_p$  qui s'exerce en un point p de la paroi du tube, en fonction de l'angle  $\alpha$  et de la longueur  $l$ .

$$P_p = P_{na} \frac{L-l}{L} = \rho g (L-l) \sin \alpha$$

**A1-3.** Calculer la différence de pression  $\Delta p_{13}$  entre le niveau 1 et le niveau 3.

$$\Delta p_{13} = \rho g(n_3 - n_1) \quad \Delta p_{13} = 117 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

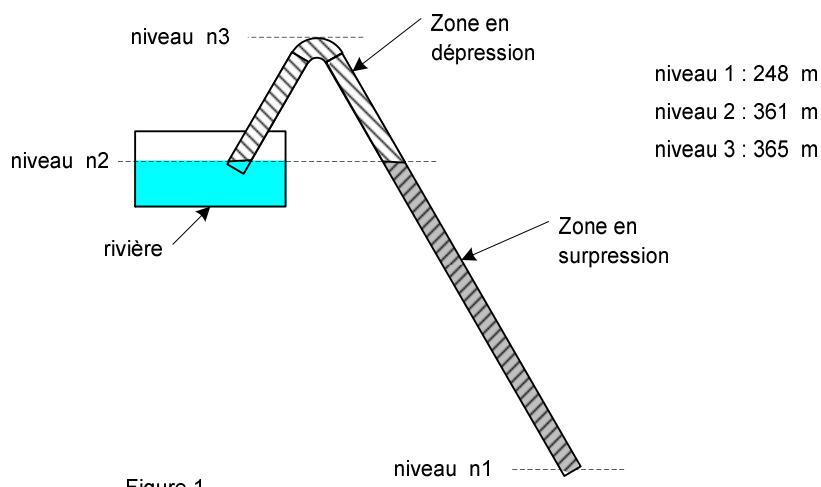
**A1-4.** Calculer la différence de pression  $\Delta p_{23}$  entre le niveau 2 et le niveau 3.

$$\Delta p_{23} = \rho g(n_3 - n_2) \quad \Delta p_{23} = 4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

**A1-5.** Calculer la valeur de la pression relative  $P_{n1}$  de l'eau au niveau 1.

$$P_{n1} = P_a + \Delta p_{13} + \Delta p_{32} \quad P_{n1} = 113 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

**A1-6.** Représenter sur votre copie, la figure 1 et préciser les zones où la conduite est en surpression et celles où elle est en dépression.



La pression varie linéairement avec la hauteur. La conduite devra supporter une pression de 11,4 bar au niveau n1 alors que la pression sera de -0,4 bar au niveau n3. Ceci aura une conséquence sur la construction de la conduite.

## A2 : Détermination de la puissance hydraulique disponible

Pour le calcul des hauteurs z, le niveau de restitution n1 est considéré comme le niveau zéro.

$$z_1 = 0 ; z_2 = 113 \text{ m} ; z_3 = 117 \text{ m.}$$

Les pertes de charge linéaires  $p_{cl}$  sont considérées constantes et estimées à 2,2 mm d'eau par mètre de conduite.

Pour le débit maximal de la rivière :

**A2-1.** Calculer la vitesse de l'eau  $v_{ec}$  à l'entrée du convergent.

$$v_{ec} = \frac{Q_r - Q_{rr}}{S_c} \quad v_{ec} = 1,1 \text{ ms}^{-1}$$

**A2-2.** Calculer l'énergie volumique  $E_e$  disponible au niveau de la rivière à l'entrée du convergent.

$$E_e = \rho \frac{v_{ec}^2}{2} + \rho \cdot g \cdot z_2 + p_{n2} \quad E_e = 113,1 \cdot 10^4 \text{ Jm}^{-3}$$

**A2-3.** Calculer les pertes d'énergie volumique  $E_p$  engendrées par la conduite.

$$\begin{aligned} \text{Pertes de charge en mètre : } h_p &= p_{cl} L_c & h_p &= 2,75 \text{ m} \\ E_p &= \rho g h_p & E_p &= 2,75 \cdot 10^4 \text{ Jm}^{-3} \end{aligned}$$

**A2-4.** Calculer la vitesse de l'eau  $v_{es}$  à la sortie de l'aspirateur

$$v_{es} = \frac{Q_r - Q_{rr}}{S_a} \quad v_{es} = 0,707 \text{ ms}^{-1}$$

**A2-5.** Calculer l'énergie volumique  $E_s$  à la sortie de l'aspirateur

$$E_s = \rho \frac{v_{es}^2}{2} + \rho \cdot g \cdot z_1 + p_1 \quad E_s = 0,025 \cdot 10^4 \text{ Jm}^{-3}$$

**A2-6.** En déduire la puissance hydraulique  $P_h$  de la turbine

$$P_h = (E_e - E_s - E_p)(Q_r - Q_{rr}) \quad P_h = 5,51 \text{ MW}$$

**A2-7.** Calculer l'énergie hydraulique  $W_h$  disponible sur une année en kWh.

$$\begin{aligned} W_h &= (E_e - E_s - E_p)v_{at} & W_h &= 5737 \cdot 10^{10} \text{ J} \\ & & W_h &= 15,9 \cdot 10^6 \text{ kWh} \end{aligned}$$

**A2-8.** Sur le document réponse DR1, compléter le tableau en calculant les puissances hydraulique  $P_h$ , mécanique turbine 1  $P_{mT1}$ , mécanique turbine 2  $P_{mT2}$  et mécanique totale  $P_{mT}$ .

Voir document réponse DR1 corrigé

**A2-9.** Représenter sur le document réponse DR1 la puissance mécanique totale en fonction du débit de la rivière.

Voir document réponse DR1 corrigé

**A2-10.** Quel est l'intérêt de placer deux turbines alors que financièrement le coût matériel est beaucoup plus élevé ?

Le rendement d'une turbine décroît rapidement lorsque le rapport  $Q_T/Q_{max}$  devient inférieur à 0,5. Il est donc avantageux de fonctionner avec une seule turbine si le débit de la rivière est faible pendant une longue période de l'année. Sur la courbe on s'aperçoit que passer à une seule turbine de demi puissance pour un débit de  $3,5 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ , fait gagner environ 1MW

## Partie B : Étude de l'alternateur

### B1 : Étude de l'alternateur couplé au réseau

**B1-1** : Calculs préliminaires :

**B1-1-1.** Calculer le nombre de paires de pôle  $p$ .

$$p = \frac{f}{n} \quad p = 3$$

**B1-1-2.** Calculer l'intensité nominale  $I_n$ .

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} \quad I_n = 262,4 \text{ A}$$

**B1-1-3.** Calculer la réactance synchrone  $X$  d'une phase de l'alternateur.

$$X = \frac{E_{v(I_{ex})}}{I_{cc(I_{ex})}} \quad X = 1,76 \Omega$$

**B1-2** : Le contrat du producteur précise que chaque alternateur doit pouvoir à tout moment, fournir au réseau une puissance réactive  $Q_{al}$  telle que  $\tan\varphi = 0,49$ .

Pour une puissance électrique fournie de  $P_{al} = 2,25 \text{ MW}$  :

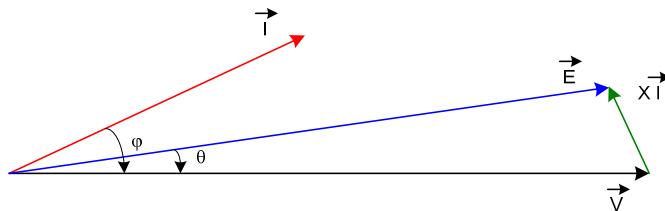
**B1-2-1.** Calculer le facteur de puissance  $f_p$ .

$$f_p = \cos(\tan\varphi^{-1}) \quad f_p = 0,898$$

**B1-2-2.** Calculer la valeur efficace  $I$  du courant débité  $i(t)$ .

$$I = \frac{P_{al}}{\sqrt{3}U_n \cos\varphi} \quad I = 219 \text{ A}$$

**B1-2-3.** Représenter le diagramme de Fresnel des tensions et courants (ou diagramme bipolaire).



**B1-2-4.** La machine est-elle sur-excitée ou sous-excitée ? Justifier.

La machine est sous excitée car la valeur efficace  $E$  est inférieure à la valeur qu'elle aurait pour un même courant et un déphasage nul.

**B1-2-5.** Calculer la f.e.m  $E$  et en déduire le courant d'excitation  $I_{ex}$ .

$$E = \sqrt{(V - XI \sin\varphi)^2 + (XI \cos\varphi)^2} \quad E = 3657 \text{ V}$$

**B1-2-6.** Donner la valeur de l'angle de décalage interne  $\theta$ .

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{XI \cos\varphi}{E}\right) \quad \theta = 5,43^\circ$$

**B1-2-7.** Calculer le rendement  $\eta_a$  de l'alternateur, sachant que l'ensemble des pertes vaut  $p_t = 0,25\text{MW}$ .

$$\eta = \frac{P_{al}}{P_{al} + p_t} \quad \eta = 0,9$$

**B1-2-8.** Préciser l'origine de ces pertes.

Pertes joules, pertes fer, pertes mécanique

## B2 : Étude de l'excitation

**B2-1 :** Etude préliminaire :

**B2-1-1.** Préciser dans quelle partie, fixe ou tournante, se situe l'induit de l'alternateur principal et celui de l'alternateur auxiliaire.

L'induit de l'alternateur principal est sur la partie fixe.

L'induit de l'alternateur auxiliaire est sur la partie tournante (alternateur inversé)

**B2-1-2.** Préciser les avantages de cette structure par rapport à un alternateur comportant un seul induit et un seul inducteur.

Absence de bagues et balais.

Courant d'excitation à fournir plus faible.

**B2-1-3.** Lorsque l'arbre de la machine tourne à  $1000 \text{ tr.min}^{-1}$ , calculer la fréquence  $f_a$  des tensions induites dans l'alternateur auxiliaire.

$$f_a = p_a n \quad f_a = 150 \text{ Hz}$$

**B2-2 :** Etude du pont PD3 à diodes :

**B2-2-1.** Sur le document réponse DR2, donner les intervalles de conduction des diodes D1, D2, D3, D'1, D'2 et D'3, puis représenter le chronogramme de la tension redressée  $u_{pex}(t)$  aux bornes de l'inducteur de l'alternateur principal.

Voir document réponse corrigé DR2

**B2-2-2.** Pour un courant d'excitation  $I_{pex}$  de l'inducteur de l'alternateur principal (supposé constant) de 200A, calculer la valeur moyenne  $\langle u_{pex} \rangle$  de la tension  $u_{pex}(t)$ .

$$\langle u_{pex} \rangle = RI_{pex} \quad \langle u_{pex} \rangle = 180 \text{ V}$$

**B2-2-3.** Sachant que la tension moyenne  $\langle u \rangle$  à la sortie d'un pont PD3 s'exprime en fonction de la tension efficace entre phase par le relation  $\langle u \rangle = \frac{3U\sqrt{2}}{\pi}$ , en déduire la valeur efficace  $U_a$  des tensions en sortie de l'induit de l'alternateur auxiliaire.

$$U_a = \frac{\pi \langle u_{pex} \rangle}{3\sqrt{2}} \quad U_a = 133 \text{ V}$$

**B2-2-4.** Donner la fréquence  $f_{ex}$  et la période  $T_{ex}$  de l'ondulation de la tension  $u_{pex}(t)$ .

$$f_{ex} = 6 \text{ f} \quad T_{ex} = \frac{1}{f_{ex}} \quad f_{ex} = 900 \text{ Hz} \quad T_{ex} = 1,11 \text{ ms}$$

**B2-2-5.** Calculer l'amplitude de l'ondulation  $\square u_{ond}$  de la tension  $u_{pex}(t)$ .

$$\Delta u_{ond} = U_{a\max} - U_{a\min} = \sqrt{2}U_a \left(1 - \cos \frac{\pi}{6}\right) \quad \square u_{ond} = 25,2 \text{ V}$$

**B2-2-6.** En assimilant l'ondulation de la tension  $u_{\text{pex}}(t)$  à une sinusoïde d'équation

$u_{\text{ond}}(t) = \frac{\Delta u_{\text{ond}}}{2} \sin(2\pi f_{\text{ex}} t)$ , calculer l'amplitude  $\Delta i_{\text{ond}}$  de l'ondulation du courant d'excitation  $i_{\text{pex}}(t)$ .

$$\Delta i_{\text{ond}} = \frac{\Delta u_{\text{ond}}}{\sqrt{R^2 + (2\pi f_{\text{ex}} L)^2}} \quad \Delta i_{\text{ond}} = 0,089 \text{ A}$$

**B2-2-7.** Quel est l'intérêt d'augmenter le nombre de pôles de l'alternateur auxiliaire ? L'augmentation du nombre de pôles de l'alternateur auxiliaire augmente la fréquence de sa tension d'induit, ce qui permet un filtrage plus efficace du courant inducteur de l'alternateur principal.

## Partie C : Étude de l'alimentation électrique du site « départ conduite »

### C1 : Étude de la solution 1 : ligne directe sous 400V-50Hz

**C1-1.** Calculer la valeur efficace de la chute de tension  $\Delta V$  dans la ligne.

$$\Delta V = 0,06 V_1 \quad \Delta V = 13,86 \text{ V}$$

**C1-2.** Calculer la valeur efficace  $I$  de l'intensité du courant  $i(t)$  dans la ligne pour avoir une puissance apparente disponible  $S_{\text{dc}}$  de 57 kVA sur le site « départ conduite ».

$$I = \frac{S_{\text{dc}}}{3V_2} \quad I = 87,5 \text{ A}$$

**C1-3.** Donner l'expression littérale de la chute de tension approchée  $\Delta V$  dans la ligne en fonction de sa résistance  $R$ , de sa réactance  $X$ , de l'intensité  $I$  du courant la parcourant et du déphasage  $\varphi$  introduit par la charge.

$$\Delta V = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi$$

La réactance linéique de la ligne vaut  $X_L = 0,075 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$ .

**C1-4.** Donner l'expression littérale de la résistance  $R$  de la ligne en fonction de sa réactance  $X$ , du courant  $I$ , de la chute de tension  $\Delta V$  et du déphasage  $\varphi$ .

Calculer la valeur de la résistance  $R$ .

$$R = \frac{\Delta V - XI \sin \varphi}{I \cos \varphi} \quad R = 0,131 \Omega$$

**C1-5.** En déduire la section  $s_1$  de la ligne.

(On donne la résistivité du cuivre  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ )

$$s_1 = \frac{\rho l}{R} \quad s_1 = 147 \text{ mm}^2$$

## C2 : Étude de la solution 2 (transformateur T1 - ligne - transformateur T2)

### C2-1 : Étude du transformateur T2

**C2-1-1.** Calculer les valeurs efficaces  $U_{1n}$  de la tension nominale primaire,  $I_{1n}$  du courant nominal primaire, et  $I_{2n}$  du courant nominal secondaire.

$$U_{1n} = \frac{U_{2v}}{m_2} \quad U_{1n} = 690 \text{ V}$$

$$I'_{1n} = \frac{S_2}{\sqrt{3}U_{1n}} \quad I'_{1n} = 52,7 \text{ A}$$

$$I_{2n} = \frac{I'_{1n}}{m_2} \quad I_{2n} = 87,4 \text{ A}$$

**C2-1-2.** Que représentent les éléments  $R_f$ ,  $X_f$ ,  $r_{s2}$  et  $x_{s2}$  ?

$R_f$  : résistance qui rend compte des pertes dans le fer

$X_f$  : réactance de l'inductance magnétisante

$r_{s2}$  : résistance des enroulements primaire et secondaire ramenée au secondaire

$x_{s2}$  : réactance de fuite des enroulements primaire et secondaire ramenée au secondaire

**C2-1-3.** Calculer les valeurs numériques de  $R_f$ ,  $X_f$ ,  $r_{s2}$  et  $x_{s2}$ .

$$R_f = \frac{3V_{1n}^2}{P_{1v}} \quad R_f = 1323 \Omega$$

$$X_f = \frac{R_f}{\tan \varphi_{1v}} \quad X_f = 201 \Omega$$

$$r_{s2} = \frac{P_{1cc}}{3I_{2cc}^2} \quad r_{s2} = 87,3 \text{ m}\Omega$$

$$z_{s2} = \frac{m_2 U_{1cc}}{\sqrt{3} I_{2cc}} \quad \text{et} \quad x_{s2} = \sqrt{z_{s2}^2 - r_{s2}^2} \quad x_{s2} = 0,124 \Omega$$

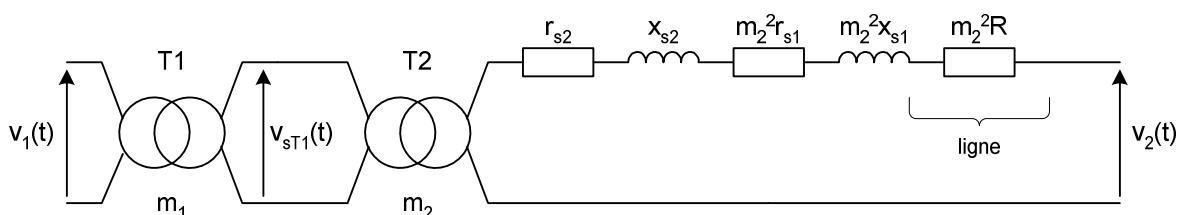
Pour la suite du problème, on prendra :  $r_{s2} = 0,09 \Omega$  et  $x_{s2} = 0,125 \Omega$

**C2-1-3.** Calculer la chute de tension simple  $\Delta V_{T2}$  du transformateur T2, pour une charge nominale inductive de facteur de puissance 0,8.

$$\Delta V_{T2} = r_{s2} I_{2n} \cos \varphi + x_{s2} I_{2n} \sin \varphi \quad \Delta V_{T2} = 12,85 \text{ V}$$

### C2-2 : Détermination de la section de la ligne

**C2-2-1.** Représenter le schéma équivalent de l'ensemble figure 2 en ramenant les résistances et les réactances au secondaire du transformateur T2.



**C2-2-2.** Etablir l'expression littérale de la chute de tension totale  $\Delta V_2$  pour une charge consommant un courant  $I_2$  avec un facteur de puissance  $\cos\varphi_2$ .

$$\Delta V_2 = (r_{s2} + m_2^2 r_{s1} + m_2^2 R) I_2 \cos\varphi_2 + (x_{s2} + m_2^2 x_{s1}) I_2 \sin\varphi_2$$

**C2-2-3.** Calculer la chute de tension totale  $\Delta V_2$  pour un courant  $I_2$  de 87,5A et un facteur de puissance de 0,8.

$$\Delta V_{ligne} = m_2^2 R I_2 \cos\varphi_2$$

$$\Delta V_2 = 41,68 \text{ V}$$

$$\Delta V_2 = \Delta V_{ligne} + (r_{s2} + m_2^2 r_{s1}) I_2 \cos\varphi_2 + (x_{s2} + m_2^2 x_{s1}) I_2 \sin\varphi_2$$

**C2-2-4.** Calculer le rapport de transformation  $m_1$  du transformateur T1

$$m_1 m_2 V_1 = V_{2\min} + \Delta V_2 \rightarrow m_1 = \frac{V_{2\min} + \Delta V_2}{m_2 V_1}$$

$$m_1 = 1,82$$

**C2-2-5.** Calculer la valeur efficace  $V_{sT1}$  de la tension simple  $v_{sT1}(t)$  au secondaire du transformateur T1 pour un fonctionnement à vide.

$$V_{sT1} = m_1 V_1$$

$$V_{sT1} = 420 \text{ V}$$

**C2-2-6.** Calculer la section  $s_2$  de la ligne.

$$s_2 = \frac{m_2^2 \rho I_2 \cos\varphi_2}{\Delta V_{ligne}}$$

$$s_2 = 35,4 \text{ mm}^2$$

### C3. Conclusion

Quel intérêt présente la solution 2 avec les deux transformateurs par rapport à la solution 1 de la ligne seule ?

L'intérêt est la réduction de la section des fils de la ligne par un coefficient  $m_2^2$ . Par contre la variation de tension sur le site « départ conduite » entre un fonctionnement à vide et en charge sera plus importante (de 212V à 253V pour la tension simple). Cette solution demande également la mise en place de 2 transformateurs supplémentaires T1 et T2.

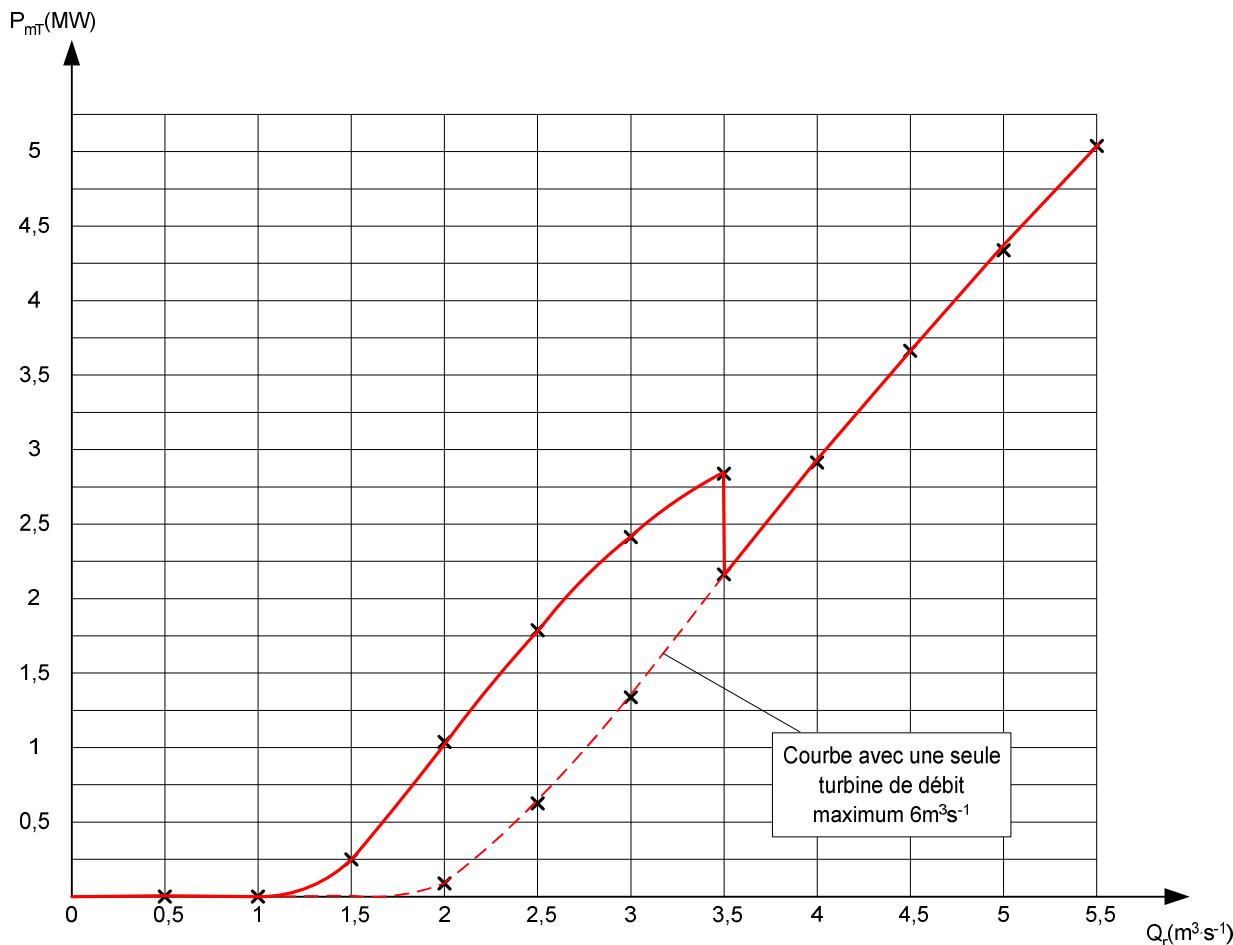
## Document réponse DR1

Débit rivière $Q_r$ ( $m^3.s^{-1}$ )	2,5	3	3,5	4	4,5
Puissance hydraulique $P_h$ (kW)	2206	2758	3310	3861	4413
Puissance mécanique turbine 1 $P_{mT1}$ (kW)	1809	2482	2813	1486	1809
Puissance mécanique turbine 2 $P_{mT2}$ (kW)	0	0	0	1486	1809
Puissance mécanique totale $P_{mT}$ (MW)	1,809	2,482	2,813	2,973	3,619

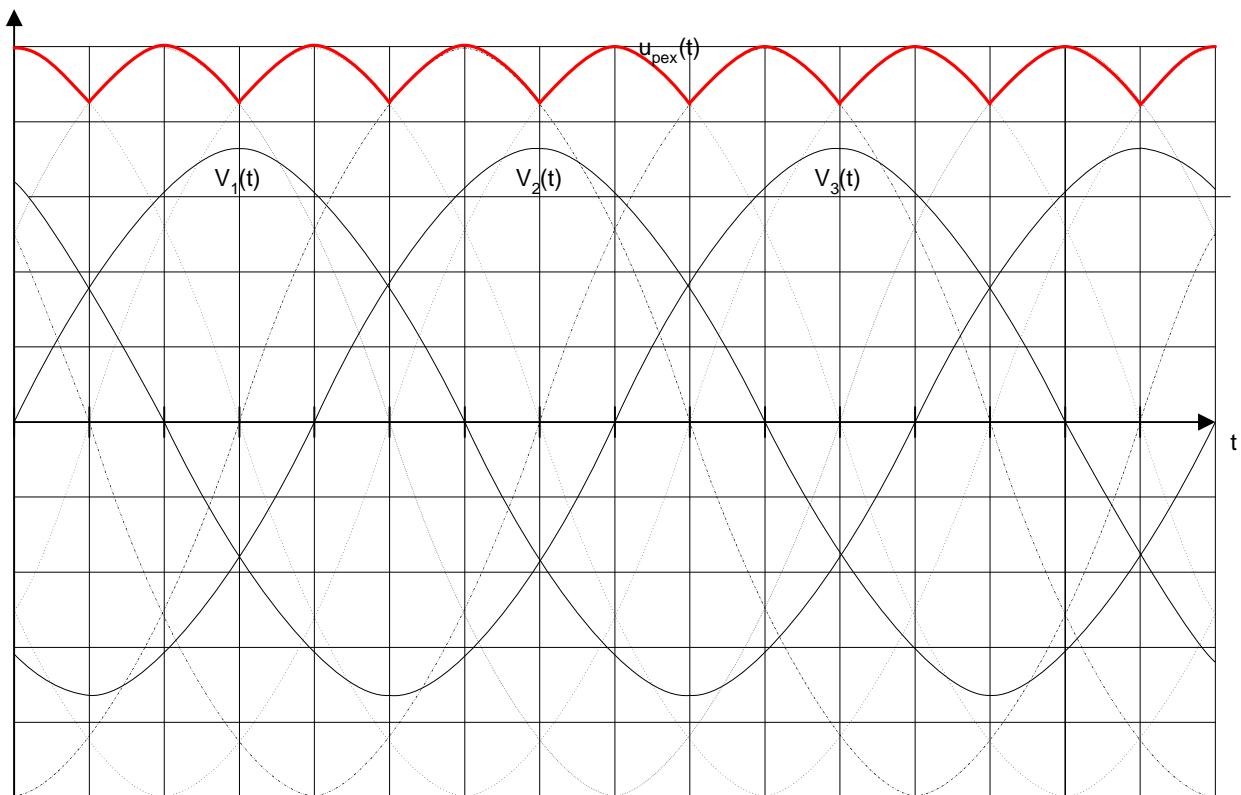
$$P_h = (E_e - E_s - E_p)(Q_r - Q_{rr})$$

si  $(Q_r - Q_{rr}) \leq 3m^3s^{-1}$  alors  $P_{mT1} = \eta_{(Q_r)} P_h$  et  $P_{mT2} = 0$  et  $P_{mT} = P_{mT1} + P_{mT2}$

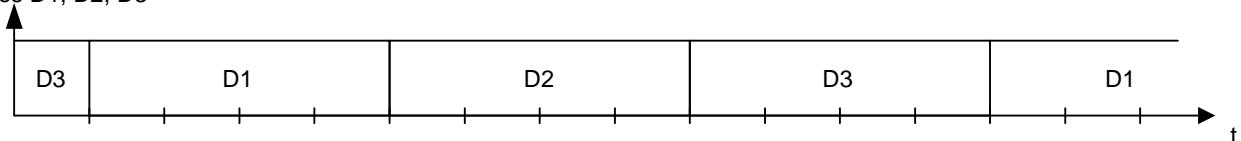
si  $(Q_r - Q_{rr}) > 3m^3s^{-1}$  alors  $P_{mT1} = P_{mT2} = \eta_{\left(\frac{Q_r - Q_{rr}}{2}\right)} \frac{P_h}{2}$



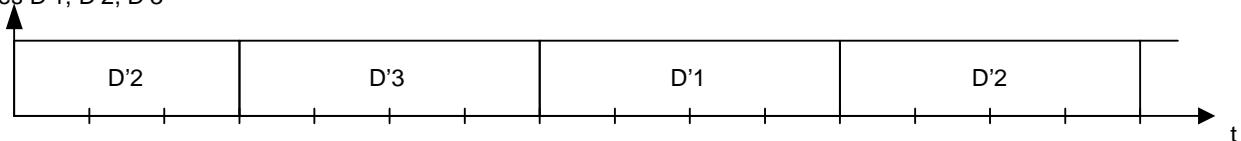
## Document réponse DR2



Intervales de conduction des diodes D1, D2, D3



Intervales de conduction des diodes D'1, D'2, D'3



# BTS ÉLECTROTECHNIQUE

## SUJET 0

### ÉPREUVE E4.2

#### Étude d'un système technique industriel : Conception et industrialisation

---

## CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE

#### Compétences concernées :

- C01 : Analyser un dossier
- C08 : Concevoir une solution technique
- C13 : Appliquer les normes

#### Composition du sujet :

- **Dossier questionnement**
  - o Enjeu A : Contrôle et commande d'un site isolé
  - o Enjeu B : Alimentation électrique du site isolé « départ conduite »
- **Dossier ressources**
  - o Présentation de la centrale hydroélectrique
  - o Matériel du local « prise d'eau »
  - o Matériel du local « siphon »
  - o Description des modes de marche
  - o Configuration des entrées sorties déportées
- **Dossier technique**
  - o Partie A
    - Réseau Profibus
    - Périphérie décentralisée ET200S
    - Programmation de la périphérie décentralisée ET200S
  - o Partie B
    - Détermination des conducteurs
    - Détermination des disjoncteurs
    - Tarif des câbles
- **Dossier Réponses**

## CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE

### DOSSIER QUESTIONNEMENT

#### Introduction

Avec le développement économique, la consommation d'énergie ne cesse d'augmenter. Depuis quelques années beaucoup ont pris conscience que les ressources mondiales en énergie n'étaient pas illimitées et qu'il était temps de revoir les modes de consommation comme ceux de production. L'utilisation des énergies renouvelables est une alternative incontournable car elles sont aujourd'hui les seules envisageables à moyen terme. Ces énergies tel que l'éolien, le solaire ou l'hydraulique se répartissent en unités de production de petite puissance. Souvent gérées par une personne ou un organisme privé, elles ont pour but l'alimentation d'une installation et la revente de l'énergie supplémentaire à EDF. Les prospections réalisées ont permis de définir de nouveaux sites de production dans des zones jusque là inexploitées.

L'objectif de l'étude proposée est la conception pour un organisme privé d'une micro centrale hydraulique à conduite forcée. Située dans un massif montagneux où le sous sol géologique est fragile, la conduite d'eau ne peut emprunter de tunnel, et doit donc suivre le relief dans une tranchée permettant de la dissimuler. Ce parcours atypique impose un fonctionnement en siphon de la conduite qui engendre la mise en place d'un mode de gestion bien particulier.

#### Définition des enjeux

La centrale est répartie sur deux sites distants de plus d'un km à vol d'oiseau.

- Le site de la centrale concentre les éléments de production et de gestion.
- Le site départ conduite est lui totalement isolé. Loin de toutes infrastructures il concentre les éléments liés à la mise en eau et à au bon fonctionnement de la conduite.

Ces deux sites sont très dépendants l'un de l'autre, puisque tout changement d'état sur un site doit se traduire par une réaction contrôlée des organes de commande situés sur l'autre site. Par exemple, l'amoncellement de feuilles contre la grille d'aspiration doit agir sur le contrôle de la puissance des turbines sous peine de désamorcer la conduite.

Le sujet propose deux enjeux à résoudre.

- Enjeu A : Contrôle et commande d'un site isolé
  - A1 : Procédure de démarrage
  - A2 : Choix du support de transmission des données
  - A3 : Raccordement des entrées – sorties déportées
  - A4 : Programmation du fonctionnement des pompes à vide
- Enjeu B : Alimentation en énergie électrique du site isolé « départ conduite »
  - B1 : Alimentation par une tension de 400V
  - B2 : Alimentation par transformateurs
  - B3 : Schéma des liaisons à la terre

## Enjeu A : Contrôle et commande d'un site isolé

### A1 : Procédure de démarrage

*Documents nécessaires :*

- Dossier ressources
  - o Présentation générale *chap 1 p1 – p7*
  - o Description des modes de marche *chap 2 p8 – p10*

Avant de démarrer la centrale, il est nécessaire de remplir la conduite d'eau afin d'amorcer le siphon. Cette opération réalisée en mode manuel, nécessite plusieurs actions qui doivent respecter une chronologie très stricte. Afin d'éviter tout oubli, un cahier de procédures est envisagé pour établir toutes les actions à réaliser lors du démarrage de la centrale.

Une fiche de procédure comporte une série d'actions pour lesquelles sont définies :

- Les conditions préliminaires nécessaires à l'action envisagée.
- L'action à réaliser
- Le résultat attendu et l'information de confirmation que l'action s'est bien déroulée.

**A1-1.** Lors du démarrage, le conducteur de la centrale doit se rendre sur le site « départ conduite » afin de remplir la conduite d'eau.

Compléter le document réponse DRA1 décrivant la procédure des actions à réaliser sur le site « départ conduite » lors du démarrage.

### A2 : Choix du support de transmission des informations

*Documents nécessaires :*

- Dossier technique
  - o Réseaux Profibus *chap 1 p2 – p5*

Les informations circulant entre les deux sites nécessitent un support de transmission. Trois supports sont en compétition :

- le support cuivre
- le support optique
- le support sans fil

Le réseau mis en œuvre entre le site « départ conduite » et « centrale » est de type profibus.

**A2-1.** Selon vous, indiquer le ou les support(s) utilisable(s) pour cette application et préciser pour chacun d'entre eux les critères qui vous ont permis de le retenir ou de l'éliminer.

**A2-2.** Définir en vous justifiant le type câble de liaison « profibus » à mettre en place entre les deux sites.

**A2-3.** Déterminer la référence du câble à donner lors de la commande.

### A3 : Raccordement des entrées – sorties déportées

Documents nécessaires :

- |   |                 |                  |
|---|-----------------|------------------|
| - <i>Dossier ressources</i>                 |                 |                  |
| ○ <i>Description des équipements</i>        | <i>chap 1.3</i> | <i>p7 – p8</i>   |
| ○ <i>Liste des entrées sorties</i>          | <i>chap 3</i>   | <i>p10 – p11</i> |
| - <i>Dossier technique</i>                  |                 |                  |
| ○ <i>Entrées – sorties déportées ET200S</i> | <i>chap 2</i>   | <i>p6 – p16</i>  |
| ○ <i>Capteur radar à impulsions guidées</i> | <i>chap 2.6</i> | <i>p17 – p18</i> |

Les entrées - sorties déportées du site « départ conduite » sont reliées à des ensembles granulaires ET200S. Il y a un ensemble ET200S pour le local « prise d'eau » et un pour le local « siphon ».

Les entrées - sorties sont associées aux différents numéros de modules selon les tableaux présentés dans les listes des E/S.

Les départs moteurs des pompes à vide, du surpresseur et de la vanne de purge sont réalisés par des modules intégrés. Les autres actionneurs sont pilotés par des contacteurs.

**A3-1.** Compléter sur le document réponse DRA2, le type des modules d'entrées - sorties et départs moteurs nécessaire au fonctionnement du siphon. Le matériel sera choisi dans la gamme standard.

Les capteurs, les voyants et les modules électroniques sont alimentés en 24V DC par la même alimentation. Les contacteurs des départs moteurs sont alimentés en 24V DC par une autre alimentation indépendante.

Les entrées sorties déportées du local siphon listées p11 du dossier ressource sont configurées selon la figure p19 du dossier technique.

**A3-2.** Compléter sur le document réponse DRA3, le schéma de raccordement des capteurs du local siphon aux modules d'E/S déportées. On se limitera aux modules 0, 1, 2, 3, 10, 11.

**A3-3.** Compléter sur le document réponse DRA4, le schéma de raccordement des moteurs du local siphon aux modules d'E/S déportées. On se limitera aux modules 15, 16, 17 et 18.

**A3-4.** Déterminer pour le départ moteur « vanne de purge », les adresses des bits de contrôle - commande, leur type (entrée ou sortie) et leur fonction.

**A3-5.** Déterminer la référence du départ moteur correspondant à la pompe à vide N°1 et préciser les réglages à effectuer.

A4 : Programmation du fonctionnement des pompes à vide

#### *Documents nécessaires :*

- Dossier ressources
    - o Présentation de la centrale hydroélectrique chap 1 p1 – p7
    - o Description des modes de marche chap 2 p8 – p10
    - o Liste des entrées sorties chap 3 p10 – p11
    - o Organisation des fonctions de gestion du siphon chap 4 p11
  - Dossier technique
    - o Capteur radar à impulsions guidées chap 2.6 p17- p18
    - o Plage de mesure des entrées analogiques chap 3.3 p20
    - o Éléments de programmation du langage SCL chap 3.4 p21

Un capteur radar à impulsions guidées permet la mesure du niveau dans la cuve du siphon. Il est de type VegaFlex 61, Hart bifilaire avec une sonde tige de 2,20m. La cote du niveau de référence de ce capteur est fixée à 367,8m.

**A4-1.** Rechercher la relation permettant de calculer le niveau absolu « a » en mètre en fonction du nombre entier « n » fournie par l'entrée analogique.

Afin de garantir le bon fonctionnement de la gestion de la hauteur d'eau dans le siphon, il faut s'assurer que l'information fournie à l'automate soit suffisamment précise. Les imperfections proviennent essentiellement de la résolution du capteur et de la quantification du module d'entrée analogique.

**A4-2.** Calculer la variation minimum détectable en mm de la hauteur d'eau dans le siphon. Cette variation est-elle préjudiciable au fonctionnement du siphon ?

En fonctionnement automatique, la hauteur d'eau dans la cuve siphon est maintenue entre deux seuils par deux pompes à vide.

**A4-3.** Représenter sur le document réponse DRA5, les chronogrammes de fonctionnement des pompes à vide selon le niveau mesuré.

Le programme de la centrale est découpé en fonctions simples et courtes de manière à améliorer la lisibilité. La gestion du siphon est réalisée à partir de 4 fonctions FC20 à FC23 présentées page 11 du dossier ressources.

**A4-4.** Compléter en langage SCL, sur le document réponse DRA6, le programme de la fonction FC21 assurant le fonctionnement des pompes à vide en mode automatique.

### **Enjeu B : Alimentation en énergie électrique du site isolé « départ conduite »**

## B1 Choix de la source d'énergie

#### *Documents nécessaires :*

- Dossier ressources
    - o Présentation de la centrale hydroélectrique chap 1 p1 – p7
    - o Description des modes de marche chap 2 p8 – p10

Le site « départ conduite » est éloigné de plus d'un km de toutes lignes électriques. Néanmoins une alimentation électrique est nécessaire pour faire fonctionner les différents organes présents sur le site.

Plusieurs solutions sont en compétition dont parmi les principales

- alimentation par panneaux solaires
  - alimentation par une éolienne
  - alimentation par un groupe électrogène
  - alimentation depuis la centrale via une nouvelle ligne à créer
  - un mixage de ces solutions.

**B1-1.** Pour cette application, déterminer en vous justifiant, les solutions qui selon vous ne sont pas envisageables et celles qui méritent une étude plus approfondie.

On se propose d'approfondir la solution de l'alimentation unique depuis la centrale.

L'alimentation se fera à partir du site « centrale » via une ligne enterrée de 1200m de long. Un câble composé de plusieurs câbles mono conducteurs en cuivre, isolé PRC sera posé dans un fourreau enterré le long de la conduite. Ce câble alimentera une armoire située dans le local « prise d'eau » et un coffret situé dans le local « siphon ».

L'enjeu est ici d'optimiser cette ligne d'un point de vue économique.

## B2 Alimentation avec une tension de 400V

### *Documents nécessaires :*

- *Dossier ressources*
    - o *Présentation de la centrale hydroélectrique* *chap 1* *p1 – p7*
    - o *Description des modes de marche* *chap 2* *p8 – p10*
  - *Dossier technique*
    - o *Détermination des conducteurs* *chap 4* *p22 – p23*

Le site de la centrale est raccordé au réseau national par une ligne 20kV. Un transformateur privé permet de créer un réseau 400V pour les besoins internes.

La ligne est raccordée à un départ 400V du TGBT situé dans la centrale.

Afin d'optimiser la ligne, il est impératif de déterminer les actionneurs qui peuvent fonctionner simultanément.

**B2-1.** Indiquer selon vous la phase de fonctionnement de la centrale qui nécessitera la plus grande puissance sur le site « départ conduite ».

**B2-2.** Durant cette phase, préciser les actionneurs dont on est sûre qu'ils ne fonctionneront pas.

**B2-3.** En déduire la puissance apparente nécessaire au site « départ conduite ».

**B2-4. Déterminer d'un point de vue thermique, la section des conducteurs de phase de la ligne.**

**B2-5.** Calculer la chute de tension relative due à la ligne.

Les chutes de tension autres que celles engendrées par la ligne sont estimées à 2%.

**B2-6.** Déterminer une nouvelle section des conducteurs afin de respecter la chute de tension maximum permise.

## B3 Alimentation par transformateurs

#### *Documents nécessaires :*

- *Dossier ressources*
    - o *Présentation de la centrale hydroélectrique* *chap 1* *p1 – p7*
    - o *Description des modes de marche* *chap 2* *p8 – p10*
    - o *Schéma électrique général* *chap 5* *p12*
  - *Dossier technique*
    - o *Détermination des conducteurs* *chap 4* *p22 – p23*
    - o *Tarifs* *chap 6* *p26*

L'alimentation du site « départ conduite » est réalisée selon le schéma électrique général page 12 du dossier ressources

Les transformateurs TR2 et TR3 possèdent des prises de réglage au primaire de +/-5%. La prise +5% permet d'obtenir la tension secondaire à vide de la plaque signalétique lorsque le primaire est alimenté par une tension de  $U_n + 5\%$ . En l'absence de consommation sur le site « départ conduite », la tension ne doit pas dépasser 440V pour une tension de 400V sur le site « centrale ».

**B3-1.** Déterminer la relation qui permet de calculer la tension à vide au secondaire de TR3 en fonction de la tension primaire de TR2 et de la position des prises de réglage  $p_2$  pour TR2 et  $p_3$  pour TR3 ( $p_2, p_3 = -0,05, 0 \text{ ou } 0,05$ ).

**B3-2.** Calculer pour les 9 configurations possibles, la tension à vide obtenue sur le site départ « conduite », pour une tension de 400V sur le site centrale.

Lorsque le transformateur TR2 est à sa puissance nominale, le transformateur TR3 délivre une puissance maximum de 20kVA

**B3-3.** Pour le fonctionnement ci-dessus, calculer la chute de tension en % et en V (par rapport à 400V) qu'apporteront les deux transformateurs.

**B3-4.** Parmi les 9 configurations, choisissez en vous justifiant, celle qui vous semble la plus appropriée pour cette application.

Les chutes de tension autres que celles engendrées par les transformateurs TR2, TR3 et la ligne sont estimées à 2%.

**B3-5.** Calculer la chute de tension maximum en %, permise par la ligne.

**B3-6.** Déterminer d'un point de vue thermique la section d'un conducteur soumis à une tension  $T_{BC}$  et  $T_{BC}$ .

**B3-7.** Calculer la section permettant de respecter la chute de tension maximum de la ligne.

**B3-8.** Chiffrer les deux solutions et déterminer celle qui est la plus rentable d'un point de vue

*Page 114 sur 224*

## B4 : Schéma des liaisons à la terre

*Documents nécessaires :*

- *Dossier ressources*
  - o *Schéma électrique général* *chap 5* *p12*
- *Dossier technique*
  - o *Détermination des conducteurs* *chap 4* *p22 – p23*
  - o *Détermination des disjoncteurs* *chap 5* *p24 – p25*

Le schéma étudié est celui de la page 12 du dossier ressources.

L'utilisation de transformateurs impose une étude des schémas de liaison à la terre. L'alimentation basse tension de la centrale, lorsqu'elle est fournie par le réseau EDF, se fait en 3 x 400V +N.

**B4-1.** Compléter sur le document DRB1, le raccordement des prises de terre, des masses et des neutres des transformateurs.

**B4-2.** Préciser quels sont les schémas de liaisons à la terre obtenus pour :

- la partie 400V en amont de TR2
- la partie 690V en aval de TR2
- la partie 400V en aval de TR3

Pour définir le disjoncteur D20 en aval de TR2, il faut répondre à un certain nombre de critères.

**B4-3.** Pour chaque élément suivant, déterminer sa valeur en précisant les critères qui vous ont permis la déterminer.

- a) nombre de pôles
- b) tension assignée
- c) désignation du disjoncteur
- d) calibre du déclencheur
- e) pouvoir de coupure
- f) réglage du thermique ou long retard
- g) réglage du magnétique ou court retard
- h) Elément de protection des personnes

# CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE

## DOSSIER TECHNIQUE

### Sommaire :

1. Présentation de la centrale hydroélectrique
  - 1.1. Présentation générale
  - 1.2. Description du procédé
  - 1.3. Description des équipements
    - 1.3.1. Equipements prise d'eau
    - 1.3.2. Organes de commande et de signalisation prise d'eau
    - 1.3.3. Equipements siphon
    - 1.3.4. Organes de commande et de signalisation siphon
2. Description des modes de marche
  - 2.1. Fonctionnement du surpresseur
  - 2.2. Fonctionnement de la vanne de purge siphon
  - 2.3. Remplissage de la conduite
  - 2.4. Fonctionnement des pompes à vide siphon
  - 2.5. Fonctionnement de la vanne tête de conduite
  - 2.6. Fonctionnement du dégrilleur autonome
  - 2.7. Fonctionnement des mesures et détections de niveaux
3. Liste des entrées/sorties
  - 3.1. Local « prise d'eau »
  - 3.2. Local « siphon »
4. Organisation des fonctions de gestion du siphon
5. Schéma électrique

## 1. - PRESENTATION DE LA CENTRALE HYDROELECTRIQUE

### 1.1. Présentation générale

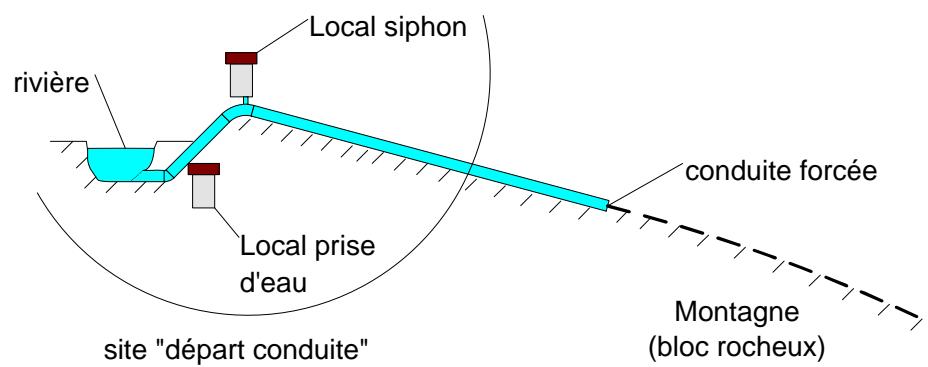
L'installation électrique de la centrale est répartie sur deux sites distants d'une dizaine de kilomètre par la route :

- le site de la centrale où sont situés les turbines, les alternateurs, les transformateurs, les armoires de distribution et le centre de pilotage.
- un site au départ de la conduite comportant le local « prise d'eau » et le local « siphon » distant d'une trentaine de mètres. Sur ce site sont répartis les différents capteurs et actionneurs de contrôle de la prise d'eau et du siphon. En mode manuel, des commandes situées dans les deux locaux permettent de commander directement les actionneurs du site, alors qu'en mode automatique, l'ensemble est géré via un réseau par un automate programmable situé dans le centre de pilotage de la centrale.

L'étude se limite à la partie prise d'eau et siphon de cette centrale hydroélectrique

Le site « départ conduite » est alimenté en énergie électrique par la centrale elle même. Un câble enterré est posé le long de la conduite.

Les capteurs et préactionneurs des locaux « siphon » et « prise d'eau » sont raccordés à des ensembles d'entrées - sorties déportées, reliés à l'automate programmable par un réseau de type « profibus ». Ce câble de liaison est également enterré le long de la conduite.

**Altitude**

- prise d'eau : 361 m
- siphon : 365 m
- turbines : 249 m

**longueur conduite d'eau**

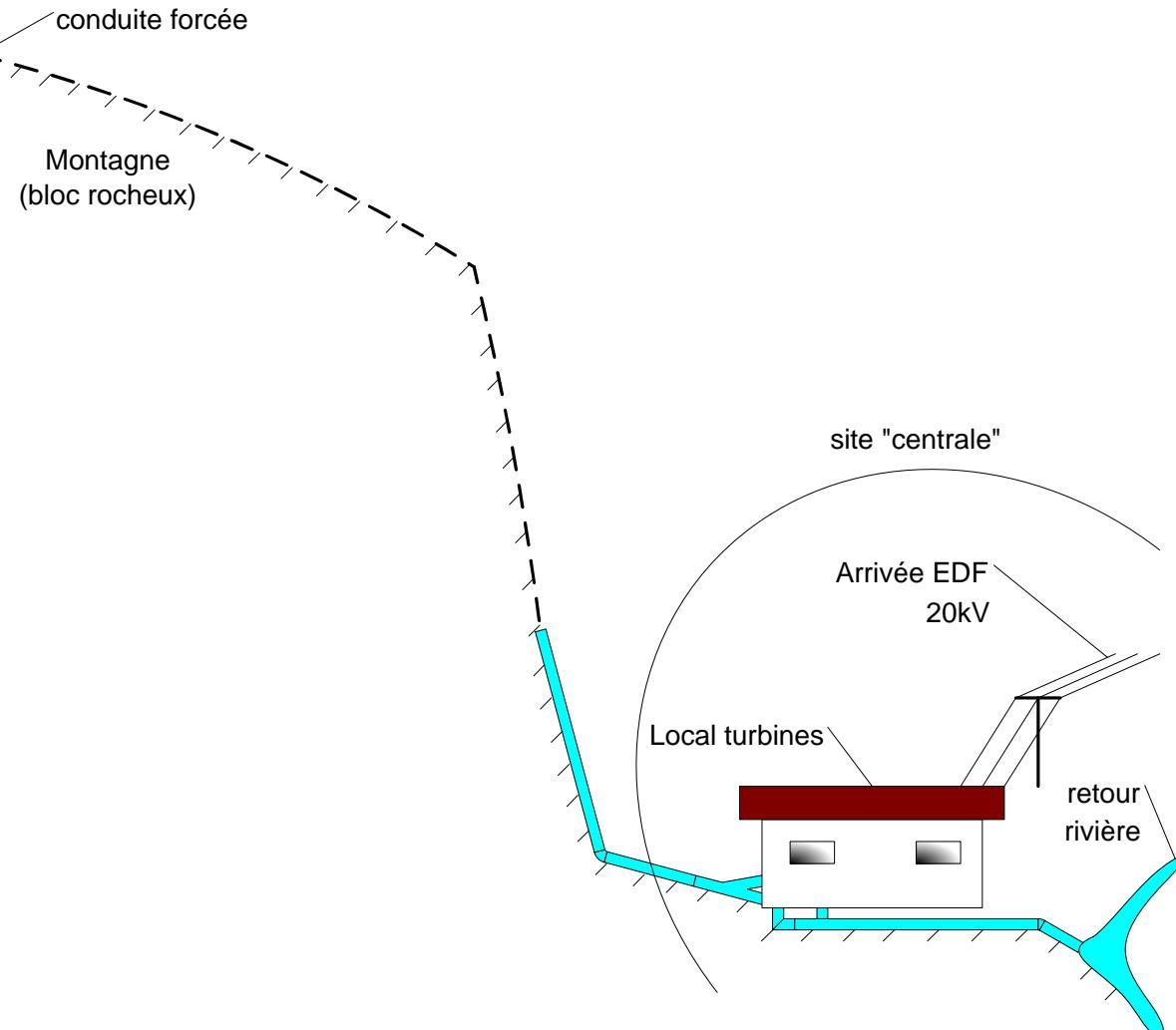
- prise d'eau --> siphon : 50 m
- siphon --> turbines : 1200 m

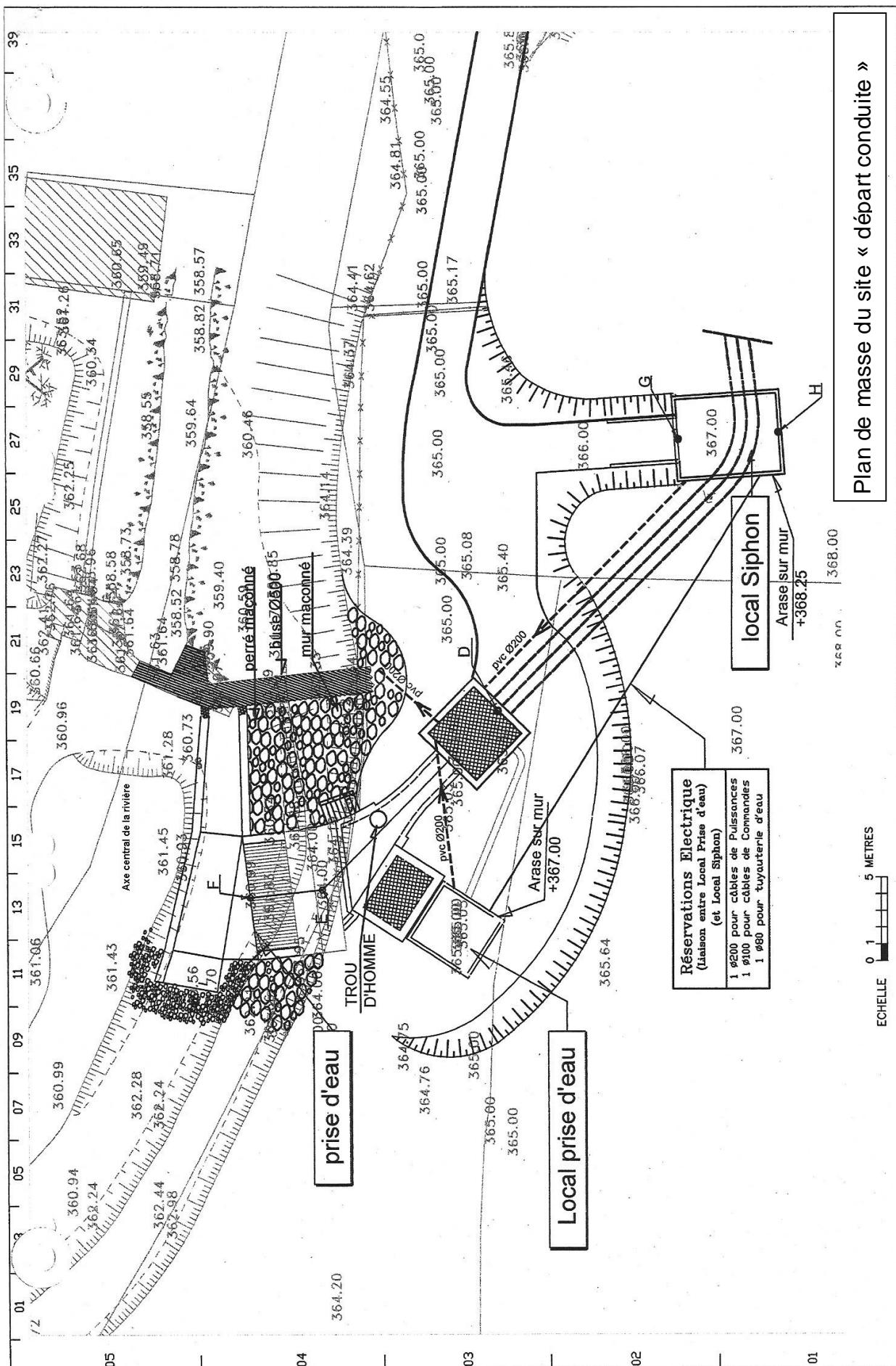
**débit rivière**

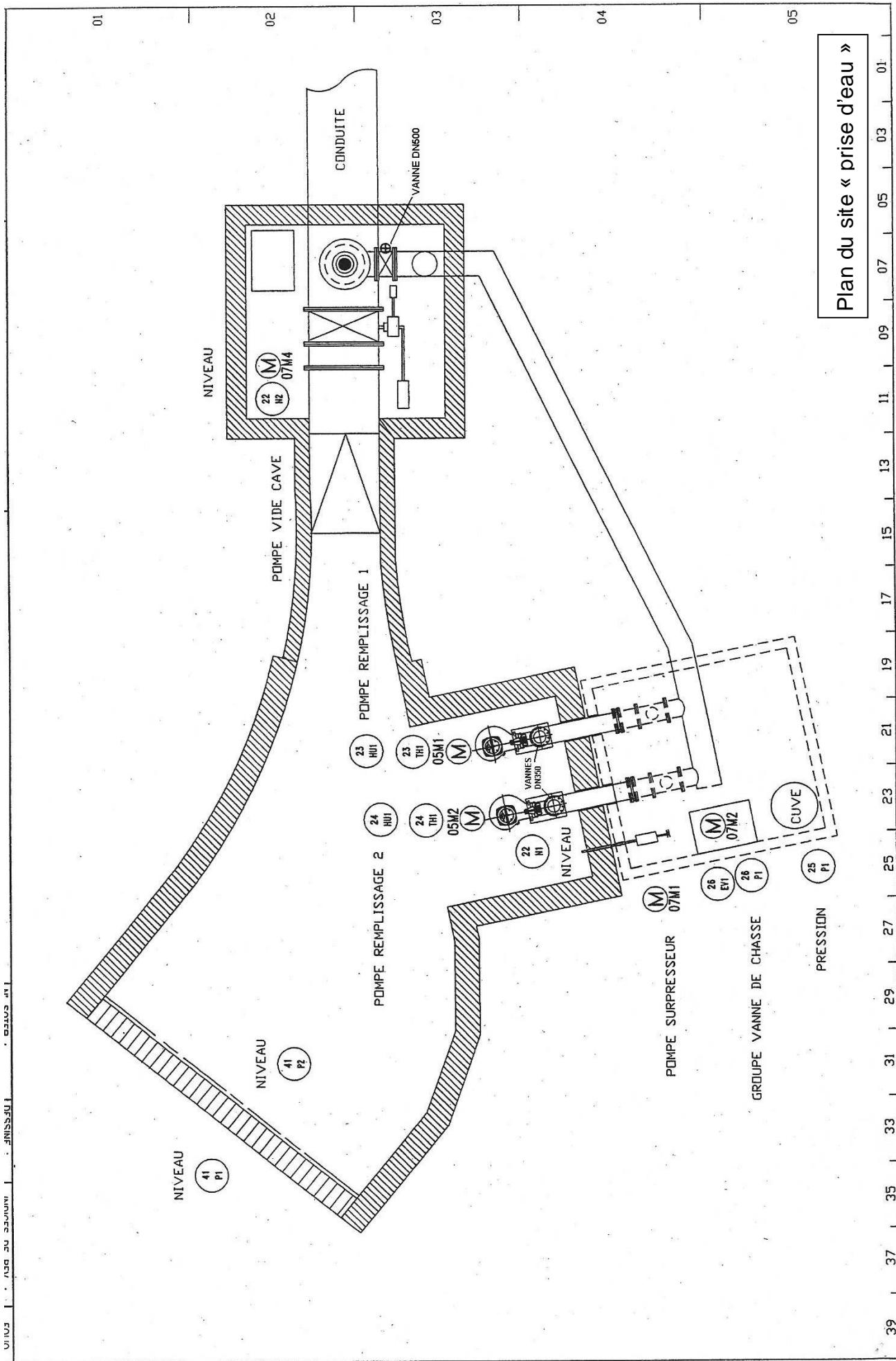
- maximum 5,5 m<sup>3</sup>/s
- de réserve : 0,5 m<sup>3</sup>/s
- volume annuel : 52 million de m<sup>3</sup>

**turbines :**

- 2 turbines Francis de 3 MW
- 2 alternateurs de 3 MW; 6,6 kV







1 01 1 03 1 05 1 07 1 09 1 11 1 13 1 15 1 17 1 19 1 21 1 23 1 25 1 27 1 29 1 31 1 33 1 35 1 37 1 39

05 VANNE DE PURGE



NIVEAU (voir plan prise d'eau)



04

367.50 ALARME NIVEAU HAUT  
367.40 ARRET POMPES A VIDE

03

366.40 DEMARRAGE 1 POMPE A VIDE

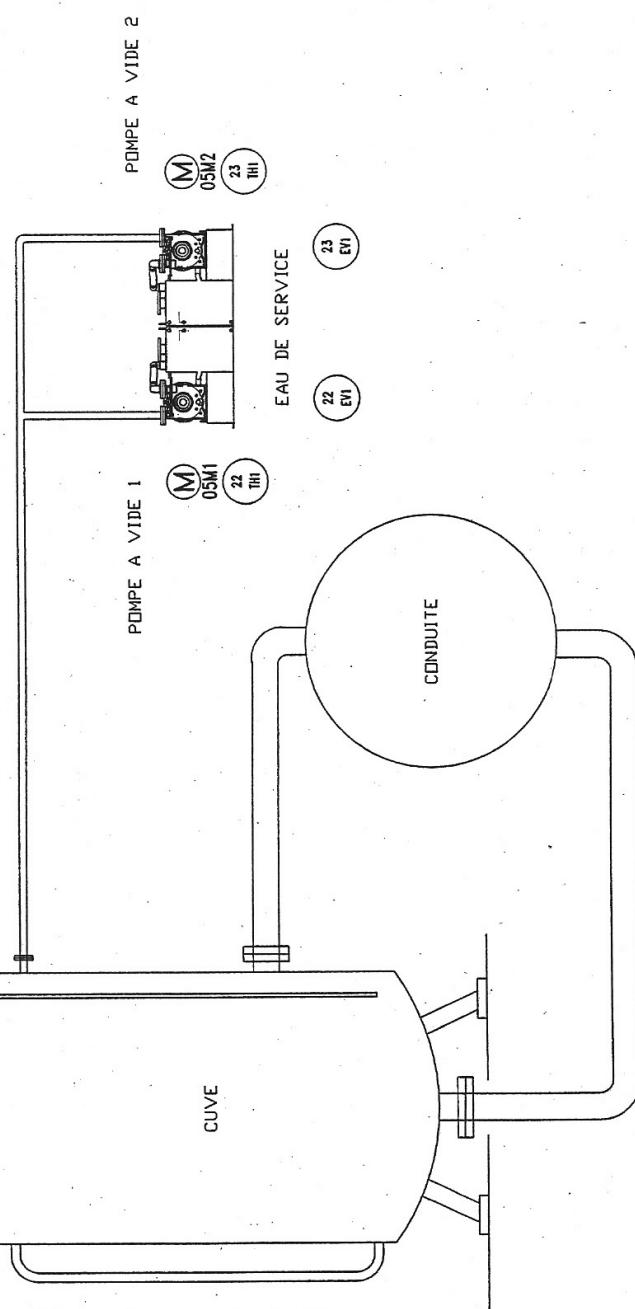
366.20 DEMARRAGE 2 POMPES A VIDE

366.00 ALARME NIVEAU BAS  
365.90 ARRET POMPE REMPLISSAGE 2

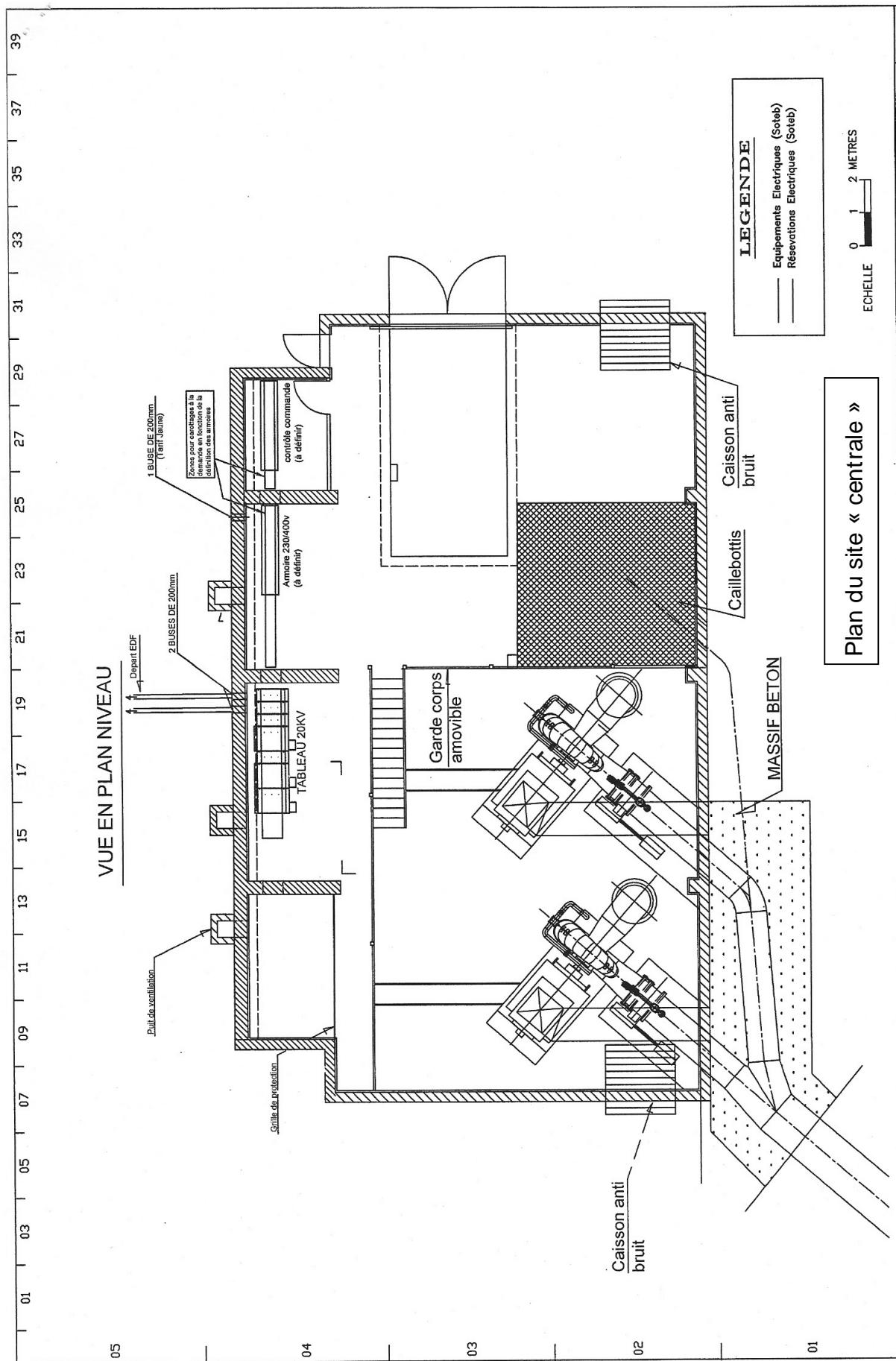
365.80 ARRET POMPE REMPLISSAGE 1

02

01



Plan du site « siphon »



## 1.2. Description du procédé

Cette analyse décrit les fonctionnements automatique et manuel de la prise d'eau et du siphon.

Deux coffrets sont implantés sur le site « départ conduite ». Un dans le local « prise d'eau » et un dans le local « siphon ». Ces coffrets rassemblent les boutons poussoirs, commutateurs et voyants permettant la gestion des modes de marche et en particulier la commande manuelle des actionneurs situés sur le site. Les organes de commande, capteurs et actionneurs sont raccordés à des blocs d'entrées - sorties décentralisées situés pour l'un dans le coffret « prise d'eau » et pour l'autre dans le coffret « siphon ».

L'automate programmable situé dans le bâtiment de la centrale gère aussi bien la marche manuelle que automatique de tous les sites.

En marche automatique, tout est piloté depuis la centrale.

La marche manuelle est partielle. Ainsi le commutateur auto/arrêt/manu situé sur le coffret « prise d'eau » ne permet de passer en mode manuel que les éléments raccordés au local « prise d'eau ». Les éléments des autres sites continuent alors à fonctionner en automatique. Il en est de même pour le commutateur auto/arrêt/manu situé sur le coffret du local « siphon ».

## 1.3. Descriptions des équipements

### 1.3.1. Equipements prise d'eau

La prise d'eau est équipée :

Pour le remplissage de la conduite :

- 2 pompes submersibles 15kW,  $\cos \phi = 0.85$ ,  $\eta = 90\%$
- 2 vannes manuelles DN350
- 2 clapets anti retour DN350
- 1 vanne manuelle DN500 .

Pour le surpresseur :

- 1 pompe 1.5kW 400V,  $\cos \phi = 0.8$ ,  $\eta = 80\%$
- 1 réservoir vertical de 500 litres
- 1 pressostat 2 à 6 bars
- 1 manomètre 0 à 6 bars.

Le surpresseur permet d'avoir de l'eau sous pression pour le refroidissement des pompes à vide du siphon

Un dégrilleur autonome

- équipé d'un moteur 10kW,  $\cos \phi = 0.85$ ,  $\eta = 90\%$

Une vanne de tête conduite à commande hydraulique :

- 1 groupe hydraulique d'une puissance de 1.5kW,  $\cos \phi = 0.8$ ,  $\eta = 80\%$
- Des fins de course ouverture/fermeture
- Une commande ouverture/fermeture.

Des mesures et détections de niveaux :

- 1 détecteur de niveau à flotteur pour la détection niveau bas prise d'eau
- 1 capteur ultrasonique pour la mesure continue du niveau d'eau amont dégrilleur
- 1 capteur ultrasonique pour la mesure continue du niveau d'eau aval dégrilleur

Un circuit d'éclairage 2A par phase,  $\cos \phi = 1$

Un circuit de chauffage triphasé P = 4 kW

Des circuits auxiliaires d'une puissance totale de 3kW triphasée,  $\cos \phi = 0.85$ ,  $\eta = 70\%$

### 1.3.2. Organes de commandes et de signalisations « prise d'eau »

Le coffret de la prise d'eau est équipée de :

Divers:

- 1 contrôleur de phase
- 1 voyant présence tension 400V
- 1 commutateur auto/arrêt/manual
- 1 bouton poussoir test lampes

Remplissage:

- 1 bouton poussoir marche pompe 1
- 1 bouton poussoir arrêt pompe 1
- 1 voyant marche pompe 1
- 1 voyant défaut pompe 1
- 1 bouton poussoir marche pompe 2
- 1 bouton poussoir arrêt pompe 2
- 1 voyant marche pompe 2
- 1 voyant défaut pompe 2

Surpresseur :

- 1 bouton poussoir marche pompe
- 1 bouton poussoir arrêt pompe
- 1 voyant marche pompe
- 1 voyant défaut pompe
- 1 pressostat 2 à 6 bars

Vanne de tête conduite:

- 1 bouton poussoir ouverture
- 1 bouton poussoir fermeture
- 1 voyant vanne ouverte
- 1 voyant vanne fermée
- 1 voyant défaut groupe hydraulique

### Mesures et détections de niveaux:

- 1 voyant détection niveau bas d'eau
- 1 afficheur pour :
  - la mesure continue du niveau d'eau,
  - la mesure perte de charge différentielle des grilles,
  - la mesure continue du niveau d'eau cuve siphon.

### 1.3.3. Equipements siphon

Le siphon est équipé de :

#### Pour la cuve :

- 1 cuve de  $3 \text{ m}^3$  avec indicateur de niveau visuel
- 1 vanne de purge motorisée  $0.18\text{kW}$ ,  $\cos \phi = 0.75$ ,  $\eta = 75\%$ , avec fin de course ouverture/fermeture
- 1 capteur radar filoguidé pour la mesure continue du niveau d'eau.

#### Groupe pompes à vide:

- 2 pompes anneau liquide  $0.75 \text{ kW}$   $400V$   $\cos \phi = 0.77$ ,  $\eta = 70\%$
- 2 thermostats
- 2 électrovannes d'admission d'eau
- 1 vacuostat -1 à 0 bar

Un circuit d'éclairage  $2A$  par phase,  $\cos \phi = 1$

Un circuit de chauffage triphasé  $P = 4 \text{ kW}$

Des circuits auxiliaires d'une puissance totale de  $3\text{kW}$  triphasée,  $\cos \phi = 0.85$ ,  $\eta = 70\%$

### 1.3.4. Organes de commandes et de signalisations « siphon »

L'armoire du siphon est équipée de :

#### Divers:

- 1 voyant présence tension  $400V$
- 1 commutateur auto/arrêt/manuel
- 1 bouton poussoir test lampes

#### Groupe pompes à vide:

- 1 bouton poussoir marche pompe 1
- 1 bouton poussoir arrêt pompe 1
- 1 voyant marche pompe 1
- 1 voyant défaut pompe 1
- 1 bouton poussoir marche pompe 2
- 1 bouton poussoir arrêt pompe 2
- 1 voyant marche pompe 2

- 1 voyant défaut pompe 2
- 1 voyant défaut pression

#### Vanne de purge:

- 1 bouton poussoir ouverture
- 1 bouton poussoir fermeture
- 1 voyant vanne ouverte
- 1 voyant vanne fermée
- 1 voyant défaut vanne

## 2. DESCRIPTION DES MODES DE MARCHE

L'installation possède deux modes de marche :

- Automatique pour la production
- Manuel pour la mise en service et le dépannage

Les deux modes de marche sont gérés par l'automate

### 2.1. Fonctionnement du surpresseur

Conditions initiales de démarrage:

- Pas de défaut
- Pas de niveau bas de la prise d'eau

Mode manuel :

- Démarrage de la pompe par action sur bouton marche.
- Arrêt de la pompe par action sur bouton arrêt ou par seuil de pression atteint dans le réservoir

Mode automatique :

- Démarrage de la pompe par seuil de pression non atteint dans le réservoir
- Arrêt de la pompe par seuil de pression atteint dans le réservoir

### 2.2. Fonctionnement de la vanne de purge siphon

Conditions initiales de démarrage:

- Pas de défaut

Mode manuel:

- Ouverture de la vanne par action sur le bouton ouverture
- Fermeture de la vanne par action sur le bouton fermeture

Pas de mode automatique. Le mode automatique (production) interdit toute commande sur les actions des boutons d'ouverture et de fermeture de la vanne.

## 2.3. Remplissage de la conduite

Conditions initiales de démarrage:

- Pas de défaut (disjonction et thermosonde pompe surpresseur)
  - Pas de niveau bas de la prise d'eau (niveau d'eau correct).
  - Vannes de garde turbines fermées
  - Vanne de tête conduite fermée.
  - Vanne de purge cuve siphon ouverte.
  - Vannes d'isolement collecteur DN350 et DN 500 ouvertes (opération manuelle).
- En fonctionnement normal, ces vannes sont fermées.

Mode manuel:

- Démarrage de la pompe 1 par action sur bouton marche 1
- Démarrage de la pompe 2 par action sur bouton marche 2 (démarrage temporisé par rapport à la pompe 1)
- Arrêt de la pompe 1 par action sur bouton arrêt 1 ou par seuil de niveau remplissage atteint dans la cuve siphon
- Arrêt de la pompe 2 par action sur bouton arrêt 2 ou par seuil de niveau remplissage atteint dans la cuve siphon

Pas de mode automatique. Le mode automatique (production) interdit toute commande sur les actions des boutons marche et arrêt des pompes.

## 2.4. Fonctionnement des pompes à vide siphon

Conditions initiales de démarrage:

- Pas de défaut
- Pas de niveau bas de la prise d'eau
- Niveau d'eau correct dans la cuve
- Vanne de purge cuve fermée

Mode manuel:

- Démarrage de la pompe 1 par action sur bouton marche 1
- Démarrage de la pompe 2 par action sur bouton marche 2
- Arrêt de la pompe 1 par action sur bouton arrêt 1 ou par seuil de niveau atteint dans la cuve siphon
- Arrêt de la pompe 2 par action sur bouton arrêt 2 ou par seuil de niveau atteint dans la cuve siphon
- Arrêt de la pompe 1 et 2 par défaut disjonction pompe surpresseur et défaut pression réservoir surpresseur.

Mode automatique:

- Démarrage de la pompe 1 par seuil de niveau (démarrage pompe 1) atteint dans la cuve siphon
- Démarrage de la pompe 2 par seuil de niveau (démarrage pompe 2) atteint dans la cuve siphon
- Arrêt de la pompe 1 et 2 par seuil de niveau (arrêt pompe) atteint dans la cuve siphon
- Arrêt de la pompe 1 et 2 par défaut disjonction pompe surpresseur et défaut pression réservoir surpresseur

Chaque pompe est sécurisée par un thermostat (seuil à 25° C) et d'une électrovanne d'admission d'eau pour le refroidissement :

- Ouverture de l'électrovanne si le seuil du thermostat est atteint
- Fermeture de l'électrovanne si le seuil du thermostat disparaît

## 2.5. Fonctionnement de la vanne tête de conduite

Conditions initiales de démarrage:

- Pas de défaut

Mode manuel:

- Ouverture de la vanne par action sur le bouton ouverture
- Fermeture de la vanne par action sur le bouton fermeture

Mode automatique:

- Ouverture de la vanne sur niveau d'eau haut de la prise d'eau
- Fermeture de la vanne sur niveau d'eau bas de la prise d'eau
- Le mode automatique (production) interdit toute commande sur les actions des boutons d'ouverture et de fermeture de la vanne.

## 2.6. Fonctionnement du dégrilleur autonome.

Le dégrilleur autonome n'est pas relié à l'automatisme. L'utilisateur l'utilise au vue de la perte de charge et lorsque le besoin s'en fait sentir. Néanmoins, l'utilisation du dégrilleur est interdite pendant la phase de remplissage de la conduite.

## 2.7. Fonctionnement des mesures et détections de niveaux

### 2.7.1. Détection niveau bas prise d'eau

Un détecteur à flotteur sera installé coté aval du dégrilleur.

Détection niveau bas :

- Arrêt de la pompe surpresseur

- Arrêt des pompes remplissage
- Arrêt des pompes à vide siphon

### 2.7.2. Mesure de niveau prise d'eau

Un capteur ultrasonique sera installé côté aval du dégrilleur.

Un capteur ultrasonique sera installé côté amont du dégrilleur.

La mesure continue du niveau de l'eau sera faite par le capteur côté aval. Cette mesure sera retransmise sur l'afficheur sur l'armoire prise d'eau.

La mesure de perte de charge différentielle des grilles sera calculée par l'automate en fonction des mesures amont et aval. Cette mesure sera retransmise sur l'afficheur de l'armoire prise d'eau.

### 2.7.3. Mesure de niveau siphon

Un capteur radar filoguidé est installé sur la cuve siphon.

L'automate gère sept seuils de niveau en fonction de cette mesure :

- Niveau 365.80 : arrêt pompe remplissage 1
- Niveau 365.90 : arrêt pompe remplissage 2
- Niveau 366.00: alarme niveau bas - arrêt groupe
- Niveau 366.20 : démarrage pompe à vide 1
- Niveau 366.40: démarrage pompe à vide 2
- Niveau 367.40 : arrêt pompe à vide 1 et 2
- Niveau 367.50: alarme niveau haut

Cette mesure continue du niveau de l'eau sera retransmise sur l'afficheur de l'armoire prise d'eau.

## 3. Liste des entrées/sorties

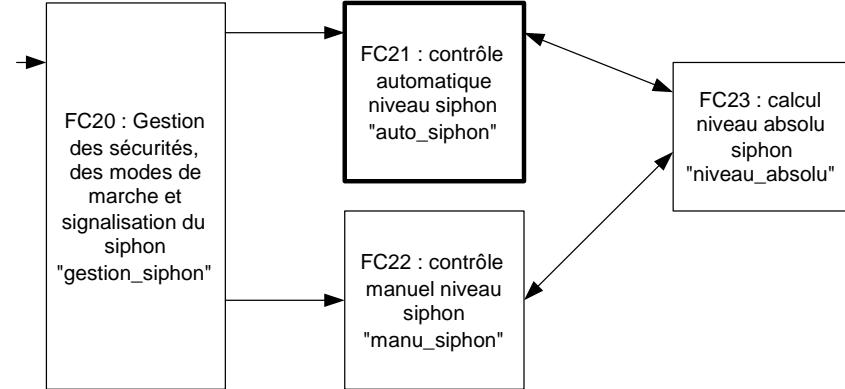
### 3.1. Local « prise d'eau »

Désignation	Type	N° module	Mnémonique
Mesure niveau amont dégrilleur Mesure niveau aval dégrilleur	E ana	3 3	Niv_amont Niv_aval
Mode automatique		4	Auto_PE
Mode manuel		4	Manu_PE
BP marche pompe surpresseur		4	Ma_surp
BP arrêt pompe surpresseur		4	At_surp
BP marche pompe remplissage 1		5	Ma_Pomp1
BP arrêt pompe remplissage 1		5	At_Pomp1
BP marche pompe remplissage 2		5	Ma_Pomp2
BP arrêt pompe remplissage 2		5	At_Pomp2
BP ouverture vanne de tête		6	BPO_Vtete
BP fermeture vanne de tête		6	BPF_Vtete
Défaut disjonction pompe surpresseur	E TOR	6	Dj_surp
Défaut disjonction pompe remplissage 1 + thermosonde		6	Dj_Pomp1
Défaut disjonction pompe remplissage 2+ thermosonde		7	Dj_Pomp2
Défaut vanne de tête + défaut hydraulique		7	Dj_Vtete
Pression réservoir surpresseur		8	Pression_surp
Détection niveau bas prise d'eau		8	Nbas_PE
Fin de course fermeture vanne de tête		8	FcF_Vtete
Fin de course ouverture vanne de tête		8	FcO_Vtete
Voyant niveau bas prise d'eau	S TOR	11	Vnbas_PE
Voyant marche pompe surpresseur		11	Vma_surp
Voyant défaut pompe surpresseur		11	Vdef_surp
Voyant marche pompe remplissage 1		11	Vma_Pomp1
Voyant défaut pompe remplissage 1		12	Vdef_Pomp1
Voyant marche pompe remplissage 2		12	Vma_Pomp2
Voyant défaut pompe remplissage 2		12	Vdef_Pomp2
Voyant vanne de tête ouverte		12	VO_Vtete
Voyant vanne de tête fermée		13	VF_Vtete
Voyant défaut vanne de tête		13	Vdef_Vtete
Commande marche pompe surpresseur		13	Surp
Commande marche pompe remplissage 1		13	Pomp1
Commande marche pompe remplissage 2		14	Pomp2
Commande marche ouverture vanne de tête		14	O_Vtete
Commande marche fermeture vanne de tête		14	F_Vtete

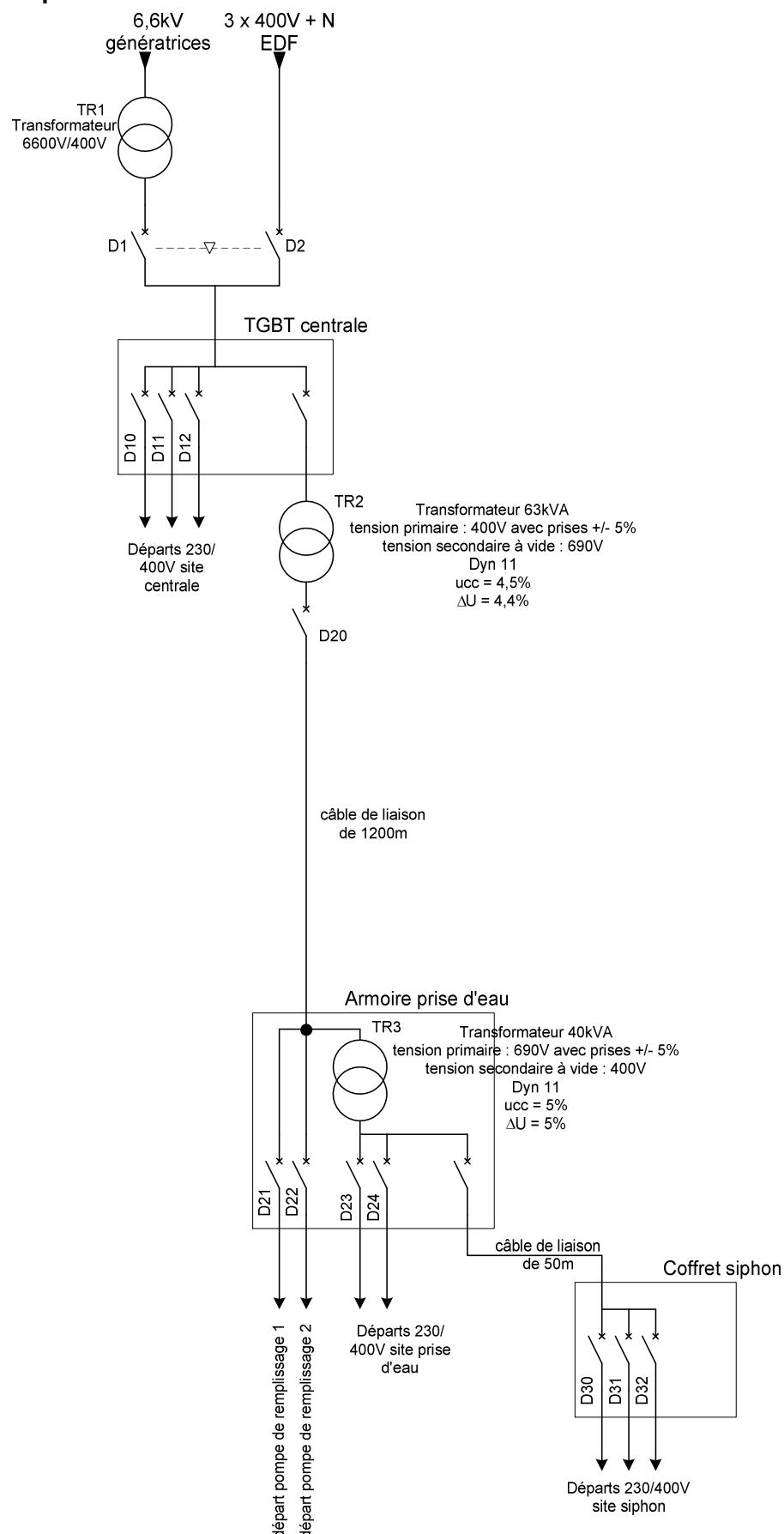
### 3.2. Local « siphon »

Désignation	Type	N° module	Mnémonique
Mesure niveau cuve	E ana	2	Niv_cuv
Mode automatique		3	Auto_siphon
Mode manuel		3	Manu_siphon
BP ouverture vanne de purge		3	BPO_Vpurge
BP fermeture vanne de purge		3	BPF_Vpurge
BP marche pompe à vide 1		4	Ma_Pvide1
BP arrêt pompe à vide 1		4	At_Pvide1
BP marche pompe à vide 2		4	Ma_Pvide2
BP arrêt pompe à vide 2		4	At_Pvide2
Défaut disjonction pompe à vide 1		5	Dj_Pvide1
Défaut disjonction pompe à vide 2		5	Dj_Pvide2
Défaut vanne de purge		5	Def_Vpurge
Pression cuve		5	P_cuve
Thermostat pompe à vide 1		6	Th_Pvide1
Thermostat pompe à vide 2		6	Th_Pvide2
Fin de course fermeture vanne de purge		6	FcF_Vpurge
Fin de course ouverture vanne de purge		6	FcO_Vpurge
Voyant vanne de purge ouverte	S TOR	11	VO_Vpurge
Voyant vanne de purge fermée		11	VF_Vpurge
Voyant défaut vanne de purge		11	Vdef_Vpurge
Voyant marche pompe à vide 1		11	Vma_Pvide1
Voyant défaut pompe à vide 1		12	Vdef_Pvide1
Voyant marche pompe à vide 2		12	Vma_Pvide2
Voyant défaut pompe à vide 2		12	Vdef_Pvide2
Voyant défaut pression cuve		12	Vdef_Pcuve
Commande électrovanne admission eau pompe à vide 1		13	EV_Pvide1
Commande électrovanne admission eau pompe à vide 2		13	EV_Pvide2
Commande marche ouverture vanne de purge		16	O_Vpurge
Commande marche fermeture vanne de purge		16	V_Vpurge
Commande marche pompe à vide 1		17	Pvide1
Commande marche pompe à vide 2		18	Pvide2

### 4. Organisation des fonctions de gestion du siphon



## 5. Schéma électrique



**CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE****DOSSIER RESSOURCE**

Sommaire

**Partie A**

1. Réseaux Profibus
  - 1.1. Introduction
  - 1.2. Critères de sélection
  - 1.3. Réseau optique
  - 1.4. Références des câbles profibus
2. Périphérie décentralisée ET200S
  - 2.1. Que sont les systèmes de périphérie décentralisée
  - 2.2. Système à modularité granulaire
  - 2.3. Possibilités de configuration entre les modules terminaux et les modules électroniques
  - 2.4. Modules pour départ-moteur
  - 2.5. Brochages des modules
  - 2.6. Capteur radar filoguidé
3. Programmation de la périphérie décentralisée ET200S
  - 3.1. Mémoire image des départs moteur
  - 3.2. Configuration de l'ET200S du local siphon
  - 3.3. Plage de mesure des entrées analogiques
  - 3.4. Programmation SCL

**Partie B**

4. Détermination des conducteurs
  - 4.1. Détermination de la section des conducteurs
  - 4.2. Chutes de tension unitaire
  - 4.3. Vérification des longueurs maximales protégées en schéma TN
  - 4.4. Section du conducteur de protection
5. Détermination des disjoncteurs
  - 5.1. Caractéristiques des disjoncteurs DPX
  - 5.2. Vérification des longueurs maximales protégées (courts circuits minimaux)
  - 5.3. Courbes de déclenchement d'un disjoncteur DPX
6. Tarifs

## Dossier technique partie A

### 1. Réseaux Profibus

#### 1.1 PROFIBUS

##### Introduction

###### Topologies

###### Aperçu

Siemens offre une large gamme de constituants de réseau PROFIBUS pour les supports de transmission cuivre et optiques.

PROFIBUS est normalisé selon la norme CEI 61158/EN 50170 pour l'automatisation universelle (PROFIBUS FMS et PROFIBUS DP) ainsi que selon la norme CEI 61158-2 pour l'automatisation de processus (PROFIBUS PA).

###### Réseau cuivre

- Le réseau cuivre utilise un câble bifilaire torsadé et blindé. L'interface RS 485 fonctionne avec des tensions différentielles, ce qui la fait bénéficier d'une plus grande immunité aux perturbations que les interfaces de tension ou de courant. Pour ce qui est du PROFIBUS, les stations sont connectées au bus par une boîte de connexion ou par un connecteur de bus (max. 32 stations par segment).
- Les segments sont interconnectés par des répéteurs.
- La vitesse de transmission est réglable graduellement de 9,6 kbit/s à 12 Mbit/s.
- La longueur maximale des segments dépend de la vitesse de transmission.
- Le réseau cuivre peut être configuré selon une structure linéaire ou arborescente.
- Les applications de sécurité intrinsèque sont réalisées avec PROFIBUS PA qui utilise la technique de transmission conforme à CEI 61158-2. Ici, la vitesse de transmission est de 31,25 kbit/s.

###### Réseau optique

La variante PROFIBUS optique présente les caractéristiques suivantes :

- immunité du circuit de transmission aux perturbations électromagnétiques
- grandes portées
- séparation galvanique
- utilisation au choix de fibres optiques en plastique, PCF ou verre

###### Liaison sans fil

Le module de liaison infrarouge PROFIBUS Infrared Link Module (ILM) peut servir à l'établissement d'une liaison sans fil avec un ou plusieurs esclaves PROFIBUS ou segments esclave. Doté d'une vitesse de transmission maximale de 1,5 Mbit/s et d'une portée maximale de 15 m, cette solution peut être utilisée pour établir une communication avec des constituants mobiles, tels que les systèmes de transport sans conducteur, et est destinée à remplacer les systèmes soumis à l'usure (bagues ou contacts glissants).

###### Caractéristiques

- Câble de bus de grande qualité
- Mode de transmission RS 485 (selon EIA)
- Topologie de bus avec boîtes de connexion et connecteurs de bus pour le raccordement des stations PROFIBUS
- Mode de transfert selon la norme CEI 61158/EN 50170 pour l'automatisation universelle (PROFIBUS FMS/DP) ainsi que selon la norme CEI 61158-2 pour la zone de sécurité intrinsèque (PROFIBUS PA)
- La conversion de la technique de transmission DP selon RS 485 (codage de bits par signaux de tension différentielle) sur CEI 61158-2 (codage de bits par signaux de courant) est effectuée par les constituants du réseau (coupleur DP/PA ou Link DP/PA)
- Concept de montage et de mise à la terre simple et universel
- Installation simple

###### PROFIBUS optique avec OLM

Les modules de liaison optique (optical link modules = OLM) se prêtent à la réalisation d'un réseau optique selon une structure linéaire, annulaire ou radiale. La distance maximale entre deux OLM est de 15 km. La vitesse de transmission est réglable graduellement de 9,6 kbit/s à 12 Mbit/s.

###### PROFIBUS optique à interface intégrée et OBT

Le PROFIBUS optique à interface intégrée et OBT est réalisé en technique linéaire. La solution économique consiste à adopter des appareils à interface optique intégrée. La connexion des équipements terminaux à l'interface RS 485 se fait par un terminal de bus optique (OBT). La distance maximale entre deux stations est de 50 m pour les FO en plastique. Le pontage de trajets jusqu'à 300 m se fait par des câbles à fibres optiques spéciaux

###### Caractéristiques techniques

Standard	PROFIBUS selon CEI 61 158/EN 50 170 Volume 2
Topologie	
• Réseau cuivre	bus, arborescence
• Réseau optique	bus, arborescence, anneau
• Liaison sans fil	point à point ; point à multipoint
Support de transmission	
• Réseau cuivre	câble bifilaire blindé
• Réseau optique	fibre optique (verre, PCF et plastique)
• Liaison sans fil	infrarouge
Envergure du réseau	
• Réseau cuivre	max. 9,6 km
• Réseau optique	max. 90 km
• Liaison sans fil	max. 15 m
Vitesse de transmission	9,6 kbit/s à 12 Mbit/s (réglable), y compris 31,25 kbit/s pour PROFIBUS PA
Nombre de stations	127 max.
Procédure d'accès	passage de jeton avec maître/esclave asservi

## Critères de sélection du réseau

## Aperçu (suite)

Vous trouverez dans le tableau suivant les critères de sélection pour le réseau cuivre et optique.

Critères		Réseau cuivre	Réseau optique	
		PROFIBUS cuivre	avec OLM	avec interface int./ OBT
Supports de transition	Plastique <sup>1)</sup>			
	PCF	—	●	●
	Verre	—	●	—
	Câble bifilaire blindé	●	—	—
Distances	Envergure max. du réseau	9,6 km <sup>5)</sup>	90 km	9,6 km
	entre 2 stations	jusqu'à 1 km <sup>3)</sup>	jusqu'à 15 km <sup>2)</sup>	jusqu'à 300 m <sup>2)</sup>
Topologie	Bus	●	—	—
	Linéaire	—	●	●
	Arborescence	●	●	—
	Anneau	—	●	—
Protocoles de transmission		tous	tous	DP
Raccordement des stations par	OLM	—	●	—
	Interfaces intégrées	●	—	● <sup>4)</sup>
	Boîte de connexion	●	—	●
	Connecteur de bus	●	—	—
Segments de réseau cuivre raccordables		●	●	—

1) La FO plastique est également désignée Polymer Optical Fiber (POF)      — Ne s'applique pas à cette application  
 2) En fonction du type de câble utilisé  
 3) En fonction de la vitesse de transmission et du type de câble utilisés  
 4) Interfaces intégrées (ET 200M, ET 200X)  
 5) Pour PROFIBUS PA 1,9 km

G.4K0.XX.5013

Critères de sélection pour le réseau cuivre et optique.

## Aperçu (suite)

Les tableaux suivants donnent un aperçu des constituants et accessoires de réseau PROFIBUS ainsi que des jonctions entre les supports de transmission.

	Réseau cuivre	Réseau optique	Couplage sans fil		
	RS 485 selon IEC 61158/EN 50170	IEC 61158-2 (PA)	avec OLM	avec interface intégr./ OBT	
Topologie du réseau	linéaire, arborescence	linéaire, arborescence	linéaire, radial, en anneau	linéaire	point à point point à multipoint
Supports de transmission	Câble bifilaire blindé	Câble bifilaire blindé pour zone de sécurité intrinsèque ou non intrinsèque	FO plastique FO PCF FO verre	FO plastique FO PCF	sans fil, infrarouge
Outils et accessoires	Outil de dégaineage FastConnect	Outil de dégaineage FastConnect	outils pour le prééquipement de connecteurs BFOC pour FO plastique	outils pour le prééquipement de connecteurs simplex pour FO plastique	—
Connectique	Connecteurs de bus	Système SplitConnect	Connecteur BFOC	Connecteur simplex	Bornes intégrées
Matériel de branchement	Boîte de connexion	Système SplitConnect	OLM	OBT	ILM
Câbles prééquipés	Câble de liaison 830-1T Câble de liaison 830-2	—	Câble INDO avec BFOC Câble verre standard avec BFOC Câble souple avec BFOC Câble PCF standard avec BFOC Câble plastique standard avec BFOC	Câble PCF standard doté de connecteurs simplex et aide d'introduction	—
Protection contre la foudre	Protection grossière Protection fine	A réaliser par des mesures constructives	inutile	inutile	—
Segment de réseau cuivre connectable par	répéteur	—	module de liaison optique (OLM)	terminal de bus optique OBT	module de liaison infrarouge (ILM)
Outil de diagnostic	Testeur de matériel BT 200	pas disponible	Contact de sign. et connecteurs fem. de mesure int.; népermètre sur demande	Népermètre sur demande	Contact de signalisation et affichage du niveau du signal
Documentation	Manuel pour réseaux PROFIBUS	Manuel pour réseaux PROFIBUS	Manuel pour réseaux PROFIBUS	Manuel pour réseaux PROFIBUS	Manuel pour réseaux PROFIBUS

G.4K0.XX.5016

Vue d'ensemble : Constituants et accessoires du réseau PROFIBUS

## 1.3. PROFIBUS

### Réseaux optiques avec OLM

#### Fibres optiques pour PROFIBUS

##### Aperçu

- Transmission optique des signaux
- Pas de rayonnements le long du conducteur
- Immunité aux champs perturbateurs externes
- Aucun problème de mise à la terre
- Séparation galvanique
- Poids faible
- Pose simple.

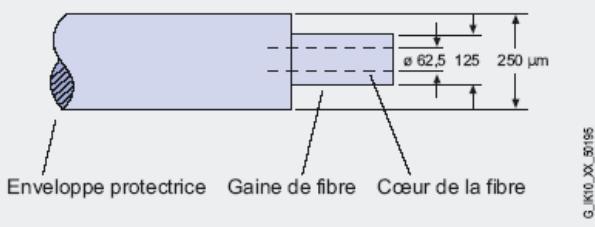
##### Domaine d'application

La fibre optique est un guide d'ondes assurant le transport des informations par des ondes électromagnétiques dans la plage des fréquences optiques. Le guidage du faisceau lumineux se fait par réflexion totale au niveau de la transition du cœur à la gaine dont l'indice de réfraction est inférieur à celui du cœur.

La fibre optique est dotée d'une enveloppe de protection (coating). Pour le FO (câble à fibres optiques), on utilise souvent le terme 'fibre'.

Le réseau optique PROFIBUS est construit à l'aide de fibres optiques.

##### Construction



Constitution des câbles FO

##### Matériaux des gaines

Les câbles optiques pour PROFIBUS sont proposés avec des fibres optiques en plastique, PCF et en verre :

- FO verre, câble à 2 conducteurs pour réseaux optiques PROFIBUS en intérieur et en extérieur
- FO plastique, câble duplex ou standard pour applications à l'intérieur, avec des longueurs de câble jusqu'à 80 mètres
- FO PCF, câble standard pour applications à l'intérieur, avec des longueurs de câble jusqu'à 400 mètres.
- Câble hybride FO ECOFAST pour appareils conformes à DESINA.

Matériau	Polyéthylène	Chlorure de polyvinyle	Polyuréthane	Copolymère (retardateur de flamme, non corrosif)
Abréviation	PE	PVC	PUR	FRNC FRNC PUR Olefin/EVA
Symbol	2Y	Y	11Y	H 11Y
Plage de temp. d'utilisation (°C)	-40 à +70	-20 à +70	-50 à +80	-25 à +90 -40 à +80
Sans halogène	oui	non	non	oui oui
Comportement au feu	inflammable	auto-extinguible	auto-extinguible	auto-extinguible auto-extinguible
Indice d'oxygène LOI (%)	17	21 - 32	30	36 26
Densité des gaz de fumée	bonne	mauvaise	mauvaise	bonne passable
Tenue				
• aux rayons UV	passable à bonne	passable	passable à bonne	passable à bonne
• à l'huile (huile ASTM n° 2)	bonne	passable	bonne	mauvaise bonne
• à l'eau	bonne	bonne	passable	bonne bonne
Résistance à l'abrasion	bonne	passable	excellente	bonne bonne
Résistance mécanique	bonne	passable	bonne	bonne bonne
Résistance chimique	passable à bonne	mauvaise	passable	passable passable

Propriétés générales des matériaux de gainage des câbles

Appréciation :  
excellente/bonne : approprié  
passable : approprié en fonction des conditions d'utilisation  
mauvaise : non approprié

OLM	P3	P4	S3	S4	S3-1300	S4-1300
Nombre de canaux						
– électriques	2	2	2	2	2	2
– optiques	1	2	1	2	1	2
Types de fibre utilisables						
– FO en plastique 980/1000 µm	80 m	80 m				
– Fibre HCS® 200/230 µm*	600 m	600 m				
– FO en verre 50 / 125 µm* 62,5 / 125 µm 10 / 125 µm*			2.000 m 2.850 m	2.000 m 2.850 m	10.000 m 10.000 m	10.000 m 15.000 m
* Types spéciaux, voir chapitre 6.1.3						

Tableau 2.1: Variantes d'OLM, longueurs de ligne maximales entre deux modules

## 1.4. Référence des câbles profibus

### PROFIBUS Réseaux cuivre (RS485)

#### Câbles de bus PROFIBUS

Références de commande	N° de référence
<b>Câbles de bus pour PROFIBUS :</b>	
Câble standard PROFIBUS FC	6XV1 830-0EH10
Type standard avec constitution spatiale pour montage rapide, bifilaire, blindé au mère ; longueur livré max. 1000 m, commande minimale 20 m	
Longueurs préférées	
•20 m	6XV1 830-0EN20
•50 m	6XV1 830-0EN50
•100 m	6XV1 830-0ET10
•200 m	6XV1 830-0ET20
•500 m	6XV1 830-0ET50
Câble robuste PROFIBUS FC	6XV1 830-0JH10
a2 conducteurs, blindé au mère ; longueur livré max. 1000 m, commande minimale 20 m	
Câble alimentaire PROFIBUS FC	6XV1 830-0GH10
a2 conducteurs, blindé au mère ; longueur livré max. 1000 m, commande minimale 20 m	
Câble enterré PROFIBUS FC	6XV1 830-3FH10
a2 conducteurs, blindé au mère ; longueur livré max. 1000 m, commande minimale 20 m	

### PROFIBUS Réseaux optiques avec OLM

#### FO verre

Références de commande	N° de référence
<b>Câble standard FO 50/125<sup>2)</sup></b>	
au mère ; unité de vente max. 3000 m ; commande minimale 20 m ; Longueurs préférées <sup>1)</sup> équipée de 4 connecteurs SC	6XV1 873-2A
•3 m	en préparation
•5 m	en préparation
•10 m	en préparation
•20 m	en préparation
•50 m	en préparation
•100 m	en préparation
•200 m	en préparation
•300 m	en préparation
<b>Câble chenillable FO 50/125<sup>2)</sup></b>	
au mère ; unité de vente max. 3000 m ; commande minimale 20 m ;	6XV1 873-2C
<b>Câble chenillable FO GP 50/125<sup>2)</sup></b>	
au mère ; unité de vente max. 3000 m ; commande minimale 20 m ;	6XV1 873-2D
<b>Câble enterré FO 50/125<sup>2)</sup></b>	
au mère ; unité de vente max. 3000 m ; commande minimale 20 m ;	6XV1 873-2G
<b>Câble standard FIBER OPTIC CABLE (62,5/125), déboulable<sup>2)</sup></b>	
au mère ; unité de vente max. 4.000 m ; commande minimale 20 m ;	6XV1 820-5AH10

### PROFIBUS

#### Réseaux optiques avec OLM

#### FO plastique et PCF

N° de référence
Câble standard FO PCF PROFIBUS
Câble a2 FO PCF avec gaine extérieure en PVC, pour couvrir de grandes distances jusqu'à 400 m, préquipé de 2 x 2 connecteurs BFOC, longueur des jarretières 20 cm, avec aide à l'enfilage monté à une extrémité pour relier des OLM/P.
Longueurs préférées
•75 m
•100 m
•150 m
•200 m
•250 m
•300 m
•400 m
Câble standard PROFIBUS PCF 200/230
câble standard, déboulable, au mère ; unité de vente max. 2000 m ; commande minimale 20 m ;
6XV1 861-2A
N° de référence
Références de commande
Câble standard FO plastique PROFIBUS
Câble rond robuste a2 fibres optiques plastique, avec gaine intérieure en PA et gaine extérieure en PVC, pour emploi à l'intérieur
•au mère
•50 m en couronne
•100 m en couronne
6XV1 821-0AH10
6XV1 821-0AN50
6XV1 821-0AT10
Câble standard FO plastique PROFIBUS
Câble rond robuste a2 fibres optiques plastique, avec gaine intérieure en PA et gaine extérieure en PVC, pour emploi à l'intérieur, préquipé de 2 x 2 connecteurs BFOC, longueur des jarretières 20 cm, pour relier des OLM/P.
Longueurs préférées
•1 m
•2 m
•5 m
•10 m
•15 m
•20 m
•25 m
•30 m
•50 m
•65 m
•80 m
6XV1 821-0BH10
6XV1 821-0BH20
6XV1 821-0BH50
6XV1 821-0BN10
6XV1 821-0BN15
6XV1 821-0BN20
6XV1 821-0BN25
6XV1 821-0BN30
6XV1 821-0BN50
6XV1 821-0BN65
6XV1 821-0BN80

## 2. Péphérie décentralisée ET200S Formation V1.0

### 2.1. Que sont les systèmes de péphérie décentralisée ?

#### Systèmes de péphérie décentralisée – domaine d'utilisation

Lors de la configuration d'une installation, les entrées et sorties situées entre le processus et l'automate programmable sont souvent centralisées dans ce dernier.

Lorsque les distances s'allongent entre les entrées/sorties et l'automate programmable, le câblage peut devenir très compliqué, voire confus, et les perturbations électromagnétiques ambiantes peuvent affecter la fiabilité de l'ensemble.

Pour ce type d'installation, nous recommandons d'utiliser des systèmes de péphérie décentralisée :

- la CPU de l'automate se trouve au point central
- les systèmes de péphérie (entrées/sorties) fonctionnent de façon décentralisée, sur le site concerné
- grâce à des vitesses de transmission élevées, le puissant PROFIBUS DP assure une communication parfaite entre la CPU de l'automate et les systèmes périphériques.

#### Qu'est-ce que PROFIBUS DP ?

PROFIBUS DP est un système de bus ouvert, conforme à la norme *CEI 61784-1:2002 Ed1 CP 3/1* et utilisant le protocole de transmission "DP" (DP veut dire Péphérie décentralisée).

D'un point de vue physique, le PROFIBUS DP est soit un réseau électrique basé sur un câble blindé à deux conducteurs, soit un réseau optique basé sur un câble à fibres optiques.

Le protocole de transmission "DP" permet un échange cyclique rapide de données entre la CPU de l'automate et les systèmes de péphérie décentralisée.

#### Que sont les maîtres et esclaves DP ?

Le lien entre la CPU de l'automate programmable et les systèmes de péphérie décentralisée est le maître DP. Le maître DP échange les données avec les systèmes de péphérie décentralisée via le PROFIBUS DP et surveille ce dernier.

Les systèmes de péphérie décentralisée (= esclaves DP) traitent les données de capteurs et actionneurs sur le site, de façon qu'elles puissent ensuite être transmises sur le PROFIBUS DP jusqu'à la CPU de l'automate.

#### Qu'est-ce que le système de péphérie décentralisée ET 200S ?

##### Définition

Le système de péphérie décentralisé ET 200S est un esclave DP à haute modularité et flexibilité, doté d'un indice de protection IP 20.

##### Domaine d'utilisation

Juste à côté du module d'interface qui transmet les données au maître DP, vous pouvez connecter les modules de péphérie selon un ordre et dans une quantité pratiquement quelconques. Vous pouvez ainsi adapter avec précision l'extension aux besoins réels.

Selon le module d'interface, chaque ET 200S peut comporter jusqu'à 63 modules – par exemple modules d'alimentation, modules de péphérie et départs-moteurs.

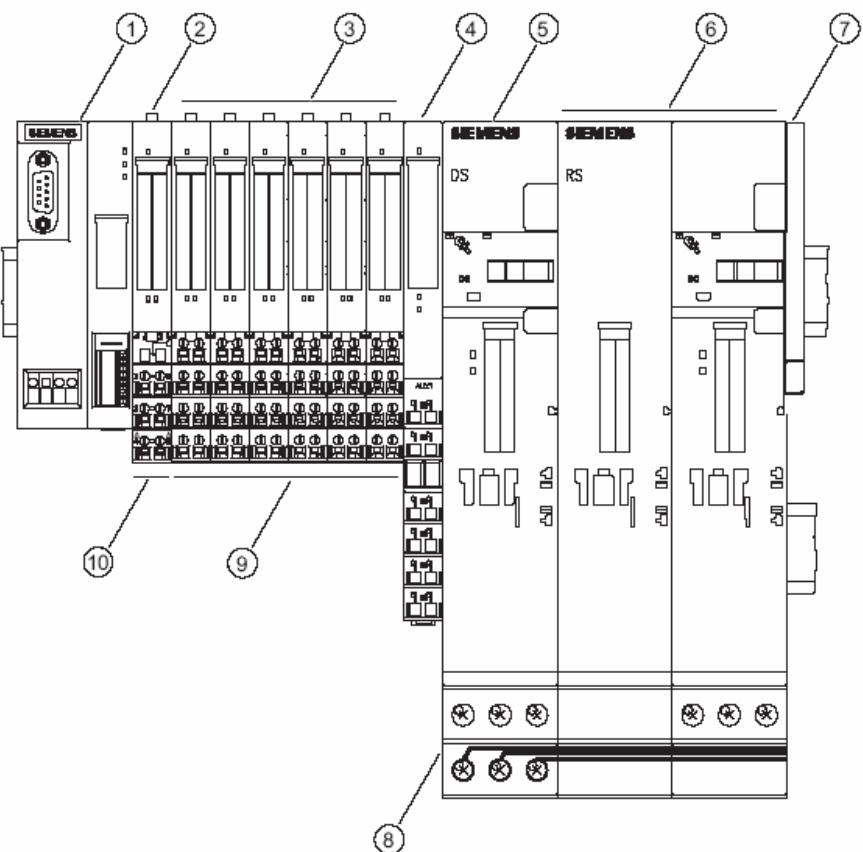
Grâce à la possibilité d'intégrer des départs-moteurs (commutation et protection de capteurs quelconques à courants triphasé, jusqu'à 7,5 kW), une adaptation rapide et optimale de l'ET 200S à pratiquement toute application technologique de votre machine est garantie.

Avec les modules à haute disponibilité et sécurité de l'ET 200S, vous pouvez lire et sortir des données avec un haut niveau de fiabilité, jusqu'à la catégorie de sécurité 4 (EN 954-1).

## BTS Électrotechnique

### Vue

La figure suivante est un exemple de configuration d'un ET 200S.



## Composantes de l'ET 200S

Le tableau suivant contient les principales composantes de l'ET 200S :

Tableau 1-1 Composantes de l'ET 200S

Composante	Fonction	Illustration
Profilé-support	...il constitue le châssis de base de l'ET 200S. Vous monterez donc l'ET 200S sur le profilé-support.	
Module d'interface • IM151-1 BASIC • IM151-1 STANDARD • IM151-1 HIGH FEATURE • IM151-1 FO STANDARD	...il relie l'ET 200S au maître DP et traite les données pour les modules électroniques et départs-moteurs équipés.	<p>avec interface RS485 :</p> <p>avec interface à fibres optiques :</p>
Module d'interface • IM151-3 PN	... il relie l'ET 200S au contrôleurs PROFINET IO et traite les données pour les modules électroniques et départs-moteurs équipés.	avec interface PROFINET : 

Composante	Fonction	Illustration
Module terminal	<p>...il porte le câblage et reçoit les modules d'alimentation et modules électroniques. Les modules terminaux sont disponibles dans les versions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>pour modules d'alimentation</li> <li>pour modules électroniques</li> <li>avec borne à vis</li> <li>avec borne à ressort</li> <li>avec Fast Connect (connectique rapide sans dénudation)</li> </ul>	
Module électronique	<p>...il surveille la tension pour tous les modules électroniques se trouvant dans le groupe de potentiel. Les modules d'alimentation suivants sont disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>pour alimentation 24 VCC avec diagnostic</li> <li>pour alimentation 24..48 VCC avec diagnostic</li> <li>pour alimentation 24..48 VCC, 24..230 VCA avec diagnostic et fusible</li> </ul>	
Module électronique	<p>...il se connecte sur le module terminal et détermine la fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modules numériques d'entrée avec 24 VCC, 120/230 VCA et NAMUR</li> <li>Modules numériques de sortie avec 24 VCC et 120/230 VCA</li> <li>Modules de relais</li> <li>Module analogiques d'entrée avec mesure de tension, de courant et de résistance, thermorésistance et thermocouples</li> <li>Modules analogiques de sortie pour tension et courant</li> <li>Modules technologiques</li> <li>Modules à haute disponibilité et sécurité</li> <li>RESERVE</li> </ul>	
Module de terminaison	...il termine l'ET 200S et peut servir de support pour 6 fusibles de réserve (5 x 20 mm).	

## 2.2. Système à modularité granulaire

### Principe

La haute modularité de l'ET 200S signifie que : vous pouvez adapter précisément à votre application la structure de l'ET 200S.

Le tableau suivant montre des exemples de configuration du système de périphérie décentralisé ET 200S :

Tableau 3-1 Exemples de configuration de l'ET 200S

Exemple	Structure
ET 200S avec	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modules électroniques numériques</li> <li>Modules électroniques analogiques</li> <li>Modules technologiques</li> </ul>
ET 200S avec départs-moteurs	
ET 200S avec	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modules électroniques</li> <li>Départs-moteurs</li> </ul>

### Tension d'alimentation de l'ET 200S

#### Présentation

La tension d'alimentation de l'ET 200S est appliquée

- avec 24 VCC sur le module d'interface (voir le tableau suivant).

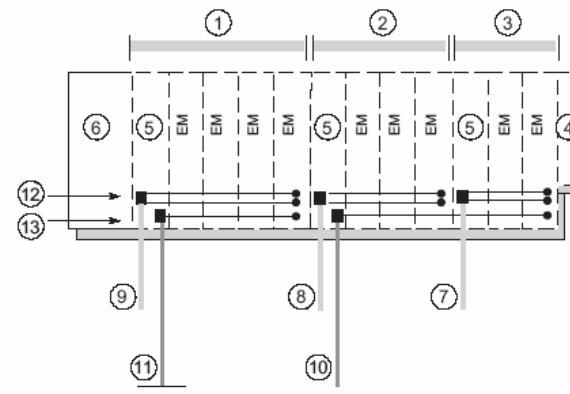
Tableau 3-2 Tension d'alimentation de l'ET 200S

Alimentation en tension	Structure (exemple)
24 VCC sur le module d'interface	

#### Placement et regroupement

Sur l'ET 200S, vous pouvez placer librement les modules d'alimentation. Chaque module terminal TM-P (pour un module d'alimentation), que vous installez dans l'ET 200S, ouvre un nouveau groupe de potentiel. Toutes les alimentations de capteurs et de charge des modules électroniques/départs-moteurs suivants seront desservies à partir de ce module terminal TM-P (pour un module d'alimentation). Si vous placez après un module électronique ou un départ-moteur un autre module d'alimentation, vous interrompez les profils de potentiel (P1/P2) et simultanément, vous ouvrez un nouveau groupe de potentiel. Vous pouvez ainsi organiser par groupes les alimentations de capteurs et de charge.

#### Placement et regroupement de modules d'alimentation



### 3.5 Possibilités de configuration entre les modules terminaux et les modules électroniques

#### 3.5.1 Modules électroniques et applications

##### Utilisation de modules électroniques

Tableau 3-4 Correspondance entre modules électroniques et applications

Applications		Module électronique
• Analyse d'interrupteurs, détecteurs de proximité (BERO), détecteurs et capteurs	24 VCC	2DI DC24V ST 2DI DC24V HF 4DI DC24V ST 4DI DC24V HF 4DI DC24V/SRC ST
	UC 24 à 48V	4DI UC 24..48V HF
• Analyse des capteurs NAMUR • Analyse de capteurs mécaniques câblés, non câblés	4 voies d'entrée	4DI NAMUR
• Analyse d'interrupteurs, détecteurs de proximité (BERO), détecteurs et capteurs	120 VCA	2DI AC120V ST
	230 VCA	2DI AC230V ST
• Commutation d'électrovannes, de contacteurs à courant continu et alternatif, lampes-pilotes, neurones	24 VCC jusqu'à 0,5 A	2DO DC24V/0,5A ST 2DO DC24V/0,5 A HF 4DO DC24V/0,5A ST
	24 VCC jusqu'à 2 A	2DO DC24V/2A ST 2DO DC24V/2A HF 4DO DC24V/2A ST
	120/230 VCA jusqu'à 1 A	2DO AC24..230V/1A
	jusqu'à 120 VCC / 230 VCA jusqu'à 5A	2RO NO DC24..120V/5A AC24..230V/5A
	jusqu'à 48 VCC / 230 VCA jusqu'à 5A	2RO NO/NC DC24..48V/5A AC24..230V/5A
• Mesure de tensions	±10V/ ± 5V/ 1 à 5V	2AI U ST
• Mesure de tensions avec une résolution élevée	±10V/ ± 5V/ 1 à 5V	2AI U HF
• Mesure de tensions dans temps limite	± 10V/ ± 5V/ ± 2,5V/ 1 à 5V	2AI U HS
• Mesure de courants avec des transducteurs de mesure à 2 fils	4 à 20 mA	2AI I 2WIRE ST 4AI I 2WIRE ST
• Mesure de courants dans un temps limite, avec des transducteurs de mesure à 2 fils	4 à 20 mA 0 à 20 mA	2AI I 2WIRE HS
• Mesure de courants avec des transducteurs de mesure à 4 fils	± 20mA/ 4 à 20 mA	2AI I 4WIRE ST

##### Utilisation de modules électroniques sur des modules terminaux

Les modules terminaux peuvent être combinés dans l'ET 200S.

Tableau 3-5 Correspondance entre modules terminaux TM-P et modules d'alimentation

Modules d'alimentation	Modules terminaux TM-P pour modules d'alimentation				
Borne à vis	15S23-A1	15S23-A0	15S22-01	30S44-A0	F30S47-F0
N° de référence 6ES7193	...4CC20-0AA0	...4CD20-0AA0	...4CE00-0AA0	...4CK20-0AA0	3RK1 903-3AA00
Borne à ressort	15C23-A1	15C23-A0	15C22-01	30C44-A0	
N° de référence 6ES7193	...4CC30-0AA0	...4CD30-0AA0	...4CE10-0AA0	...4CK30-0AA0	---
Fast Connect	15N23-A1	15N23-A0	15N22-01	---	---
N° de référence 6ES7193	...4CC70-0AA0	...4CD70-0AA0	...4CE60-0AA0		
PM-E DC24V	•	•	•		
PM E-DC24..48V	•	•	•		
PM-E DC24..48V/ AC24..230V	•	•	•		
PM-E F pm DC24V PROFIsafe*				•	
PM-E F pp DC24V PROFIsafe*					•
PM-D F DC24V PROFISafe					•

#### 3.5.2 Trouver le module terminal correspondant à un module d'alimentation

##### Possibilité de mise en œuvre des modules d'alimentation

Le tableau suivant indique les modules d'alimentation utilisables avec les différents modules électroniques :

Modules d'alimentation	Modules électroniques
PM-E DC24V	Utilisables avec tous les modules électroniques, sauf 2DI AC120V ST, 2DI AC230V ST et 2DO AC120/230V.
PM-E DC24..48V	Utilisables avec tous les modules électroniques, sauf 2DI AC120V ST, 2DI AC230V ST et 2DO AC120/230V.
PM-E DC24..48V/ AC24..230V	Utilisable avec tous les modules électroniques.
PM-E F pm DC24V PROFIsafe	Pour les modules à haute disponibilité et sécurité. Voir manuel <i>Système de périphérie décentralisé ET 200S Modules de sécurité</i>
PM-E F pp DC24V PROFIsafe	
PM-E F DC24V PROFIsafe	

Tableau 3-6 Correspondance entre modules terminaux TM-E et modules électroniques

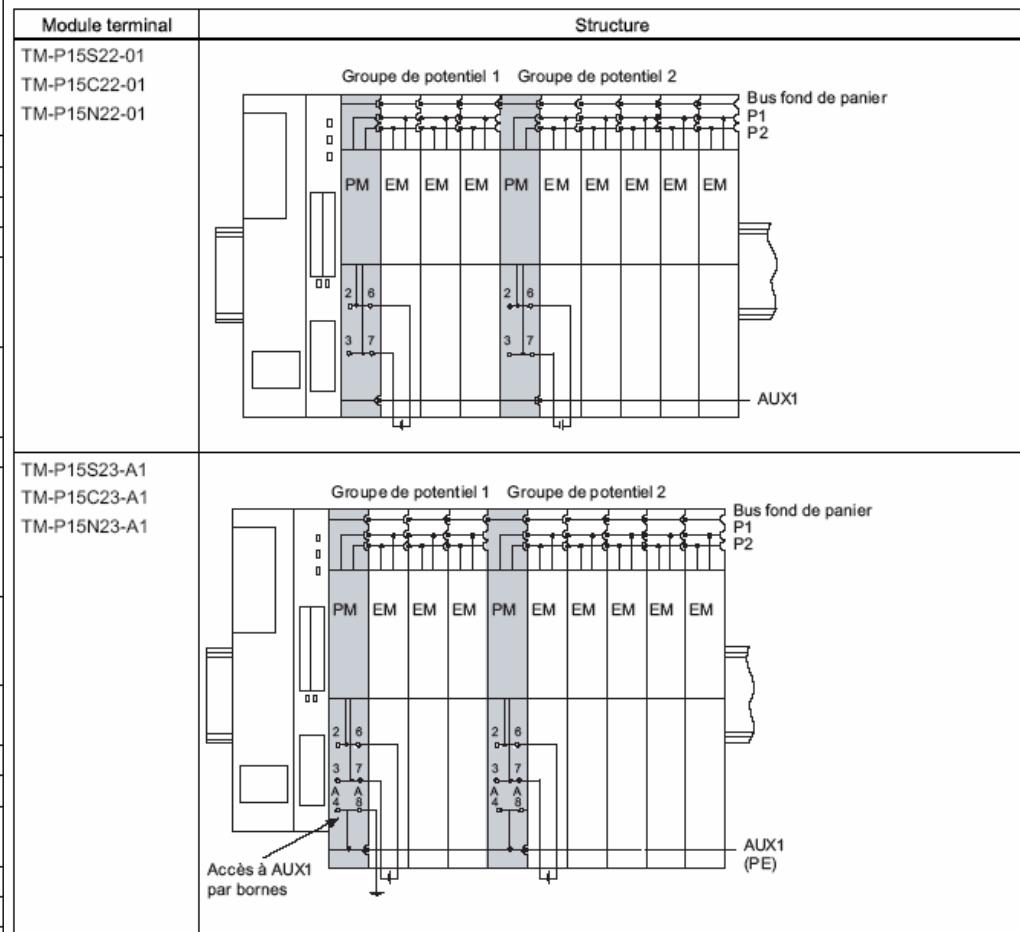
Modules électroniques	Modules terminaux TM-E pour modules électroniques						
Borne à vis	15S26-A1	15S24-A1	15S24-01	15S23-01	15S24-AT	30S44-01	30S46-A1
N° de référence 6ES7193	...4CA40-0AA0	...4CA20-0AA0	...4CB20-0AA0	...4CB00-0AA0	...4CL20-0AA0	...4CG20-0AA0	...4CF40-0AA0
Borne à ressort	15C26-A1	15C24-A1	15C24-01	15C23-01	15C24-AT	30C44-01	30C46-A1
N° de référence 6ES7193	...4CA50-0AA0	...4CA30-0AA0	...4CB30-0AA0	...4CB10-0AA0	...4CL30-0AA0	...4CG30-0AA0	...4CF50-0AA0
Fast Connect	15N26-A1	15N24-A1	15N24-01	15N23-01	---	---	---
N° de référence 6ES7193	...4CA80-0AA0	...4CA70-0AA0	...4CB70-0AA0	...4CB60-0AA0			
2DI DC24V ST	•	•	•	•			
2DI DC24V HF							
4DI DC24V ST							
4DI DC24V HF							
4DI DC24V/SRC ST							
4DI UC24..48V HF	•	•	•	•			
4DI NAMUR	•	•	•	•			
2DI AC120V ST	•	•	•	•			
2DI AC230V ST	•	•	•	•			
2DO DC24V/0.5A ST	•	•	•	•			
2DO DC24V/0.5A HF							
4DO DC24V/0.5A ST							
2DO DC24V/2A ST	•	•	•	•			
2DO DC24V/2A HF							
4DO DC24V/2A ST							
2DO AC24..230V/2A	•	•	•	•			
2RO NO DC24..120V/5A AC24..230V/5A	•	•	•	•			
2RO NO/NC DC24..48V/5A AC24..230V/5A							
2AI U ST, 2AI U HF, 2AI U HS	•	•	•	•			
2AI I 2WIRE ST, 2AI I 2WIRE HS	•	•	•	•			
4AI I 2WIRE ST	•		•				
2AI I 2/4WIRE HF	•		•				
2AI I 4WIRE ST	•		•				
2AI I 4WIRE HS							
2AI RTD ST	•		•				
2AI RTD HF	•	•	•	•			
2AI TC ST	•	•	•	•			
2AI TC HF					•		

### Exemples de configuration : modules terminaux pour modules d'alimentation

#### Introduction

Le tableau suivant indique comment les modules terminaux peuvent être mis en oeuvre pour les modules d'alimentation :

Tableau 3-7 Modules terminaux pour modules d'alimentation



## 2.4. Modules départ-moteur

### Module d'alimentation PM-D pour départ-moteur

#### Propriétés

- Le module d'alimentation marque (avec le module terminal correspondant) le début d'un nouveau groupe d'alimentation. Les départs-moteurs d'un groupe d'alimentation viennent à droite, en prolongement du module d'alimentation.
- Le module d'alimentation distribue les tensions d'alimentation des modules électroniques sur le bus de fond de panier des modules terminaux, et ceci pour tous les départs-moteurs d'un même groupe d'alimentation.
- Le PM-D surveille les tensions U<sub>1</sub> (PWR) tension d'alimentation de l'électronique et U<sub>2</sub> (CON) tension d'alimentation du contacteur. Les pannes de tension sont affichées et signalées.

#### Caractéristiques techniques - PM-D

##### Encombrements et poids

Encombrements L x H x P (mm) y compris module terminal	15 x 196,5 x 117,5
Poids (g)	env. 65

##### Tensions, courants, potentiels

Tension d'alimentation de commande assignée U <sub>s</sub>	20,4 à 28,8 VCC jusqu'à 60 °C
Courant de service assigné I <sub>e</sub>	10 A

Protection amont recommandée contre les courts-circuits :

• Fusible	gL/gG 10 A
• Disjoncteur de ligne	10 A, caractéristique de déclenchement B

Isolation entre U <sub>1</sub> et U <sub>2</sub> testée sous	500 V
--	-------

Alimentation des :	
• départs-moteurs	oui
• Départs-moteurs pour blocs logiques de sécurité SIGUARD	non
• Modules électroniques	non
• Modules Exil	non

Prélèvement du courant sur le bus de fond de panier	≤10 mA
---	--------

##### Etat, alarmes, diagnostic

Alarmes	aucune
Fonctions de diagnostic :	
• Signalisation groupée d'erreurs/ défaut matériel	oui
• Surveillance de la tension d'alimentation de l'électronique U <sub>1</sub> (PWR)	LED rouge "SF"
• Surveillance de la tension d'alimentation des contacteurs U <sub>2</sub> (CON)	LED verte "PWR"
• Lecture des informations de diagnostic	LED verte "CON"
	oui

## Départs-moteurs directs DS, DS-x, DS1-x ; Standard

#### Propriétés

##### Les départs-moteurs directs ET 200S DS ... ; Standard

- sont des départs-moteurs pour un seul sens de rotation, utilisables dans la station de périphérie décentralisée ET 200S
- convient pour la commutation et la protection de consommateurs de courant triphasés jusqu'à 5,5 kW sous 400 et 500 VCA
- sont disponibles avec des intervalles de réglage de 0,14 - 0,2 A à 9 - 12 A
- sont équipés d'unités de commutation SIRIUS électromécaniques
- les bobines de contacteurs sont pilotées directement par les sorties intégrées
- les états de commutation des disjoncteurs et des contacteurs sont signalés par des entrées intégrées
- Informations de diagnostic disponibles sur le départ-moteur direct :
  - déclenchement sur surcharge ou sur court-circuit/arrêt du départ-moteur
  - incident au niveau du départ-moteur
- Indication de l'état de commutation et de l'état par LED
- Fonctions de sectionnement intégré au disjoncteur
- Kit F 1 en accessoire pour répondre à des applications de blocs logiques de sécurité

#### Attention

Un circuit de protection pour les bobines du contacteur est déjà intégré dans le départ-moteur. D'autres circuits de protection connectables sur le contacteur ne sont pas autorisés.

##### Les départs-moteurs directs ET 200S DS-x ... ; Standard (voir figure 8-2)

- ont les mêmes propriétés que les départs-moteurs DS ; Standard
- ils possèdent une interface d'extension (DO 0.2) pour la commande d'un module supplémentaire (par ex. module de commande de frein xB1 à 4). Sur le xB3 et le xB4, seule la fonction freinage est soutenue, les entrées sont sans effet.

##### Les départs-moteurs directs ET 200S DS1-x ... ; Standard (voir figure 8-2)

- ont les mêmes propriétés que les départs-moteurs directs DS-x ; Standard
- les entrées du module de commande de frein xB3 ou xB4 (par ex. interrupteurs de fin de course) agissent directement sur la commande des contacteurs et des freins (comportement du signal, voir chapitre 11.3.3).

## Départs-moteurs inverseurs RS, RS-x, RS1-x ; Standard

### Propriétés

Les départs-moteurs inverseurs ET 200S **RS ... ; Standard**

- sont des départs-moteurs pour deux sens de rotation, utilisables dans la station de périphérie décentralisée ET 200S
- conviennent pour la commutation et la protection de consommateurs de courant triphasés jusqu'à 5,5 kW sous 400 et 500 VCA
- sont disponibles avec des intervalles de réglage de 0,14 - 0,2 A à 9 - 12 A
- sont équipés d'unités de commutation SIRIUS électromécaniques
- les bobines de contacteurs sont pilotées directement par les sorties intégrées
- les états de commutation des disjoncteurs et des contacteurs sont signalés par des entrées intégrées
- informations de diagnostic disponibles sur le départ-moteur inverseur :
  - déclenchement sur surcharge ou sur court-circuit/arrêt du départ-moteur
  - incident au niveau du départ-moteur
- indication de l'état de commutation et de l'état par LED
- verrouillage mécanique du sens de rotation à gauche ou à droite
- fonctions de sectionnement intégré au disjoncteur
- extensibles par kit F 2 pour applications avec blocs logiques de sécurité

### Attention

Un circuit de protection pour les bobines du contacteur est déjà intégré dans le départ-moteur. D'autres circuits de protection connectables sur le contacteur ne sont pas autorisés.

### Attention

En passant d'une rotation à droite à une rotation à gauche, il faut respecter une pause de commutation >200 ms.

Tenez compte de ce temps de pause dans votre programme utilisateur.

## Schéma électrique

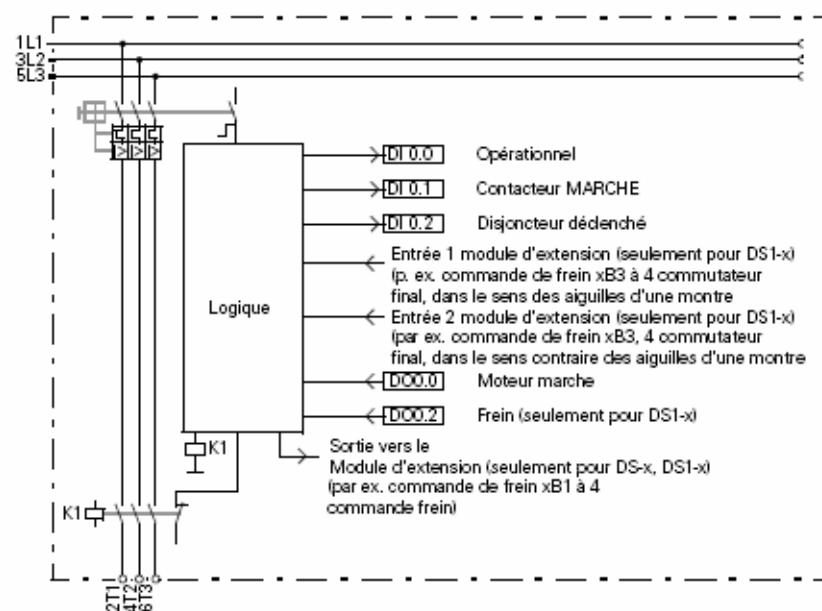


Figure 8-2 : Schéma électrique - départs-moteurs directs DS, DS-x, DS1-x ; Standard

## Schéma électrique

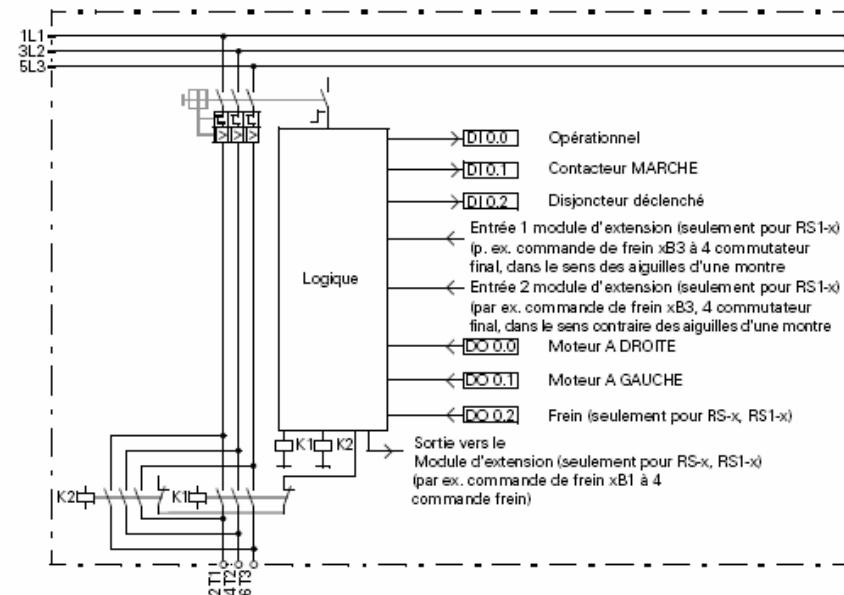


Figure 9-2 : Schéma électrique - départs-moteurs inverseurs RS, RS-x, RS1-x ; Standard

## 2.5. Brochage des modules

### Brochage du module interface

	1L+	24 VCC
	2L+	VCC (pour retransmission)
	1M	Masse
	2M	Masse (pour retransmission)

Tableau 9-9 Brochage du module terminal TM-E15S24-A1, TM-E15C24-A1 et TM-E15N24-A1

Vue	Borne	Désignation
	1	Le brochage dépend du module électronique connecté
	2	
	3	
	A	AUX1
	4	Branchements quelconques pour PE ou barre de potentiel jusqu'à la tension nominale maximale de charge du module
	5	Le brochage dépend du module électronique connecté
	6	
	7	
	A	AUX1
	8	Branchements quelconques pour PE ou barre de potentiel jusqu'à la tension nominale maximale de charge du module

Le tableau suivant indique le brochage du module terminal TM-P15S23-A1, TM-P15C23-A1 et TM-P15N23-A1 :

Tableau 9-3 Brochage du module terminal TM-P15S23-A1, TM-P15C23-A1 et TM-P15N23-A1

Vue	Borne	Désignation
	2 L+/L	Tension nominale de charge pour module d'alimentation connecté et groupe de potentiel correspondant
	3 M/N	
	A	AUX1
	4	Branchements quelconques pour PE ou barre de potentiel jusqu'à la tension nominale maximale de charge du module
L+/L	6 L+/L	Tension nominale de charge pour module d'alimentation connecté et groupe de potentiel correspondant
	7 M/N	
M/N	A	AUX1
	8	Branchements quelconques pour PE ou barre de potentiel jusqu'à la tension nominale maximale de charge du module
AUX1	AUX1	

Tableau 11-4 Brochage du 2DI DC24V ST

Vue	Brochage	Remarques
	<p>TM-E15S24-A1 et 2DI DC24V ST</p> <p>Pour 4 fils, AUX1 doit être connecté sur PE.</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 à A4 Voie 1 : Bornes 5 à A8 DI : signal d'entrée 24 VCC : Alimentation du capteur M : Masse</p>

Vue	Brochage	Remarques
	<p>TM-E15S24-01 et 2DI DC24V ST</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 à 4 Voie 1 : Bornes 5 à 8 DI : signal d'entrée 24 VCC : Alimentation du capteur M : Masse Les bornes 4 et 8 peuvent servir à la pose de conducteurs non nécessaires jusqu'à 30 VCC.</p>

Tableau 11-5 Brochage du 4DI DC24V ST

Vue	Brochage	Remarques
	<p>TM-E15S24-A1 et 4DI DC24V ST</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 et 3 Voie 1 : Bornes 5 et 7 Voie 2 : Bornes 2 et 3 Voie 3 : Bornes 6 et 7 DI : signal d'entrée 24 VCC : Alimentation du capteur</p>
	<p>TM-E15S24-01 et 4DI DC24V ST</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 et 3 Voie 1 : Bornes 5 et 7 Voie 2 : Bornes 2 et 4 Voie 3 : Bornes 6 et 8 DI : signal d'entrée 24 VCC : Alimentation du capteur</p>

Tableau 11-19 Brochage du 2DO DC24V/0.5A ST

Vue	Brochage	Remarques
<p>TM-E15S24-A1 et 2DO DC24V/0.5A ST</p> <p>CH0 DO<sub>0</sub> 24 VCC M AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>CH1 DO<sub>1</sub> 24 VCC M AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>2 fils      3 fils      4 fils</p> <p>Pour 4 fils, AUX1 doit être connecté sur PE.</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 à A4 Voie 1 : Bornes 5 à A8 DO : DO : signal de sortie (maxi 0,5 A par voie) 24 VCC : Alimentation du capteur M : Masse alimentation des capteurs et actionneurs</p>	

Tableau 11-20 Brochage du 4DO DC24V/0.5A ST

Vue	Brochage	Remarques
<p>TM-E15S24-A1 et 4DO DC24V/0.5A ST</p> <p>CH0 CH2 DO<sub>0</sub> DO<sub>2</sub> M AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>CH1 CH3 DO<sub>1</sub> DO<sub>3</sub> M AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>2 fils</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 et 3 Voie 1 : Bornes 5 et 7 Voie 2 : Bornes 2 et 3 Voie 3 : Bornes 6 et 7 DO : Signal de sortie (maxi 0,5 A par voie) M : Masse alimentation des capteurs et actionneurs</p>	

**Les modules d'entrées analogiques sont codés sur 13bits + 1siane**

Tableau 12-36 Brochage du 2AI U ST

Vue	Brochage	Remarques
<p>TM-E15S24-A1 et 2AI U ST</p> <p>CH0 M<sub>0+</sub> M<sub>0-</sub> M<sub>ans</sub> AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>CH1 M<sub>1+</sub> M<sub>1-</sub> M<sub>ans</sub> AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>AUX1 doit être connecté sur PE.</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 à A4 Voie 1 : Bornes 5 à A8 M<sub>+</sub> : Signal d'entrée "+" M<sub>-</sub> : Signal d'entrée "-" M<sub>ANS</sub> : Pertes de puissance du module</p>	

Tableau 12-39 Brochage du 2AI I 2WIRE ST

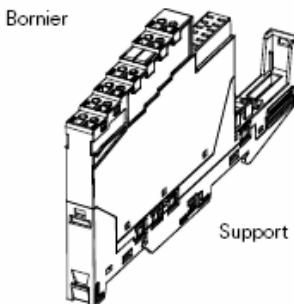
Vue	Brochage	Remarques
<p>TM-E15S24-A1 et 2AI I 2WIRE ST</p> <p>CH0 M<sub>0+</sub> M<sub>0-</sub> M<sub>ans</sub> AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>CH1 M<sub>1+</sub> M<sub>1-</sub> M<sub>ans</sub> AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>AUX1 doit être connecté sur PE.</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 à A4 Voie 1 : Bornes 5 à A8 M<sub>+</sub> : Signal d'entrée "+" M<sub>-</sub> : Signal d'entrée "-" M<sub>ANS</sub> : Masse (du module d'alimentation) Le transducteur de mesure à 2 fils est alimenté par les câbles de mesure.</p>	

Vue	Brochage	Remarques
<p>TM-E15S24-01 et 2AI I 2WIRE ST</p> <p>CH0 M<sub>0+</sub> M<sub>0-</sub> M<sub>ans</sub> n. c. AUX1 (p. ex. PE)</p> <p>CH1 M<sub>1+</sub> M<sub>1-</sub> M<sub>ans</sub> n. c.</p> <p>AUX1 doit être connecté sur PE.</p>	<p>Voie 0 : Bornes 1 à 4 Voie 1 : Bornes 5 à 8 M<sub>+</sub> : Signal d'entrée "+" M<sub>-</sub> : Signal d'entrée "-" M<sub>ANS</sub> : Masse (du module d'alimentation) Le transducteur de mesure à 2 fils est alimenté par les câbles de mesure. Les bornes 4 et 8 peuvent servir à la pose de conducteurs non nécessaires jusqu'à 30 VCC.</p>	

## Module terminal TM-P15 S27-01 pour module d'alimentation PM-D

### Propriétés

- Le module terminal se compose d'un support et d'un bornier
- Module terminal TM-P15 S27-01 pour module d'alimentation PM-D
- Branchements par borne à vis
- Précâblage du module terminal
- La liaison AUX1 est câblée sans bornes.



### Brochage

Dans le tableau suivant, vous trouverez le brochage du module terminal TM-P15 S27-01 :

Aperçu	Borne	Signification	
	1/8	L+	$U_1$ : tension d'alimentation de l'électronique $U_{NOMIN} = 24$ VCC
	2/9	M	
	4/11	A1+	$U_2$ : tension d'alimentation du contacteur $U_{NOMIN} = 24$ VCC
	5/12	A2-	
	6/13	AUX2	pour SIGUARD (voir chapitre 10.6.6)
	7/14	AUX3	pour SIGUARD (voir chapitre 10.6.6)
	-	AUX1	Câblée sans bornes

Tableau 6-4 : Brochage du module terminal TM-P15 S27-01 pour le module d'alimentation PM-D

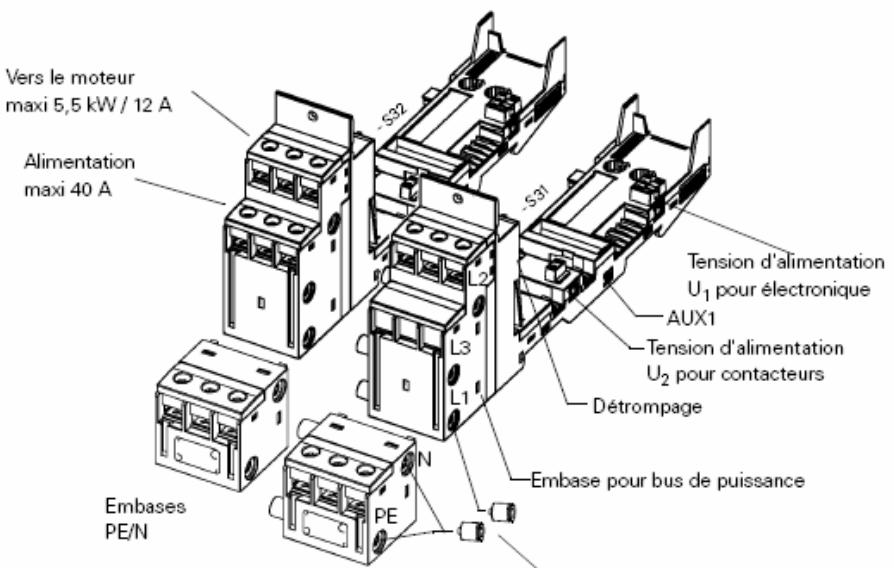
## Modules terminaux pour départs-moteurs

### Modules terminaux TM-DS45 pour départs-moteurs directs DS, DS-x, DS1-x ; Standard

### Propriétés

- Modules terminaux TM-DS45... pour départs-moteurs directs DS, DS-x, DS1-x ; Standard
  - avec alimentation par bus de puissance TM-DS45 S32
  - avec continuité du bus de puissance TM-DS45 S31
- Raccordement par bornes à vis
- Précâblage possible
- La liaison AUX1 est câblée sans bornes.
- Extension possible avec embase PE/N

### Modules terminaux TM-DS45



#### Avertissement

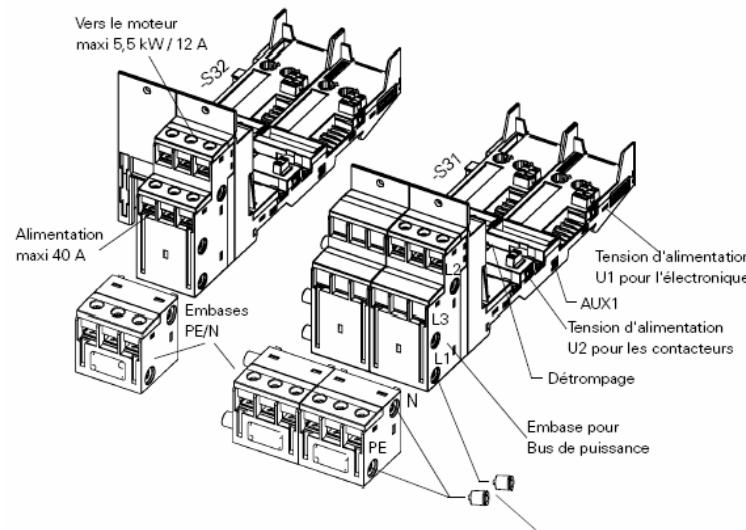
Sur le dernier module terminal pour départs-moteurs d'un groupe de charge, il faut obturer les contacts ouverts avant la mise en service sur le bus de puissance (L1, L2, L3, N, PE), au moyen de capuchons (enfoncer à fond), de façon à empêcher les contacts accidentels et le risque de choc électrique (400 VCA).

Figure 6-1 : Modules terminaux TM-DS45 pour départs-moteurs directs DS, DS-x, DS1-x ; Standard

### Propriétés

- Modules terminaux TM-RS90... pour départs-moteurs inverseurs RS, RS-x, RS1-x ; Standard
  - avec alimentation par bus de puissance TM-RS90 S32
  - avec continuité du bus de puissance TM-RS90 S31
- Branchement par borne à vis
- Précâblage possible
- La liaison AUX1 est câblée sans bornes.
- Extension possible avec deux embases PE/N

### Modules terminaux TM-RS90



### Accessoires de l'embase PE/N

Le bus de puissance peut être complété par une embase PE/N. Variantes disponibles avec 45 et 65 mm de largeur de montage respectivement :

- avec alimentation au début d'un nouveau groupe de puissance, donc contact uniquement à droite. Cette embase est livrée avec des capuchons de fermeture pour N et PE
- avec continuité, donc contact à droite et à gauche.

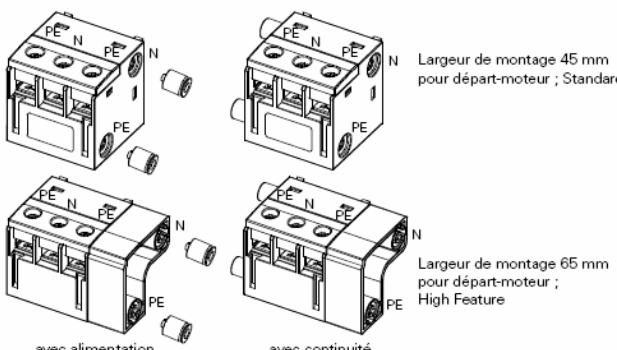


Figure 6-8 : Embase PE/N

### Départs-moteurs ET 200S

#### Sélection et références de commande

Exécution	N° de référence
Départ-moteurs standard avec diagnostic, électromécanique, sans fusible, extensibles avec module de commande de frein	
Démarrleur direct DS1-x	SRK1 301-■ B00-0AA2
Démarrleur-Inverseur RS1-x	SRK1 301-■ B00-1AA2
Puissance normalisée Moteur triphasé en kW	Plage de réglage du déclencheur de surcharge en A
< 0,06	0,14 à 0,20
0,06	0,18 à 0,25
0,09	0,22 à 0,32
0,10	0,28 à 0,40
0,12	0,35 à 0,50
0,18	0,45 à 0,63
0,21	0,55 à 0,80
0,35	0,70 à 1,00
0,37	0,90 à 1,25
0,55	1,1 à 1,6
0,75	1,4 à 2,0
0,90	1,8 à 2,5
1,1	2,2 à 3,2
1,5	2,8 à 4,0
1,9	3,5 à 5,0
2,2	4,5 à 6,3
3,0	5,5 à 8,0
4,0	7 à 10
5,5	9 à 12

## 2.6. Mesure de niveau par capteur radar à impulsions guidées

### Description du principe de mesure

#### Principe de mesure

De courtes impulsions à micro-ondes à haute fréquence se déplacent le long d'un câble en acier ou d'une tige ou le long d'un câble à l'intérieur d'un tube en acier. Ces ondes sont réfléchies à la surface du produit et réceptionnées par l'électronique de traitement. Le temps de propagation est exploité par l'appareil.

Un micro-processeur identifie ces échos niveau qui, au moyen du logiciel ECHOFOX, sont mesurés, exploités puis convertis en information signal.

Grâce à ce principe de mesure, un réglage avec le produit n'est pas nécessaire. Les capteurs sont réglés en usine à la longueur de la sonde indiquée à la commande. Les versions à tige ou câble raccourcissable offrent l'avantage d'une adaptation à la situation sur site.

#### Insensibles à la vapeur

Des conditions de process telles que forte présence de vapeur n'ont aucune influencé sur la précision de la mesure.

#### Insensibles aux variations de produit et de ses caractéristiques

Les variations de densité ou de la constante diélectrique du produit n'ont aucune influence sur la précision de la mesure.

#### Colmatages: sans problème

Des colmatages importants sur la sonde ou la paroi de la cuve n'influencent pas la mesure.

#### Grand domaine d'application

Grâce à des plages de mesure jusqu'à 32 m (105 ft), les capteurs sont également adaptés à la mesure dans de hauts silos. Les températures allant jusqu'à 150°C (302°F) et les pressions du vide à 40 bar (580 psi) couvrent un large domaine d'application.

Le VEGAFLEx 66 a été spécialement conçu pour la mesure de liquides à haute température.

La conception mécanique du capteur a été spécialement optimisée pour ce type d'application. Grâce à cette version haute température, il est possible de mesurer à des températures process atteignant 250°C (482°F) et à des pression allant jusqu'à 100 bar (1450 psi).

### Aperçu des types

VEGAFLEX 61 avec sonde de câble



VEGAFLEX 61 avec sonde de tige



VEGAFLEX 65 avec sonde coaxiale



Application :	Liquides	Liquides	Liquides
Plage de mesure :	0,15 ... 32 m (0,5 ... 105 ft)	0,15 ... 4 m (0,5 ... 13 ft)	0,05 ... 6 m (0,16 ... 20 ft)
Raccord process :	Fletage, bride	Fletage, bride	Fletage, bride
Matériau :	1.4435 (316L) et PCTFE, 1.4401 (316)	1.4435 (316L) et PCTFE, Hastelloy C22 (2.4602)	1.4435 (316L) et PTFE (TFM 4105), Hastelloy C22 (2.4602) et PTFE (TFM 4105)
Température process :	-40 ... 150°C (-40 ... 302°F)	-40 ... 150°C (-40 ... 302°F)	-40 ... 150°C (-40 ... 302°F)
Pression process :	-1 ... 40 bar (-100 ... 4000 kPa/-14,5 ... 580 psi)	-1 ... 40 bar (-100 ... 4000 kPa/-14,5 ... 580 psi)	-1 ... 40 bar (-100 ... 4000 kPa/-14,5 ... 580 psi)
Sortie signal :	4 ... 20 mA/HART en technique 2 et 4 fils, Profibus PA, Foundation Fieldbus	4 ... 20 mA/HART en technique 2 et 4 fils, Profibus PA, Foundation Fieldbus	4 ... 20 mA/HART en technique 2 et 4 fils, Profibus PA, Foundation Fieldbus

#### 4 ... 20 mA/HART

##### Grandeur de sortie

Signal de sortie	4 ... 20 mA HART
Résolution	1,6 µA
Signalisation de défaut réglable	sortie courant inchangée, 20,5 mA, 22 mA, < 3,6 mA
Limitation de courant	22 mA
Charge	max. 500 Ohm
- Capteur 4 fils	
- Capteur 2 fils	voir diagramme des charges sous Alimentation
Temps d'intégration réglable	0 ... 999 s

**Version câble et tige**

Constante diélectrique mini. - version tige et câble	Er >1,7
Plage morte - version tige ( $\varnothing$ 6 mm/ $\varnothing$ 0,24 in)	
- du haut	120 mm (4.7 in)
- du bas	0 mm
Plage morte - version câble ( $\varnothing$ 4 mm/ $\varnothing$ 0,16 in)	
- du haut	150 mm (5.9 in)
- du bas	250 mm (9.8 in) (poids tenseur + 100 mm)

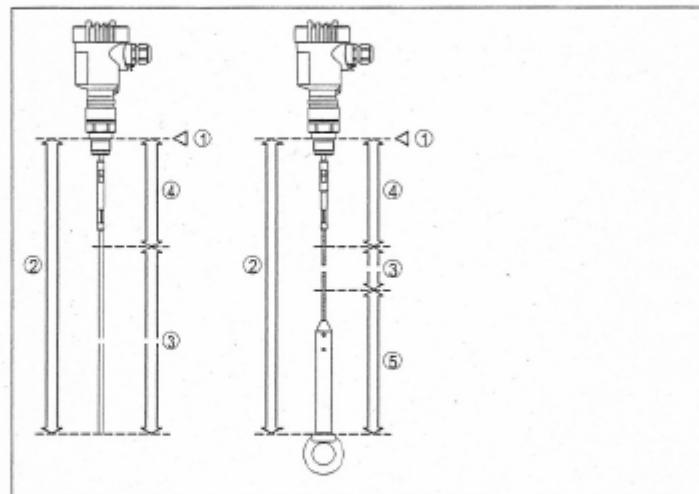


Fig. 9: Plages de mesure des VEGAFLEX - version tige et câble p.ex. VEGAFLEX 81

- 1 Niveau de référence
- 2 Longueur de la sonde de mesure
- 3 Plage de mesure
- 4 Plage morte du haut
- 5 Plage morte du bas (seulement pour version câble)

**Version coaxiale**

Constante diélectrique mini. - version coaxiale Er >1,4

Plage morte - version coaxiale ( $\varnothing$ 21,3 mm/ $\varnothing$ 0,84 in)	
- du haut	40 mm (1.6 in)
- du bas	20 mm (0.8 in)

**Boîtier à chambre unique**

**Schémas de raccordement**

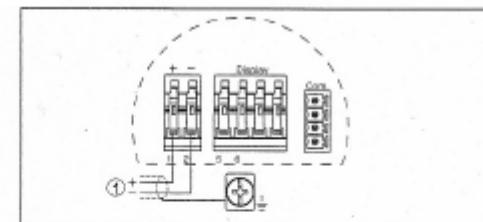


Fig. 3: Raccordement bâti HART, Profibus PA, Foundation Fieldbus

1 Tension d'alimentation et sortie signal

**Boîtier à 2 chambres - 2 fils**

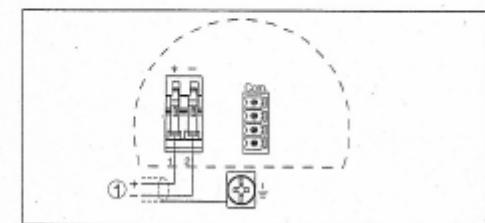


Fig. 4: Raccordement bâti HART, bâti Profibus PA, bâti Foundation Fieldbus

1 Tension d'alimentation et sortie signal

### 3. Programmation de la périphérie décentralisée ET200S

#### 3.1. Mémoire image

Mémoire image départ-moteur DS, DS-x, DS1-x, RS, RS-x, RS1-x ; Standard

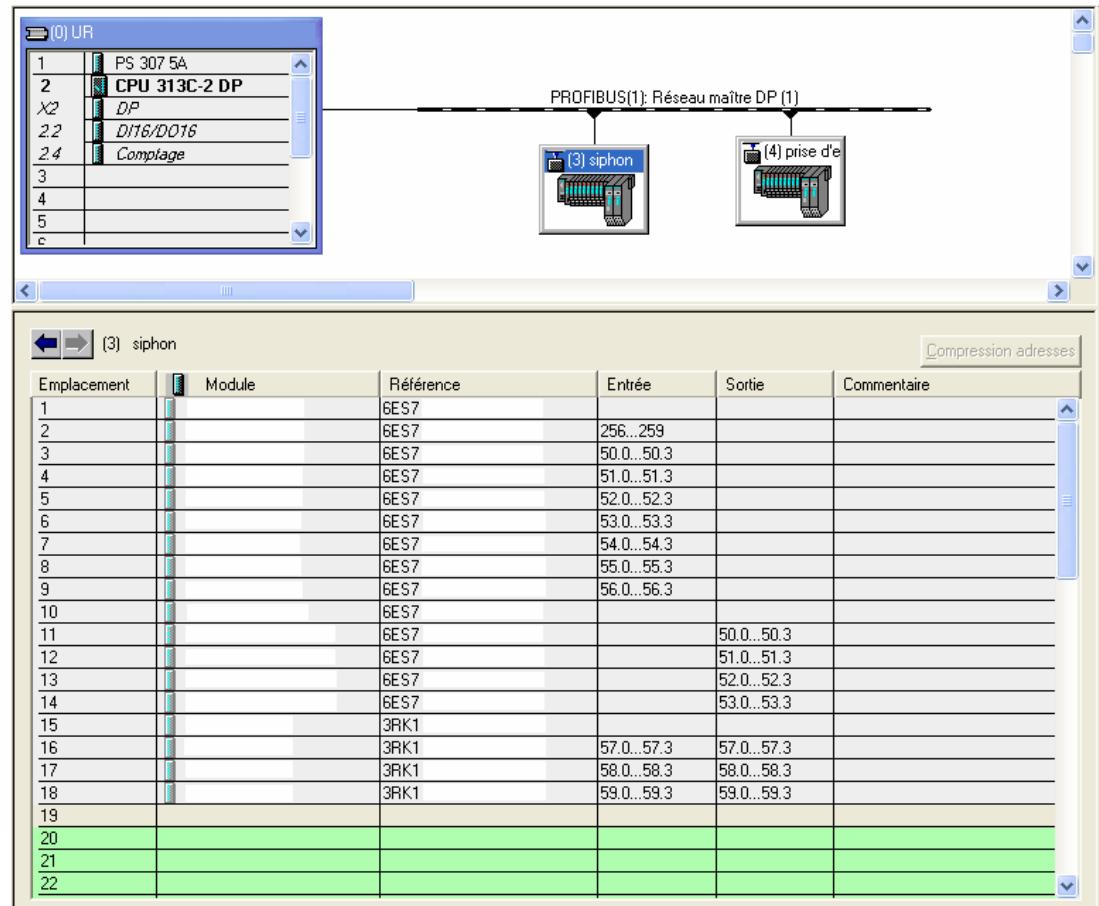
##### Signaux d'entrée

DI 0.0	Opérationnel	DI 0.1	Message de retour du contacteur
0	Contacteur collé ou soudé (défaut d'appareillage)	0	ét.
1	opérationnel, pas de défaut	1	allum. (rotation à droite/à gauche avec RS, RS-x, RS1-x)
DI 0.2	Disjoncteur	DI 0.3	n'est pas affecté
0	contacté (ON)		
1	déclenché (OFF)		

##### Signaux de sortie avec DS, RS

DO 0.0	Signal vers contacteur	DO 0.1	Signal sur contacteur (seulement RS)
0	Moteur arrêté Arrêt rotation à droite (avec RS)	0	Arrêt rotation à gauche (seulement RS)
1	Moteur marche Marche rotation à droite (avec RS)	1	Marche rotation à gauche (seulement RS)
DO 0.2	n'est pas affecté	DO 0.3	n'est pas affecté

#### 3.2. Configuration de l'ET200S du local siphon



### 3.3. Plage de mesure des entrées analogiques

Plages de mesure pour tension :  $\pm 80\text{mV}$ ,  $\pm 2,5\text{V}$ ,  $\pm 5\text{V}$ ,  $\pm 10\text{V}$

Tableau 12-4 Format SIMATIC S7 : plages de mesure  $\pm 80\text{mV}$ ,  $\pm 2,5\text{V}$ ,  $\pm 5\text{V}$  et  $\pm 10\text{V}$

Plage de mesure $\pm 80\text{mV}$	Plage de mesure $\pm 2,5\text{V}$	Plage de mesure $\pm 5\text{V}$	Plage de mesure $\pm 10\text{V}$	Unités		Plage
				déc.	hexa.	
> 94,071	> 2,9397	> 5,8794	> 11,7589	32767	7FFFH	Débordement haut
94,071	2,9397	5,8794	11,7589	32511	7EFFH	
:	:	:	:	:	:	
80,003	2,5001	5,0002	10,0004	27649	6C01H	Dépassement haut
80,000	2,5	5,00	10,00	27648	6C00H	
60,000	1,86	3,75	7,50	20736	5100H	
:	:	:	:	:	:	
- 60,000	- 1,86	- 3,75	- 7,50	-20736	AF00H	
- 80,000	- 2,50	- 5,00	- 10,00	-27648	9400H	
- 80,003	- 2,5001	- 5,0002	- 10,0004	-27649	93FFH	
:	:	:	:	:	:	
- 94,074	- 2,9397	- 5,8796	- 11,759	-32512	8100H	Dépassement bas
< - 94,074	< - 2,9397	< - 5,8796	< - 11,759	-32768	8000H	Débordement bas

Plages de mesure pour tension et courant : 1 à 5 V, 0 à 20 mA, 4 à 20 mA

Tableau 12-5 Format SIMATIC S7 : Plages de mesure 1 à 5 V, 0 à 20 mA, 4 à 20 mA

Plage de mesure 1 à 5 V	Plage de mesure 0 à 20 mA	Plage de mesure 4 à 20 mA	Unités		Plage
			déc.	hexa.	
> 5,704	> 23,5178	> 22,8142	32767	7FFFH	Débordement haut
5,704	23,5178	22,8142	32511	7EFFH	
:	:	:	:	:	
5,000145	20,0007	20,0005	27649	6C01H	Dépassement haut
5,000	20,0000	20,0000	27648	6C00H	
4,000	15,0000	16,0000	20736	5100H	
:	:	:	:	:	
1,000	0,0000	4,0000	0	0H	
0,999855	Valeurs négatives impossibles	3,9995	-1	FFFFH	
:		.	:	:	
0,296		1,1852	-4864	ED00H	Dépassement bas
< 0,296		< 1,1852	-32768	8000H	Débordement bas

#### Représentation des valeurs analogiques

La valeur analogique numérisée est la même pour les valeurs d'entrée et de sortie, pour une même plage nominale. Les valeurs analogiques sont représentées par complément à deux.

Le tableau suivant montre la représentation des valeurs analogiques des modules électroniques analogiques.

Tableau 12-2 Représentation des valeurs analogiques (format SIMATIC S7)

Définition	Valeur analogique															
Numéro de bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Valeur significative des bits	VZ	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

Tableau 12-3 Définition des valeurs de mesure analogiques (format SIMATIC S7)

Résolution en bits	Unités		Valeur analogique			
	déc.	hexa.	Octet haut	Octet bas		
11+VZ	16	10H	VZ 0 0 0 0 0 0 0	0 0 1 x x x x		
12+VZ	8	8H	VZ 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 1 x x x		
13+VZ	4	4H	VZ 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 1 x x		
15+VZ	1	1H	VZ 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1		

### 3.4. Elément de programmation du langage SCL

#### - Affecter une valeur à une variable de type de données simple

Toute expression et toute variable de type de données simple peuvent être affectées à une autre variable de même type.

```
Identificateur := expression ;
Identificateur := variable ;
```

#### Exemple

```
FUNCTION_BLOCK FB12
VAR
    COMMUTATEUR_1 : INT ;
    COMMUTATEUR_2 : INT ;
    CONSIGNE_1 : REAL ;
    CONSIGNE_2 : REAL ;
    INTERROG_1 : BOOL ;
END_VAR

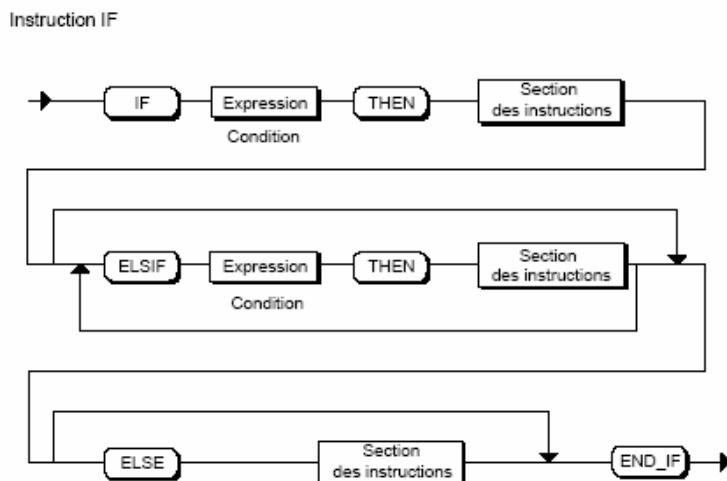
BEGIN
// Affectation d'une constante à une variable
    COMMUTATEUR_1 := -17 ;
    CONSIGNE_1 := 100.1 ;
    INTERROG_1 := TRUE ;
// Affectation d'une variable à une autre variable
    CONSIGNE_1 := CONSIGNE_2 ;
    COMMUTATEUR_2 := COMMUTATEUR_1 ;
// Affectation d'une expression à une variable
    COMMUTATEUR_2 := COMMUTATEUR_1 * 3 ;
END_FUNCTION_BLOCK
```

#### - Instruction IF

Il s'agit d'une instruction conditionnelle. Elle propose une ou plusieurs options et sélectionne l'une (ou aucune) des sections d'instructions pour l'exécuter.

L'exécution de l'instruction conditionnelle provoque l'évaluation des expressions logiques spécifiées. Si la valeur d'une expression est vraie, la condition est considérée comme remplie ; elle ne l'est pas si la valeur est fausse.

#### Syntaxe



```
IF E1.1 THEN
    N := 0 ;
    SOMME := 0 ;
    OK := FALSE ; // Attribuer la valeur FALSE au drapeau OK
ELSIF START = TRUE THEN
    N := N + 1 ;
    SOMME := SOMME + N ;
ELSE
    OK := FALSE ;
END_IF ;
```

#### Règles régissant l'exécution de l'instruction IF :

- La première suite d'instructions dont l'expression logique est vraie (TRUE) vient à exécution, les autres suites d'instructions ne sont pas exécutées.
- Si aucune expression booléenne n'est vraie (TRUE), c'est la suite d'instructions indiquée après ELSE qui est exécutée (ou aucune instruction s'il n'y a pas de branche ELSE).
- Le nombre d'instructions ELSIF possibles est illimité.

#### Exemple

**CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE**  
**DOCUMENTS RÉPONSES**

**Sommaire**

- DRA1** : Procédure de remplissage de la conduite
  - DRA2** : Référence des modules d'entrées sorties déportées ET200S
  - DRA3** : Schéma de raccordement des entrées sorties déportées
  - DRA4** : Schéma de raccordement des départs moteurs déportés
  - DRA5** : Chronogrammes des pompes à vide
  - DRA6** : Programmation des pompes à vide
- DRB1** : Schéma des liaisons à la terre

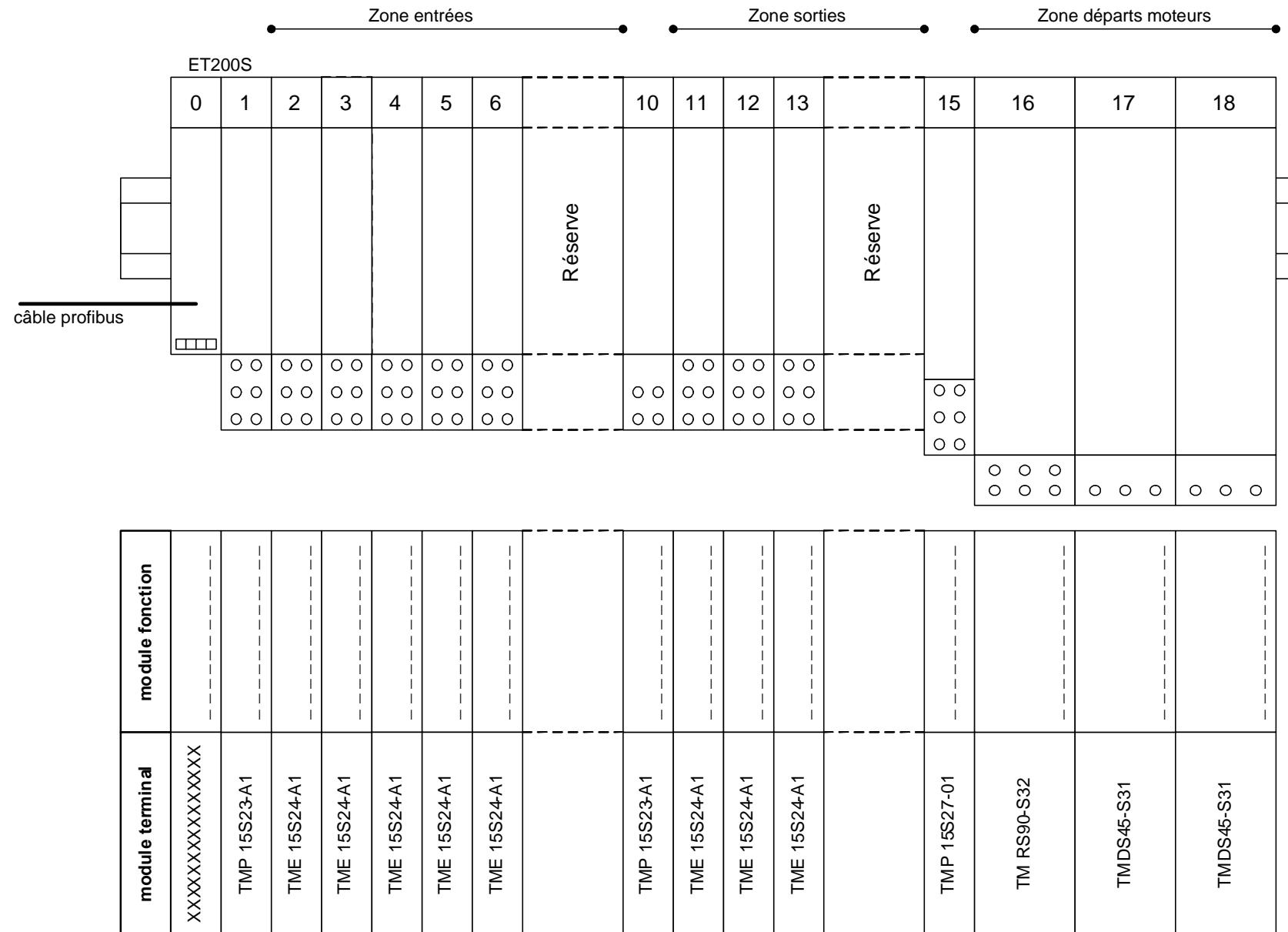
## Document réponse DRA1

## PROCEDURE DE REMPLISSAGE DE LA CONDUITE

N°	Conditions préliminaires	Actions	Résultats attendus
1	La centrale est à l'arrêt. Tous les commutateurs de modes de marche sont sur la position « arrêt ». Les vannes de garde sont fermées.	Se rendre sur le site « départ conduite »	
2	Dans le local « prise d'eau » Niveau d'eau suffisant : Vnbas_PE éteint Pas de voyants défaut éclairés	Dans le local « prise d'eau » Placer le commutateur sur manuel ( <b>Manu_PE</b> ) Fermer la vanne de tête ( <b>BPF_Vtete</b> )	Fermeture de la vanne de tête voyant VF_Vtete éclairé

	VAuto_PE, VAuto_siphon, VO_Vtête, VF_Vpurge éclairés Tous les voyants défauts éteints	Retour sur le site de la centrale	

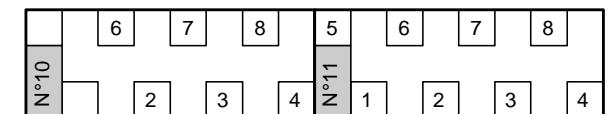
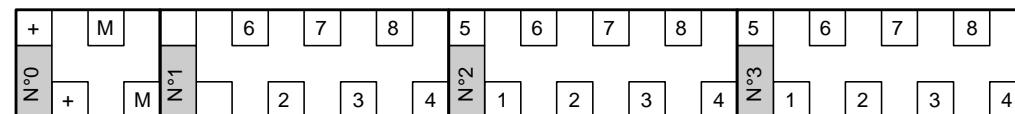
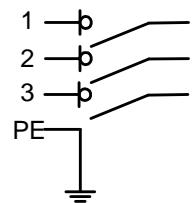
## Document réponse DRA2



**Document réponse DRA3**

Schéma de raccordement des entrées sorties déportées

3x400V+PE

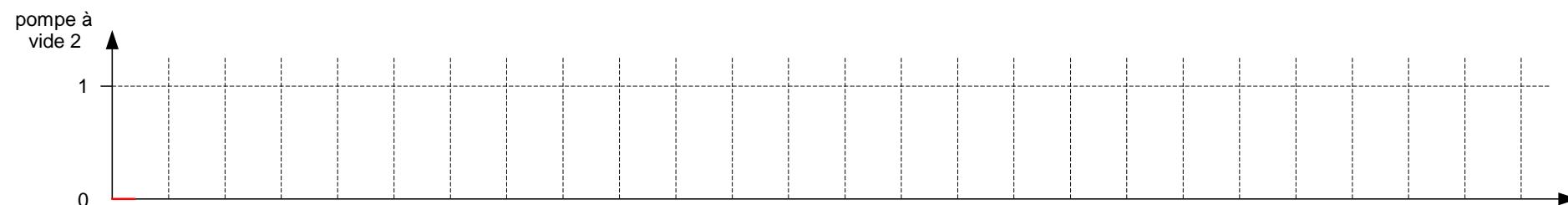
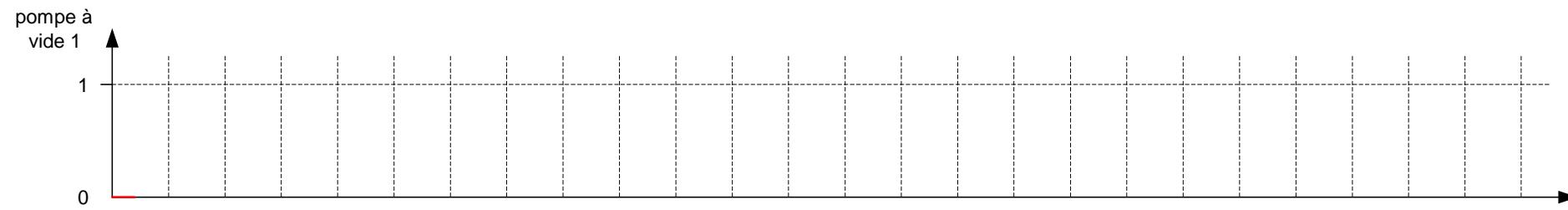
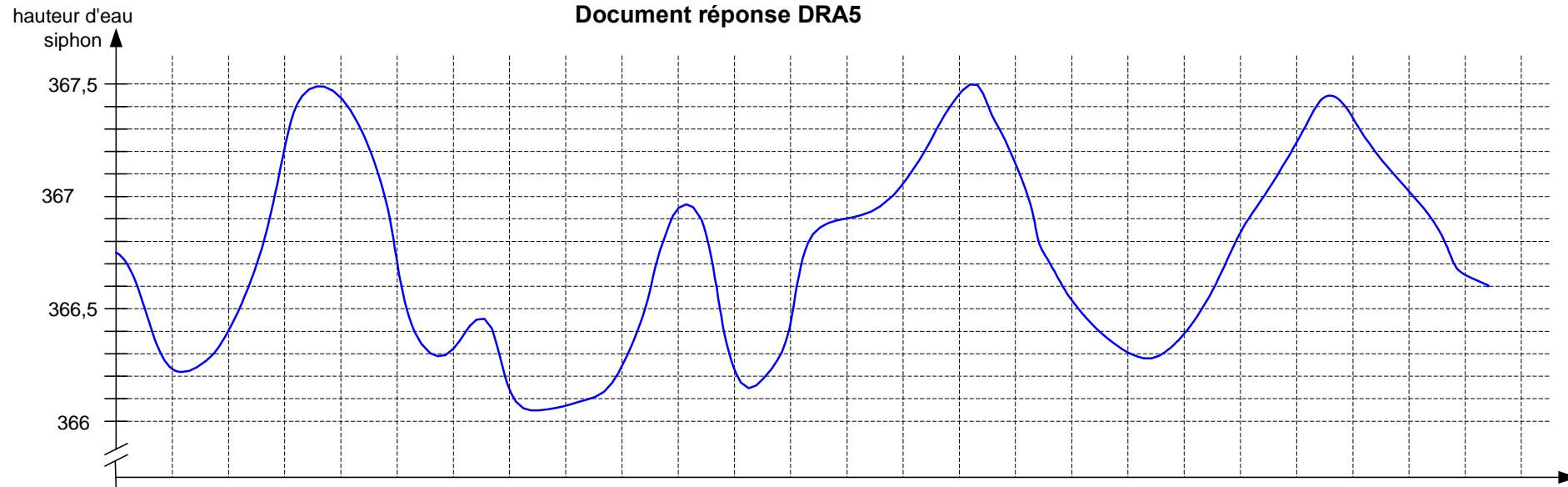


## Document réponse DRA4

Schémas de raccordement des départs moteurs déportés

8	9		11	12	13	14		1	3	5	P E				P E			P E	
N°15											N				N			N	
	1	2		4	5	6	7	N°16	2	4	6	P E	N°17	2	4	6	P E	N°18	P E

Document réponse DRA5



## Document réponse DRA6

//Gestion de la marche automatique des pompes à vide du siphon

FUNCTION FC21 : VOID

// Définition des variables temporaires

VAR\_TEMP

niveau\_siphon : REAL;

END\_VAR;

//lecture du niveau du siphon et conversion en niveau absolu (FC23)

niveau\_siphon := "niveau\_absolu"();

//Fonctionnement de la pompe à vide 1

.....  
.....  
.....  
.....

//Fonctionnement de la pompe à vide 2

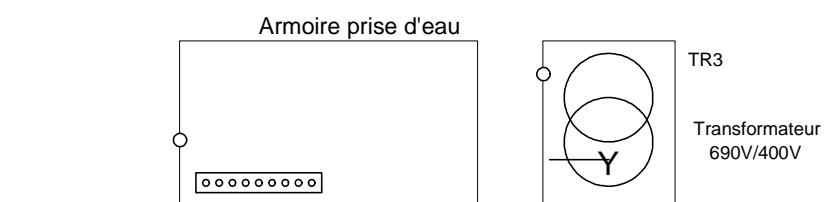
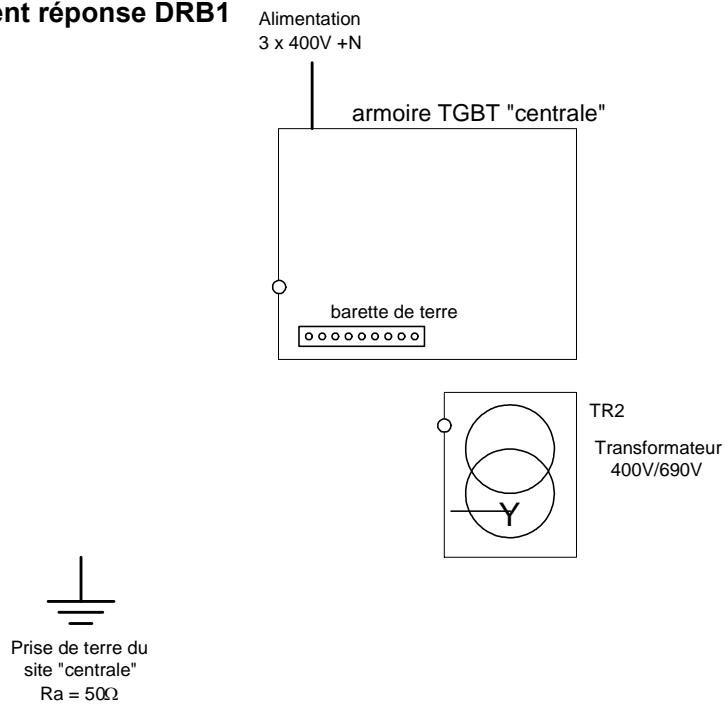
.....  
.....  
.....  
.....

//Fonctionnement des électrovannes de refroidissement des pompes à vide

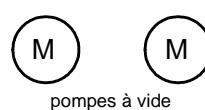
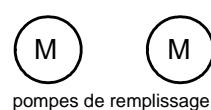
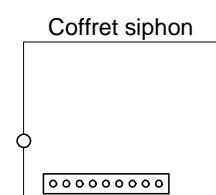
"EV\_Pvide1":="Th\_Pvide1";

"EV\_Pvide2":="Th\_Pvide2";

END\_FUNCTION

**Document réponse DRB1**

Prise de terre du site "départ conduite"  
 $\text{Ra} = 70\Omega$



## **BTS ÉLECTROTECHNIQUE**

### **CORRIGÉ DU SUJET 0**

#### **ÉPREUVE E4.2**

**Étude d'un système technique industriel : Conception et industrialisation**

---

#### **CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE**

Barème :

## A1 : Procédure de démarrage

A1-1. Voir document réponse DRA1 corrigé

## A2 : Raccordement des entrées – sorties déportées

A2-1.

- Le support cuivre peut être retenu, mais le débit décroît lorsque la distance augmente, ce qui peut être préjudiciable pour cette application.

Vitesse de transmission	Longueur de ligne max. (en m) d'un segment
9,6 à 93,75 kBit/s	1000
187,5 kBit/s	800
500 kBit/s	400
1,5 MBit/s	200
3 à 12 MBit/s	100

Tableau 5.1: Longueur de ligne maximale d'un segment (câble–bus standard)

Vitesse de transmission	Longueur de ligne max. (en m) entre 2 stations reliées par répéteurs RS 485
9,6 à 93,75 kBit/s	10000
187,5 kBit/s	8000
500 kBit/s	4000
1,5 MBit/s	2000
3 à 12 MBit/s	1000

Tableau 5.2: Longueur de ligne maximale entre deux stations (câbles–bus standard)

- Le support optique à une portée très grande et le débit n'est pas affecté par cette distance. C'est pour cette application le support le plus approprié.
- Le support sans fil est à éliminer car il a une portée réduite (15m).

A2-2.

Le support cuivre ne peut pas être mis en œuvre dans cette application car la distance d'un segment ne peut dépasser 1km. Il n'est pas non plus possible de mettre un répéteur le long de la ligne car celui ci ne peut être alimenté.

Il faut choisir un réseau fibre optique avec OLM type S3. La fibre optique doit être en **verre** avec une longueur d'onde 50/125µm.

A2-3.

Référence : 1200m de câble fibre optique verre 50/125µm : 6XV1 873-2G

## A3 : Raccordement des entrées – sorties déportées

A3-1. Voir document réponse DRA2 complété.

A3-2. Voir document réponse DRA3 complété.

A3-3. Voir document réponse DRA4 complété.

A3-4.

adresse	type	fonction
57.0	E	Départ opérationnel (I57.0 = 1 pas de défaut)
57.1	E	Etat contacteur (I57.1 = 1, contacteur fermé)
57.2	E	Etat disjoncteur (I57.2 = 1, disjoncteur fermé)
57.3	E	I57.3, Non affecté
57.0	S	Marche/Arrêt rotation à droite (Q57.0 = 1, contacteur ouverture vanne)
57.1	S	Marche/Arrêt rotation à gauche (Q57.1 = 1, contacteur fermeture vanne)
57.2	S	Q57.2, Non affecté
57.3	S	Q57.3, Non affecté

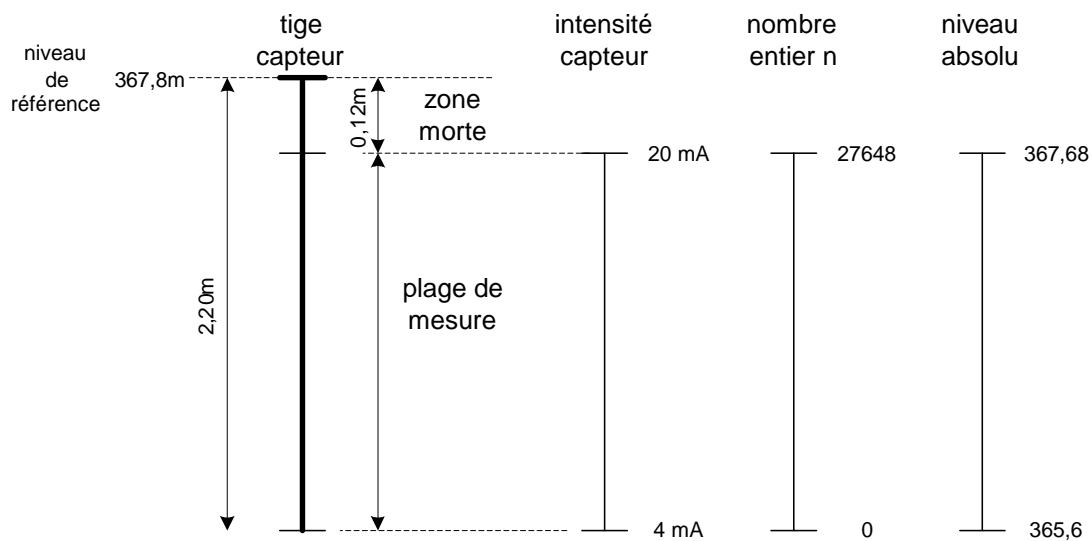
## A3-5.

Pour un moteur de 0.75kW le module départ moteur à pour référence : 3RK1 301-1BB00-0AA2

Le courant nominal vaut  $I = \frac{P}{\eta \sqrt{3}U \cos\varphi} = 2A \rightarrow$  réglage thermique à 2A.

**A4 : Programmation du fonctionnement des pompes à vide**

## A4-1.



$$a = 365,6 + \frac{367,68 - 365,6}{27648} n$$

$$a = 365,6 + 7,52 \cdot 10^{-5} n$$

## A4-2.

Résolution du capteur :  $1,6\mu\text{A}$

Ce qui correspond à une hauteur de :  $\frac{2,08 \cdot 16}{1,6 \cdot 10^{-3}} = 0,208\text{mm}$

Résolution du module d'entrée analogique : 13 bits + 1 de signe

2 bits non significatifs soit une erreur de 4 sur la valeur numérique ce qui correspond à une hauteur

de  $\frac{4 \cdot 2,08}{27648} = 0,3\text{mm}$

L'erreur totale maximale sera de 0.5mm.

Les seuils à détecter sont distants de 10cm. L'erreur sera alors de 0.5% ce qui est tout à fait acceptable pour le fonctionnement du siphon.

A4-3. Voir document réponse DRA4 complété.

A4-4. Voir document réponse DRA5 complété.

## Enjeu B : Alimentation en énergie électrique du site isolé « départ conduite »

### B1 : Choix de la source d'énergie

B1-1.

- Le site « départ conduite » nécessite une **source d'énergie permanente** pour assurer le fonctionnement des actionneurs indispensables comme les pompes à vide ou les vannes.
- La puissance de certains actionneurs **est importante** (15kW pour chaque pompe et 10kW pour le dégrilleur).

Pour ces raisons, une source d'énergie unique comme le solaire ou l'éolien n'est pas envisageable. Un groupe électrogène seul ne serait pas économique car il devrait fonctionner en permanence.

Les solutions possibles sont :

- alimentation unique depuis la centrale
- alimentation mixte avec stockage d'énergie : réseau + solaire, réseau + éolien, réseau + solaire + éolien.

Dans tous les cas une ligne nouvelle est à créer. Il n'est pas possible d'éliminer cette part d'investissement importante. La part de fonctionnement lié à la consommation d'énergie sera issue de la production de la centrale et non du réseau EDF, sauf pendant les périodes d'arrêt.

**La solution d'une alimentation unique depuis la centrale semble la meilleure à condition d'optimiser le coût de la ligne.**

### B2 Alimentation avec une tension de 400V

B2-1.

Au regard des caractéristiques des différents actionneurs, on remarque que ce sont les pompes de remplissage de la conduite qui ont les plus grosses puissances avec le dégrilleur (15kW chacun). C'est donc durant la phase de remplissage que sera la plus forte consommation.

B2-2.

Durant cette phase ne fonctionne pas :

- le dégrilleur afin de limiter la puissance instantanée consommée sur le site
- la vanne de purge du siphon bloquée en position ouverte pour la sortie d'air
- les 2 pompes à vide car le siphon est à l'échappement libre
- le groupe hydraulique de pilotage de la vanne de tête bloquée en position fermée.

B2-3.

Equipements	P (kW)	Q (kVar)
<b>Local prise d'eau</b>		
2 pompes de remplissage de 15kW	33.33	20.66
Surpresseur de 1.5kW	1.88	1.41
<b>Dégrilleur autonome de 10kW (10kW)</b>	<b>11.11</b>	<b>6.89</b>
<b>Groupe hydraulique de 1.5kW</b>	<b>1.88</b>	<b>1.41</b>
Eclairage 2A / phase	1.38	0
Chauffage 4kW	4	0
Auxiliaires 3kW	4.28	2.66
<b>Local siphon</b>		
<b>Vanne de purge de 0.18kW</b>	<b>0.28</b>	<b>0.25</b>
<b>2 pompes à vide de 0.75kW</b>	<b>2.14</b>	<b>1.77</b>
Eclairage 2A / phase	1.38	0
Chauffage 4kW	4	0
Auxiliaires 3kW	4.28	2.66
<b>Total</b>	<b>54.53</b>	<b>27.39</b>

Puissance apparente nécessaire :  $S = 61 \text{ kVA}$

B2-4.

$I = 88\text{A}$

Mode de pose 61

T3 → 1

T7 → 1

Méthode D, PR3 →  $s = 16 \text{ mm}^2$

B2-5.

$\cos \phi = P/S = 0.89$ , on choisit la colonne  $\cos \phi = 0.85$

$$\Delta U = 12 \times 88 \times 0.126 = 133\text{V} \rightarrow \text{soit } 33\%$$

B2-6.

$$\Delta U\% = 8\% - 2\% = 6\% \rightarrow \Delta U = 24\text{V}$$

$$\Delta U = 12 \times 88 \times k = 24 \rightarrow k = 0.0227 \rightarrow s = 120\text{mm}^2.$$

### B3 Alimentation avec une tension de 690V

B3-1.

$$\text{Le rapport de transformation avec les prises s'écrit : } m = \frac{U_{2v}}{U_{ln}(1+p)}$$

$$\text{Pour le transformateur TR2 on obtient : } m_2 = \frac{690}{400(1+p_2)} \text{ et pour TR3 : } m_3 = \frac{400}{690(1+p_3)}$$

$$\text{La tension à vide qui apparaîtra au secondaire de TR3 sera : } U_1 \cdot m_2 \cdot m_3 = \frac{U_1}{(1+p_2)(1+p_3)}$$

B3-2.

Pour  $U_1 = 400\text{V}$  on obtient :

$p_2(\%)$	-5	-5	-5	0	0	0	+5	+5	+5
$p_3(\%)$	-5	0	+5	-5	0	+5	-5	0	+5
$U_{2v}(\text{V})$	443	421	401	421	400	381	401	381	363

B3-3.

Le transformateur TR2 fonctionne à sa puissance nominale donc  $\Delta U = 4.4\%$

Le transformateur TR3 fonctionne à demi puissance donc  $\Delta U = 5/2 = 2.5\%$

Le  $\Delta u$  cumulé des 2 transformateurs sera de 6.9% soit 27.6V.

B3-4.

La configuration (-5%, -5%) n'est pas utilisable car elle donne une tension supérieure à 440V

Les configurations donnant des tensions de 401V ou inférieures ne peuvent pas être retenues car les transformateurs amènent déjà une chute de tension de 27.6V. Il ne sera pas possible dans ces cas de tenir une chute de tension globale de 8%.

Les deux configurations possibles sont (-5%,0) et (0,-5%).

La configuration à retenir est (-5%,0) car elle permet également de limiter la chute de tension des pompes de remplissage alimentées en 690V.

B3-5.

L'ensemble transformateurs plus ligne ne doivent pas engendrer une chute de tension supérieure à 8% - 2% = 6% soit 24V. La tension minimum permise pour cet ensemble est de 376V.

La chute de tension maximum de la ligne est de  $(421 - 27.6) - 376 = 17.4\text{V}$  soit 4,35%.

B3-6.

$$I = 52.7A \rightarrow s = 4 \text{ mm}^2.$$

B3-7.

DU% = 4.35% de 690V soit 30V

$$DU = 12 \times 52.7 \times k = 30 \rightarrow k = 0.0474 \rightarrow s = 50 \text{ mm}^2.$$

B3-8.

Solution 400V

$$\text{Coût des 3 câbles de } 120\text{mm}^2 : 3 \times 1,2 \times 10886 = 39\ 190 \text{ €}$$

Solution avec transformateurs 690V

$$\text{Coût des 3 câbles de } 50 \text{ mm}^2 : 3 \times 1,2 \times 4668 = 16\ 805 \text{ €}$$

Coût du transformateur TR2 : 3 236 €

Coût du transformateur TR3 : 2 460 €

Total : 22 501 €

En choisissant la solution avec transformateurs 690V, on réalise un gain sur la partie investissement de 16 689 €.

#### B4 : Schéma des liaisons à la terre

B4-1.

Voir document réponse DRB1 complété.

B4-2.

Afin de minimiser son coût, la ligne ne sera composée que de 3 câbles.

Ce qui donne :

- un schéma TT en amont de TR2
- un schéma TT en aval de TR2
- un schéma TN en aval de TR3

B4-3.

Nombre de pôles	3	la ligne ne comporte que les 3 phases
Tension assignnée	690V	tension au secondaire de TR2
Désignation du disjoncteur	DPX 250	C'est le premier acceptant une tension de 690V
Calibre du déclencheur	63A	valeur immédiatement supérieure à 53A
Pouvoir de coupure	16kA	> à $I_{2n}$ / ucc soit $53/0.045 = 1,18\text{kA}$
Réglage du thermique	53A (0,85 $I_n$ )	courant nominal du transformateur
Réglage du magnétique	436A (8,2 $I_r$ )	$\text{I}_a < \text{I}_{cc}$ en bout de ligne soit $I_a = \frac{0.8 \cdot U \cdot s}{2\rho L} = \frac{0.8 \cdot 690 \cdot 50}{2 \cdot 0.022 \cdot 1200} = 523A$ $I_m = I_a / 1.2 = 436A$ (tolérance de 20%)
Protection des personnes	DDR 0,5A	$< UL / Ra = 0,7A$

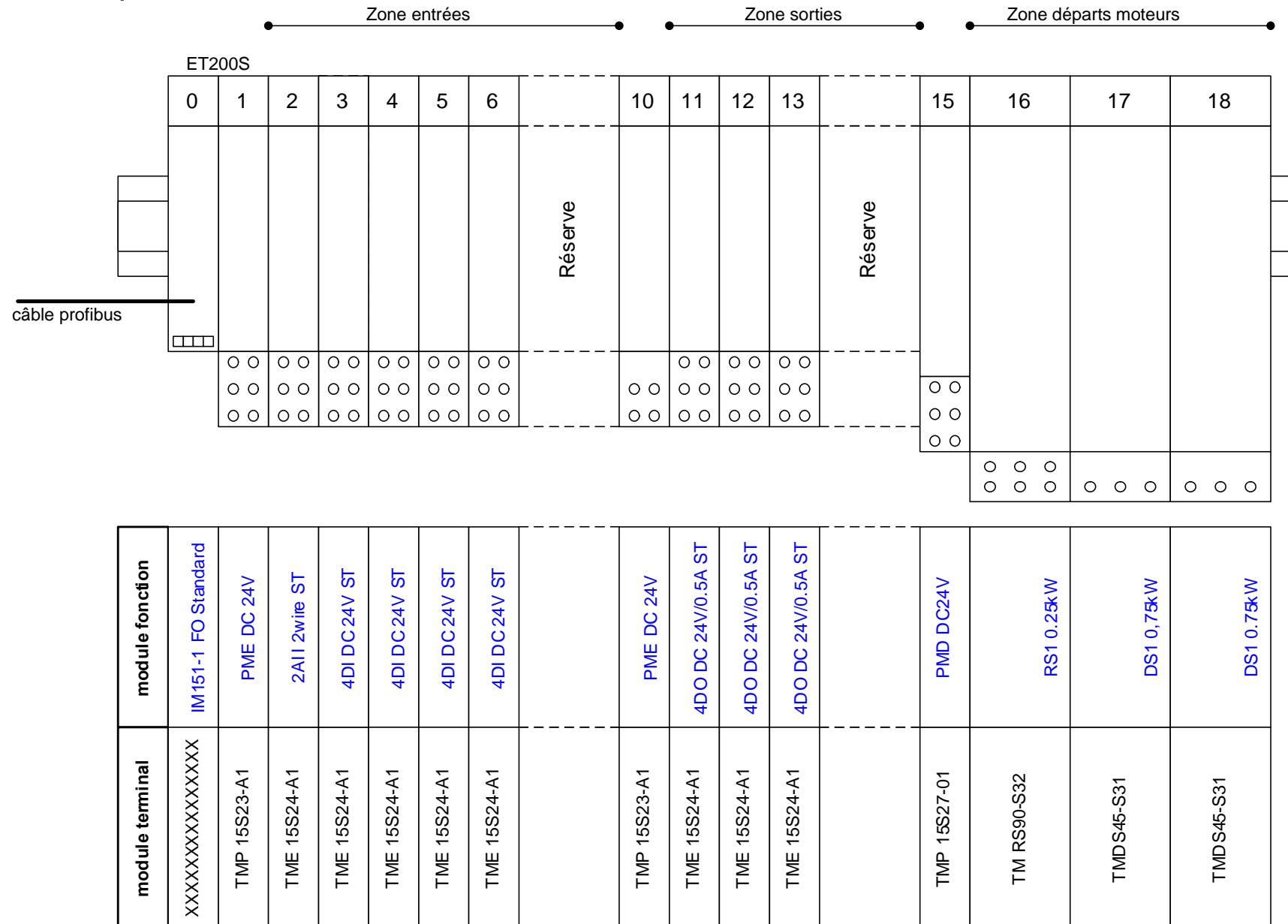
## Document réponse DRA1 CORRIGÉ

## PROCEDURE DE REMPLISSAGE DE LA CONDUITE

N°	Conditions préliminaires	Actions	Résultats attendus
1	La centrale est à l'arrêt. Tous les commutateurs de modes de marche sont sur la position « arrêt ». Les vannes de garde sont fermées.	Se rendre sur le site « départ conduite »	
2	Dans le local « prise d'eau » Niveau d'eau suffisant : Vnbas_PE éteint Pas de voyants défaut éclairés	Dans le local « prise d'eau » Placer le commutateur sur manuel ( <b>Manu_PE</b> ) Fermer la vanne de tête ( <b>BPF_Vtete</b> )	Fermeture de la vanne de tête voyant VF_Vtete éclairé
3	Vanne de tête fermée	Ouvrir manuellement les vannes <b>DN350</b> sur les départs pompes et la vanne <b>DN500</b> sur la conduite de remplissage	
4	Vannes DN350 et DN500 ouvertes	Dans le local siphon : Placer le commutateur sur manuel ( <b>Manu_siphon</b> ) Ouvrir la vanne de purge ( <b>BPO_Vpurge</b> )	Ouverture de la vanne de purge Voyant VO_Vpurge éclairé
5	Vanne de purge ouverte	Dans le local prise d'eau : Mettre en marche la pompe de remplissage1 ( <b>Ma_Pomp1</b> )	Remplissage de la conduite Voyant VMa_Pomp1 éclairé
6	Pompe de remplissage 1 en marche depuis plus d'une minute	Mettre en marche la pompe de remplissage2 ( <b>Ma_Pomp2</b> )	Remplissage de la conduite Voyants VMa_Pomp1 et VMa_pomp2 éclairés
7	Niveau d'eau suffisant	Mettre en marche le surpresseur ( <b>Ma_surp</b> ) Surveiller les niveaux d'eau « prise d'eau » et « cuve siphon »	Voyant Vma_surp éclairé et augmentation pression Arrêt automatique du surpresseur à 6 bars Arrêt automatique de la pompe 1 à la cote 365,8m Arrêt automatique de la pompe 2 à la cote 365,9m

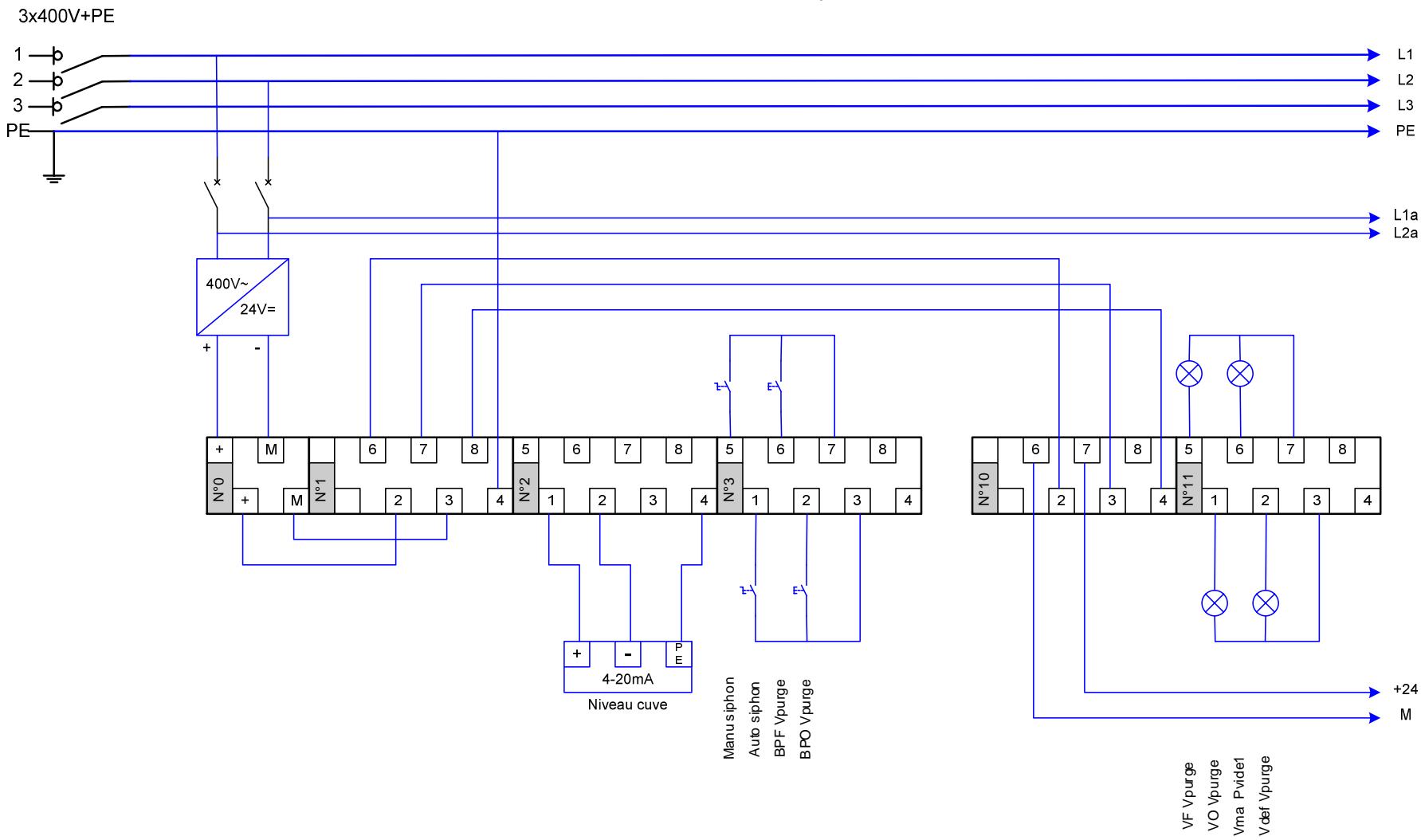
8	Niveau 365,9m atteint	Dans le local siphon : Fermer la vanne de purge ( <b>BPF_Vpurge</b> )	Fermeture de la vanne de purge Voyant VF_Vpurge éclairé
9	Vanne de purge fermée Niveau d'eau suffisant	Mettre en marche les pompes à vide 1 et 2 (Ma_Pvide1 et Ma_Pvide2)	Voyants V_Pvide1 et V_Pvide2 éclairés Augmentation du niveau dans la cuve siphon
10		Surveiller le niveau dans la cuve siphon Surveiller la pression cuve surpresseur Mettre en marche le surpresseur si la pression devient inférieure à 2 bars.	Arrêt automatique des pompes à la cote 367,4m
11	Niveau 367,4m atteint	Fermer manuellement les vannes <b>DN350</b> sur les départs pompes et la vanne <b>DN500</b> sur la conduite de remplissage	
12		Dans le local « prise d'eau » Ouvrir la vanne « tête de conduite » (BPO_Vtete)	Ouverture de la vanne tête de conduite Voyant VO_Vtete éclairé
13		Dans le local « prise d'eau » Passer en mode automatique (Auto_PE)	Voyant VAuto_PE éclairé
14		Dans le local « siphon » Passer en mode automatique (Auto_siphon)	Voyant VAuto_siphon éclairé
15	VAuto_PE, VAuto_siphon, VO_Vtête, VF_Vpurge éclairés Tous les voyants défauts éteints	Retour sur le site de la centrale	

## Document réponse DRA2



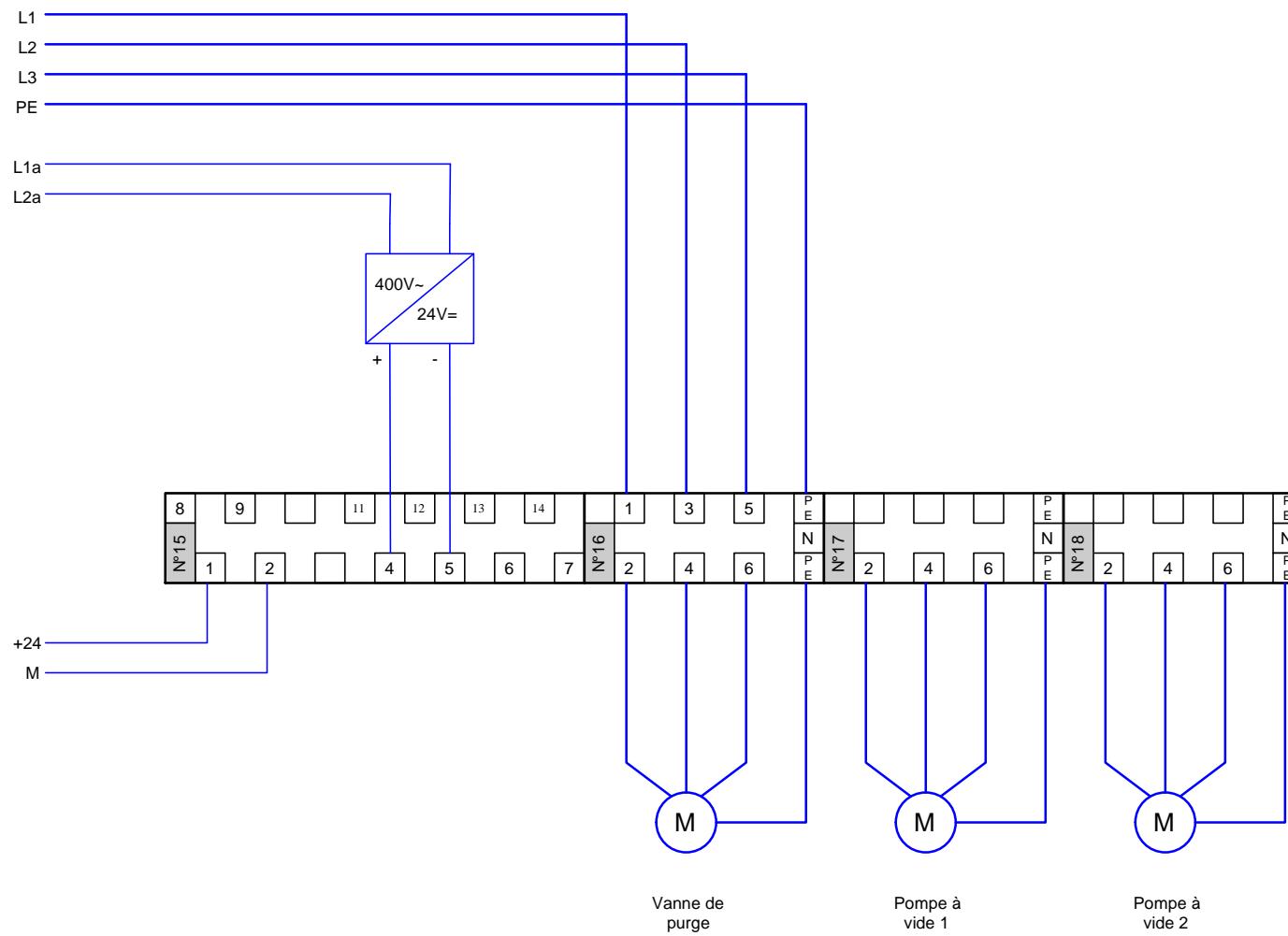
## Document réponse DRA3

## Schéma de raccordement des entrées - sorties déportées

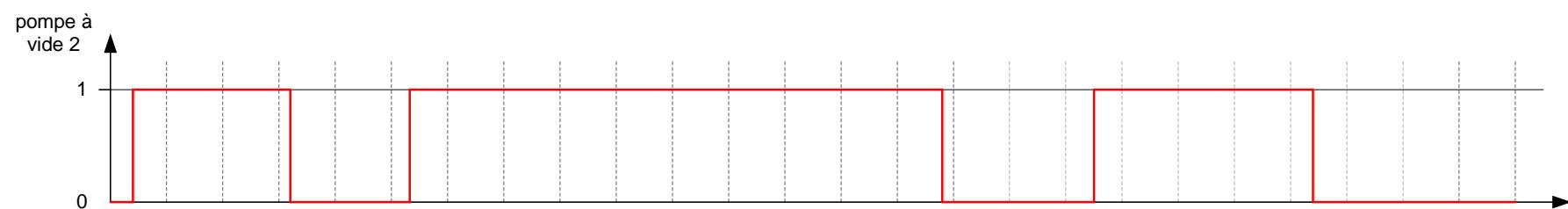
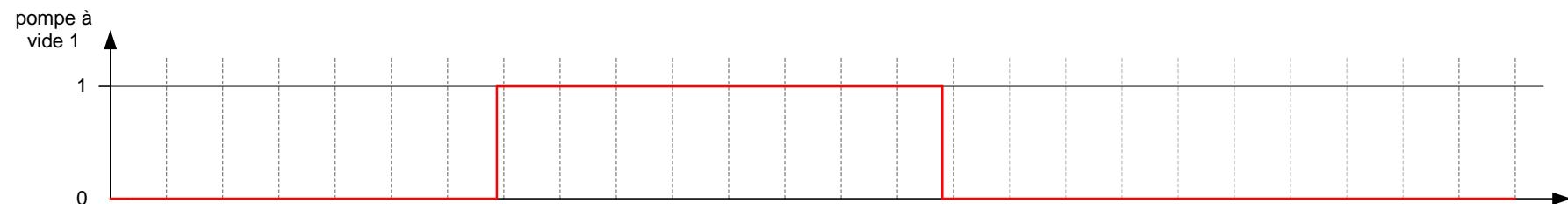
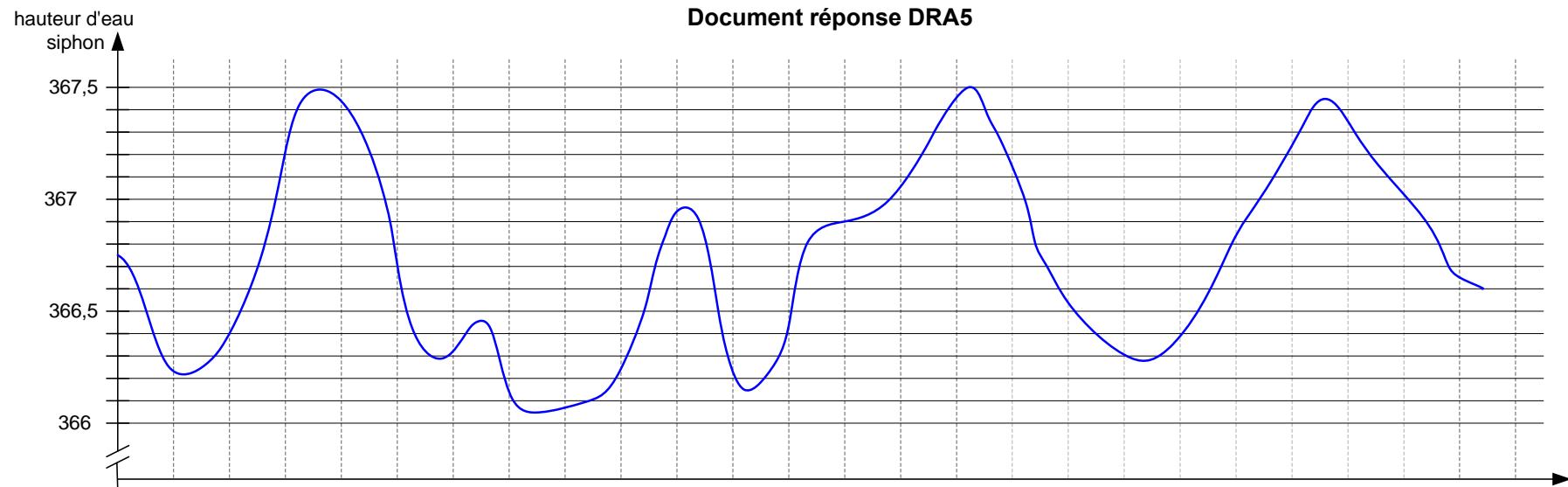


### Document réponse DRA4

Schémas de raccordement des départs moteurs déportés



Document réponse DRA5



Document réponse DRA6

//Gestion de la marche automatique des pompes à vide du siphon

FUNCTION FC21 : VOID

// Définition des variables temporaires

VAR\_TEMP

niveau\_siphon : REAL;  
END\_VAR;

//lecture du niveau du siphon et conversion en niveau absolu (FC23)  
niveau\_siphon := "niveau\_absolu"();

//Fonctionnement de la pompe à vide 1

IF niveau\_siphon < 366.2 THEN “P\_vide1” := TRUE;  
ELSIF niveau\_siphon > 367.4 THEN “P\_vide1” := FALSE;  
END\_IF;

//Fonctionnement de la pompe à vide 2

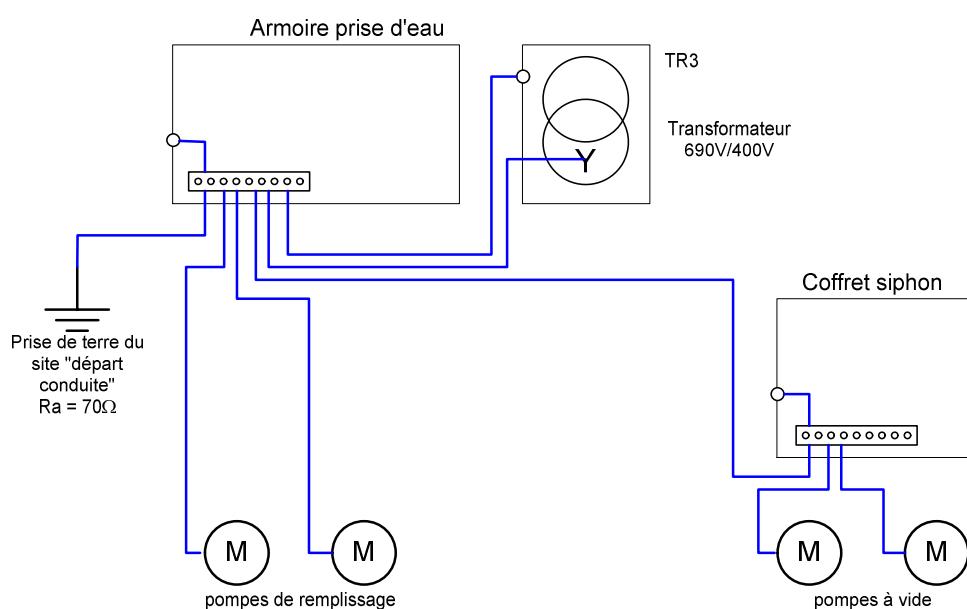
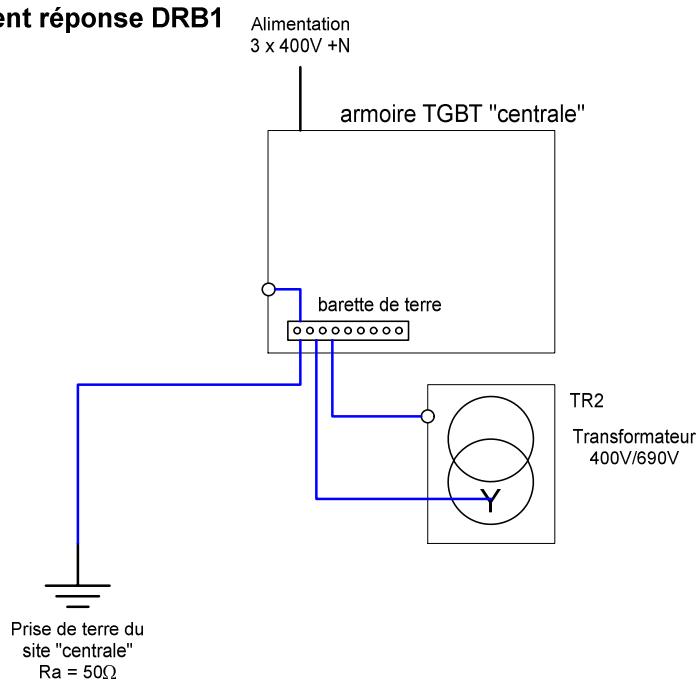
IF niveau\_siphon < 366.4 THEN “P\_vide2” := TRUE;  
ELSIF niveau\_siphon > 367.4 THEN “P\_vide2” := FALSE;  
END\_IF;

//Fonctionnement des électrovannes de refroidissement des pompes à vide

"EV\_Pvide1":="Th\_Pvide1";

"EV\_Pvide2":="Th\_Pvide2";

END\_FUNCTION



## 6.2 Épreuve de projet technique industriel (épreuve E5) :

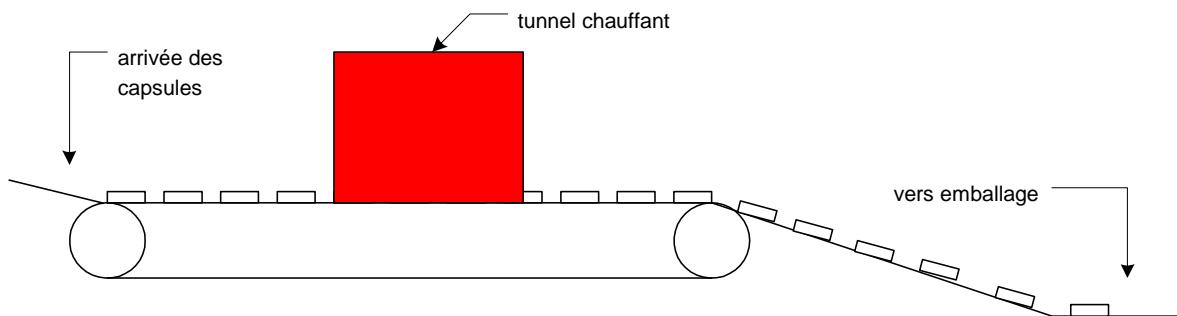
Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>		Établissement :
Session :			
<b>Épreuve E5</b> <b>Projet technique industriel</b>		<b>DOSSIER PROJET</b>	
Équipe pédagogique : Souligner le nom du chef de projet - <a href="#">enseignant de SA</a> - <a href="#">enseignant 1 de GE</a> - <a href="#">enseignant 2 de GE</a> - <a href="#">enseignant de CM</a>	Titre : <a href="#">Tunnel de séchage de capsules</a>		
Partenaires du projet :  Entreprise de production de capsules pour les récipients alimentaires	Nombre d'étudiants : <span style="font-size: 1.5em;">4</span>		
Montant estimé du projet : <b>3 000 €</b>	Source de financement : <a href="#">entreprise</a>		
Typologie du projet : <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Construction ou rénovation d'un système inclus dans une chaîne de fabrication.</li> <li><input type="checkbox"/> Construction ou rénovation d'une machine de production.</li> <li><input type="checkbox"/> Conception ou modification d'une installation électrique d'une infrastructure.</li> <li><input type="checkbox"/> Conception ou modification d'une installation électrique d'un bâtiment tertiaire ou industriel.</li> <li><input type="checkbox"/> Conception ou amélioration d'un produit de consommation.</li> <li><input type="checkbox"/> Élaboration ou amélioration de services.</li> </ul>			
Présentation du projet :  Insertion dans un processus de fabrication d'un tunnel de séchage. Ce tunnel permet de sécher le joint polymère assurant l'étanchéité des couvercles des récipients alimentaires (capsules des bocaux et bouteilles en verre).			
Le projet est : <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <input type="checkbox"/> Accepté      <input type="checkbox"/> Accepté sous réserves      <input type="checkbox"/> Refusé     </div>			
Recommandations (en cas de réserves ou de refus) :			
Date :	Les IA-IPR :		

## DÉFINITION DE LA DEMANDE

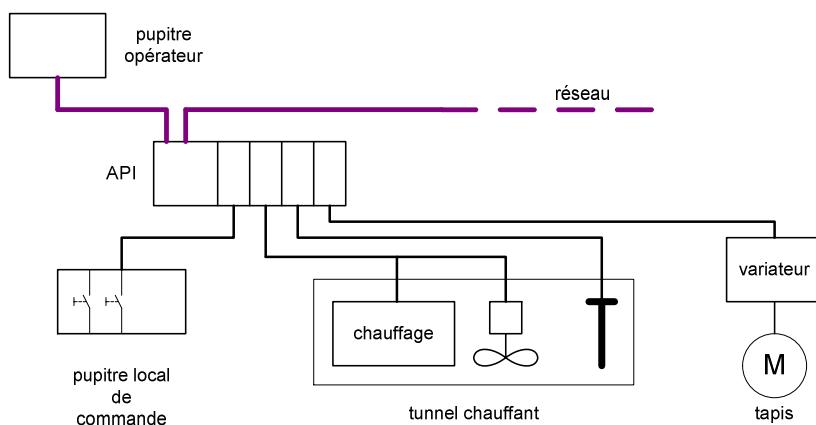
### Objectif du projet :

À partir des informations « température de séchage », « temps de séchage » et des contraintes de la ligne de production, il faut déterminer, réaliser puis mettre en place un tunnel de séchage sur une ligne de production de capsules.

### Synoptique du projet :



### Synoptique de l'automatisme :



### Cahier des charges :

- Température de séchage : 200°C
- Temps de séchage : de 5 à 15 s selon la taille des capsules
- Vitesse de production de la ligne : de 40 à 120 capsules par minute
- Mise à disposition, à distance, des grandeurs température et vitesse sur le réseau de communication pour le service de contrôle qualité
- Réglage rapide, selon le type de capsule, des consignes de température et vitesse par l'intermédiaire de recettes
- Temps d'arrêt de la ligne pour la mise en place : une journée, à placer pendant une période creuse de production.
- Énergie disponible : électrique (3 x 400 V + N), gaz
- Budget : 3000 €

<b>CONTRAT INDIVIDUEL DES TÂCHES</b>		Étudiant : <b>1</b>				
<b>TÂCHES PROPOSEES</b>		Compétences mises en oeuvre				
Organisation du projet		C05	C11	C15	C27	C32
- Définir avec le client les contraintes mécaniques pour l'insertion du tapis roulant (place disponible)						x
- Déterminer les caractéristiques principales du tapis roulant (largeur, longueur, vitesse, revêtement) en fonction du cahier des charges et des contraintes	x					
- Rechercher des solutions pour la fixation et l'entraînement du tapis roulant	x					
- Rechercher des solutions pour la motorisation du tapis roulant	x					
- Définir les ressources nécessaires à la réalisation et l'adaptation de la partie mécanique	x					
- Déterminer les délais de réalisation et de mise en place du tapis roulant			x			
- Faire une offre de prix pour l'achat et la mise en place du tapis roulant		x				
- Établir les bons de commande		x				
- Positionner les différentes tâches sur le planning prévisionnel				x		
Conception du projet		C06	C10	C19	C24	C33
- Concevoir les plans mécaniques		x				
- Rechercher dans les documents constructeur les caractéristiques précises du moto variateur		x				
- Concevoir les schémas électriques nécessaires au raccordement du moto variateur		x				
- Réceptionner le matériel	x					
- Réaliser ou faire réaliser le système (tapis roulant plus moto variateur)				x		
- Suivre l'évolution des coûts				x		
- Suivre et mettre à jour le planning				x		
- Participer aux réunions de suivi de travaux						x
- Identifier les paramètres de réglage du moto variateur			x			
- Définir la méthode de réglage de la consigne de vitesse lors d'un changement de production			x			
Mise en œuvre du projet		C14	C17	C18	C20	C21
- Définir la procédure d'essais partiels de l'ensemble tapis, moto variateur		x				
- Choisir le matériel de mesure adapté			x			
- Réaliser les essais de validation en toute sécurité			x			
- Régler les paramètres du moto variateur					x	
- Vérifier l'influence des paramètres de réglage				x		
- Confronter les résultats de mesure aux prévisions				x		
- Analyser les causes d'un dysfonctionnement éventuel	x					
- Participer à l'assemblage des différentes parties du projet						x

<b>CONTRAT INDIVIDUEL DES TÂCHES</b>		Étudiant : <b>2</b>				
<b>TÂCHES PROPOSEES</b>		Compétences mises en oeuvre				
Organisation du projet						
- Définir avec le client les contraintes liées au tunnel chauffant (dimension, protection, analyse des risques)		C05		C11		C15
- Déterminer les caractéristiques principales du tunnel chauffant (largeur, longueur, hauteur, puissance) en fonction du cahier des charges et des contraintes	x					
- Rechercher des solutions technologiques permettant d'obtenir la température désirée au niveau des capsules	x					
- Rechercher des solutions permettant de moduler la puissance de chauffage en fonction des types de capsule	x					
- Déterminer le matériel nécessaire à la réalisation des différentes solutions	x					
- Chiffrer les différentes solutions			x			
- Établir les bons de commande			x			
- Positionner les différentes tâches sur le planning prévisionnel				x		
- Déterminer les délais de réalisation et de mise en place du tunnel			x			
Conception du projet		C06	C10	C19	C24	C33
- Rechercher dans les documents constructeur les caractéristiques précises des éléments de contrôle de la puissance de chauffage du tunnel		x				
- Concevoir les schémas électriques nécessaires au raccordement des éléments du tunnel		x				
- Réceptionner le matériel	x					
- Réaliser ou faire réaliser le tunnel chauffant (partie mécanique, mise en place des organes de chauffage)				x		
- Rechercher un modèle de comportement thermique du tunnel			x			
- Identifier les paramètres de réglage du tunnel chauffant			x			
- Définir une méthode de réglage de la consigne de température lors d'un changement de production			x			
- Participer aux réunions de suivi de travaux					x	
- Suivre et mettre à jour le planning					x	
- Suivre l'évolution des coûts					x	
Mise en œuvre du projet		C14	C17	C18	C20	C21
- Définir les procédures d'essais partiels du tunnel chauffant		x				
- Choisir le matériel de mesure adapté		x				
- Réaliser les essais de validation en toute sécurité		x				
- Régler les paramètres de régulation de la température				x		
- Vérifier l'influence des paramètres de réglage			x			
- Confronter les résultats de mesure aux prévisions			x			
- Analyser les causes d'un dysfonctionnement éventuel	x					
- Participer à l'assemblage des différentes parties du projet					x	

<b>CONTRAT INDIVIDUEL DES TÂCHES</b>		Étudiant : <b>3</b>				
<b>TÂCHES PROPOSEES</b>		Compétences mises en oeuvre				
Organisation du projet		C05	C11	C15	C27	C32
- Définir avec le client le contenu d'une recette de production						x
- Déterminer les caractéristiques principales du pupitre opérateur permettant la définition et la sélection des recettes	x					
- Déterminer les caractéristiques de l'automate programme industriel nécessaire	x					
- Rechercher les solutions constructeurs API plus pupitre opérateur	x					
- Déterminer le matériel nécessaire à la réalisation des différentes solutions	x					
- Chiffrer les différentes solutions		x				
- Établir les bons de commande		x				
- Positionner les différentes tâches sur le planning prévisionnel			x			
- Déterminer les délais de réalisation et de mise en place de l'automate et du pupitre opérateur				x		
Conception du projet		C06	C10	C19	C24	C33
- Rechercher dans les documents constructeur les caractéristiques précises du pupitre opérateur et de l'automate.		x				
- Concevoir les schémas électriques du raccordement de l'automate et du pupitre opérateur		x				
- Réceptionner le matériel	x					
- Réaliser les programmes automate				x		
- Réaliser le programme du pupitre opérateur (gestion des recettes)				x		
- Définir une méthode de vérification des programmes			x			
- Participer aux réunions de suivi de travaux					x	
- Suivre et mettre à jour le planning				x		
- Suivre l'évolution des coûts				x		
Mise en œuvre du projet		C14	C17	C18	C20	C21
- Définir les procédures d'essais partiels de l'automate et du pupitre opérateur sur le tunnel		x				
- Réaliser les essais de validation en toute sécurité						x
- Vérifier le fonctionnement du programme dans tous ses modes de marche			x			
- Analyser les dysfonctionnements	x					
- Proposer et mettre en œuvre des solutions correctives				x		
- Participer à l'assemblage des différentes parties du projet				x		

<b>CONTRAT INDIVIDUEL DES TÂCHES</b>		Étudiant : <b>4</b>				
<b>TÂCHES PROPOSEES</b>		Compétences mises en oeuvre				
Organisation du projet						
- Définir avec le client les informations à fournir au service qualité		C05		C11		C15
- Déterminer les caractéristiques principales de la partie de réseau à réaliser	x					
- Déterminer les caractéristiques des modules de communication et des passerelles éventuels	x					
- Rechercher les solutions constructeurs sur les modules de communication et les réseaux	x					
- Déterminer le matériel nécessaire à la réalisation des différentes solutions	x					
- Chiffrer les différentes solutions		x				
- Établir les bons de commande		x				
- Positionner les différentes tâches sur le planning prévisionnel				x		
- Déterminer les délais de réalisation et de mise en place de l'automate et du pupitre opérateur			x			
Conception du projet		C06	C10	C19	C24	C33
- Rechercher dans les documents constructeur les caractéristiques précises des modules de communication		x				
- Concevoir les schémas électriques du raccordement du système au réseau existant		x				
- Réceptionner le matériel	x					
- Définir la configuration des nouveaux éléments du réseau			x			
- Réaliser le programme permettant de mettre à disposition et au bon format les informations demandées				x		
- Coordonner les programmes des différentes parties					x	
- Participer aux réunions de suivi de travaux					x	
- Suivre et mettre à jour le planning				x		
- Suivre l'évolution des coûts				x		
Mise en œuvre du projet		C14	C17	C18	C20	C21
- Définir les procédures d'essais partiels de la partie de réseau nouvellement créée		x				
- Réaliser les essais de communication						x
- Vérifier le fonctionnement du programme de communication				x		
- Vérifier le fonctionnement des différents programmes assemblés				x		
- Analyser les dysfonctionnements	x					
- Proposer et mettre en œuvre des solutions correctives			x			
- Participer à l'assemblage des différentes parties du projet				x		

### 6.3 Organisation de chantier (épreuve E61) :

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation</i> Épreuve E61 « Organisation de chantier »		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

#### Exemple de thème de chantier publié au B.O.E.N. :

##### Chantier 1 :

Création d'un nouveau départ dans un T.G.B.T., raccordement entre le T.G.B.T. et l'équipement distant avec un câble de section supérieure ou égale à 25 mm<sup>2</sup>. Le cheminement du câble peut se faire indifféremment dans un conduit, sur un chemin de câbles ou dans un caniveau.

#### Exemple de cahier des charges du chantier 1 appliqué au lycée XXXX

##### Cahier des charges :

L'installation d'une soudeuse par points (annexe 1), dans l'atelier d'essais de systèmes du lycée XXXX, nécessite de créer un nouveau départ au niveau du tableau de distribution TD3-12-RDC, de passer un câble entre le tableau de distribution et l'équipement de soudage et d'effectuer le raccordement. Le plan de situation, le schéma du tableau de distribution TD3-12-RDC, la vue d'implantation du tableau de distribution TD3-12-RDC sont fournis respectivement aux annexes 2, 3, 4 et 5. Le dimensionnement et le choix des constituants dont la liste est fournie à l'annexe 6, ont été définis par un bureau d'étude. Le passage du câble a été prévu sur les chemins de câbles existants. Il existe en effet plusieurs chemins de câbles (cheminement par le sous-plafond du bâtiment) qui relient le tableau de distribution aux armoires divisionnaires de chacune des salles.

Il est demandé de prévoir l'organisation complète du chantier ainsi que l'encadrement des travaux de raccordement de la soudeuse au tableau de distribution.

Les travaux devront être réalisés en prenant en compte la sécurité des intervenants.

Pour des raisons de continuité de service, la coupure d'énergie au niveau du tableau de distribution ne pourra s'effectuer que pendant 1 heure 30 min maximum. Cette coupure devra être notifiée une semaine avant (au plus tard) auprès du chef des travaux du secteur industriel afin qu'il puisse en aviser les enseignants du secteur électrotechnique.

La durée de réalisation du chantier est fixée à 8 h 00. Vous disposez de 5 ouvriers (exécutant électricien) dont le planning d'utilisation est donné ci-après :

Intervenants	mardi					jeudi				
	08h25 09h40	09h40 10h30	10h30 11h05	11h05 11h55	11h55 12h00	14h00 14h30	14h30 15h20	15h20 15h55	15h55 16h45	16h45 17h20
Ouvrier 1			X	X	X	X	X	X	X	X
Ouvrier 2	X				X	X	X	X	X	X
Ouvrier 3	X	X	X					X	X	X
Ouvrier 4	X	X	X	X	X	X				X
Ouvrier 5	X	X	X	X	X	X	X	X		

Durant la totalité de la réalisation vous aurez le rôle de chargé de travaux.

Vous aurez à prendre connaissance des contraintes liées à l'implantation en vous rendant directement sur le site.

## Rappel sur le rôle du chargé de travaux

Le chargé de travaux est responsable de la sécurité sur le chantier

Avant le début des travaux, le chargé de travaux doit s'assurer :

- que le travail a été clairement défini et que tous les risques ont été analysés,
- que les exécutants possèdent les habilitations adaptées aux travaux,
- que les exécutants disposent du matériel de protection et de sécurité et de l'outillage individuel et collectif nécessaires,
- qu'aucun exécutant ne présente de signe de défaillance.

Avant d'entreprendre le travail, le chargé de travaux doit :

- vérifier l'absence de tension,
- identifier l'ouvrage,
- effectuer la délimitation de l'ouvrage,
- informer les exécutants de la nature des travaux, des mesures de sécurité, des précautions à respecter, des limites de la zone de travail, du point de rassemblement aux interruptions et à la fin du travail.

Pendant les travaux, le chargé de travaux doit :

- veiller à l'application des mesures de sécurité prises,
- assurer la surveillance de son personnel,
- veiller à la bonne exécution du travail,
- veiller au bon emploi de l'outillage et du matériel de sécurité,
- en cas d'interruption temporaire des travaux, le chargé de travaux doit :
  - donner aux intervenants l'ordre d'interrompre les travaux et les rassembler au point convenu,
  - faire assurer la sécurité aux abords de la zone de travail,
  - interdire aux exécutants tout nouvel accès à la zone de travail tant qu'un nouvel ordre ne leur a pas été signifié,
- à la reprise des travaux, le chargé de travaux doit :
  - s'assurer que les mesures de sécurité prises à l'origine des travaux sont toujours valables,
  - confirmer les instructions correspondantes,
  - donner l'ordre de reprise du travail.

À la fin des travaux, le chargé de travaux doit :

- s'assurer de la bonne exécution du travail et de l'enlèvement de tous les outils,
- s'assurer de la bonne gestion des déchets et rebuts de chantier,
- rassembler le personnel au point convenu de rassemblement,
- procéder à l'enlèvement des délimitations matérielles de la zone de travail,
- procéder à l'enlèvement des mises à la terre et en court-circuit qu'il aurait posés.

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

## Annexe 1

### Soudeuse par points

#### Branchements électriques

La machine est prévue pour une alimentation sur 2 fils de phase d'une distribution triphasée. L'intensité du courant demandée au réseau durant les phases de soudage est de 150 A.



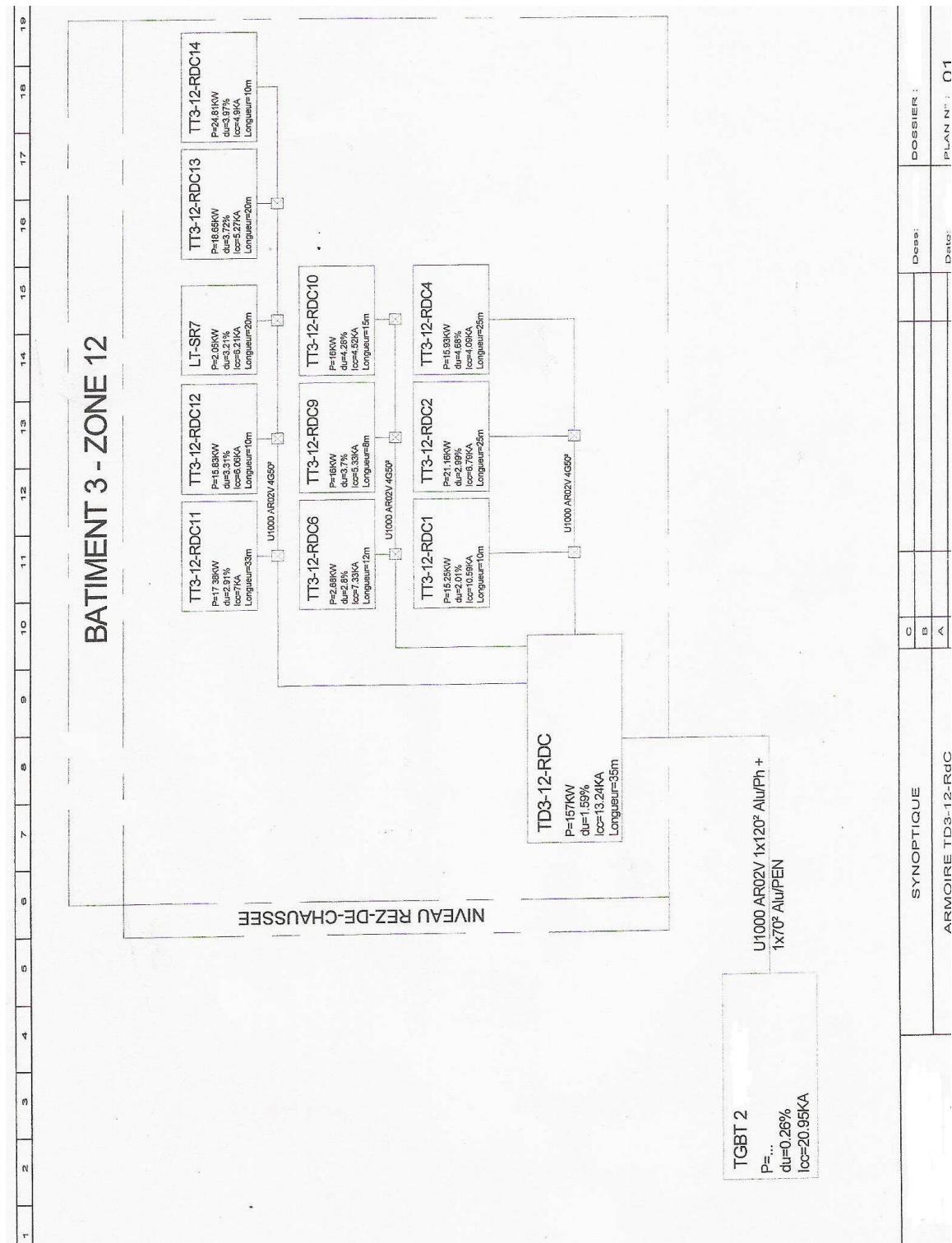
Aperçu de la soudeuse

Intérieur de l'armoire  
(Point de raccordement de la soudeuse)



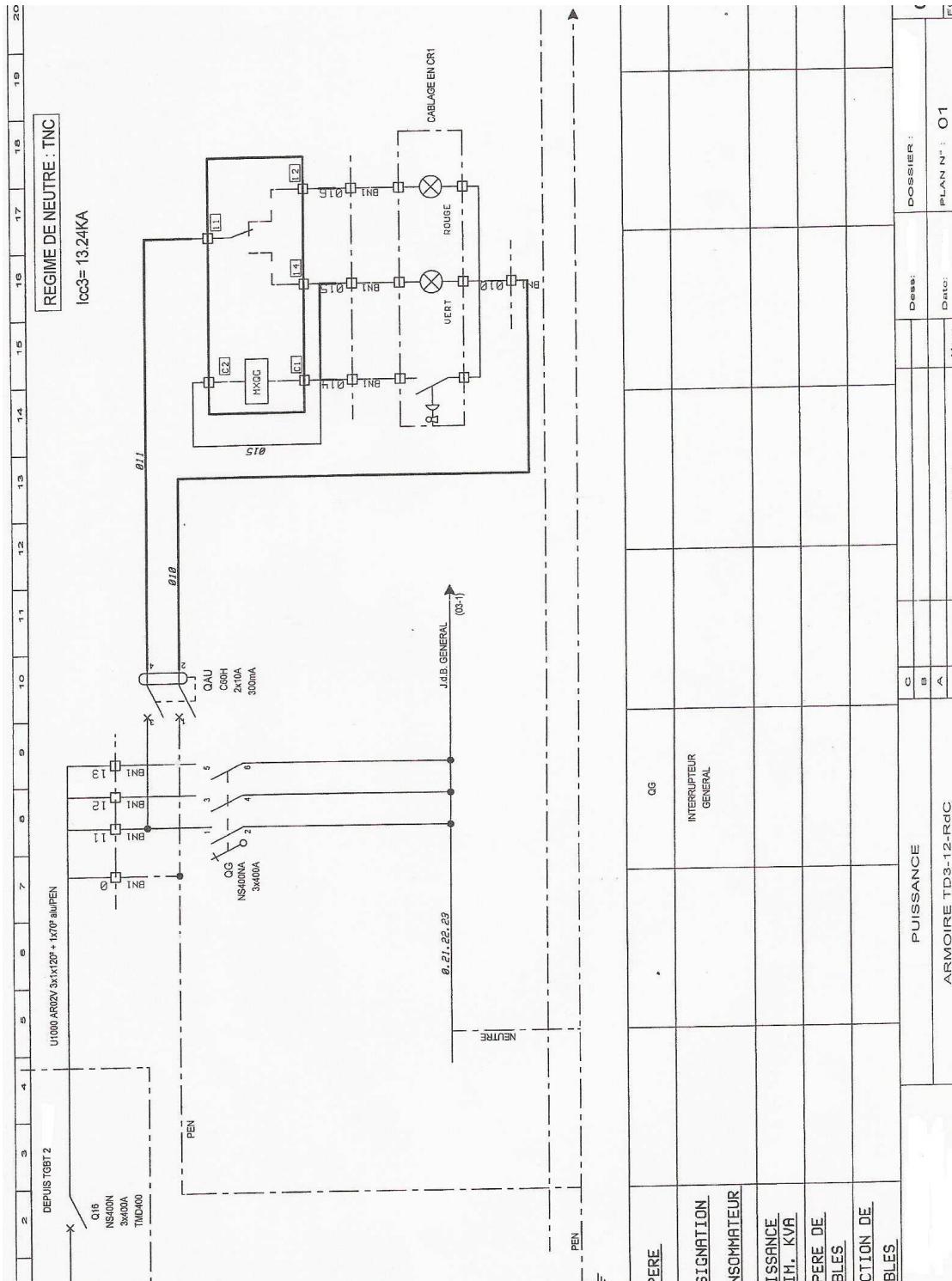
Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation</i> <i>Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

## Annexe 2

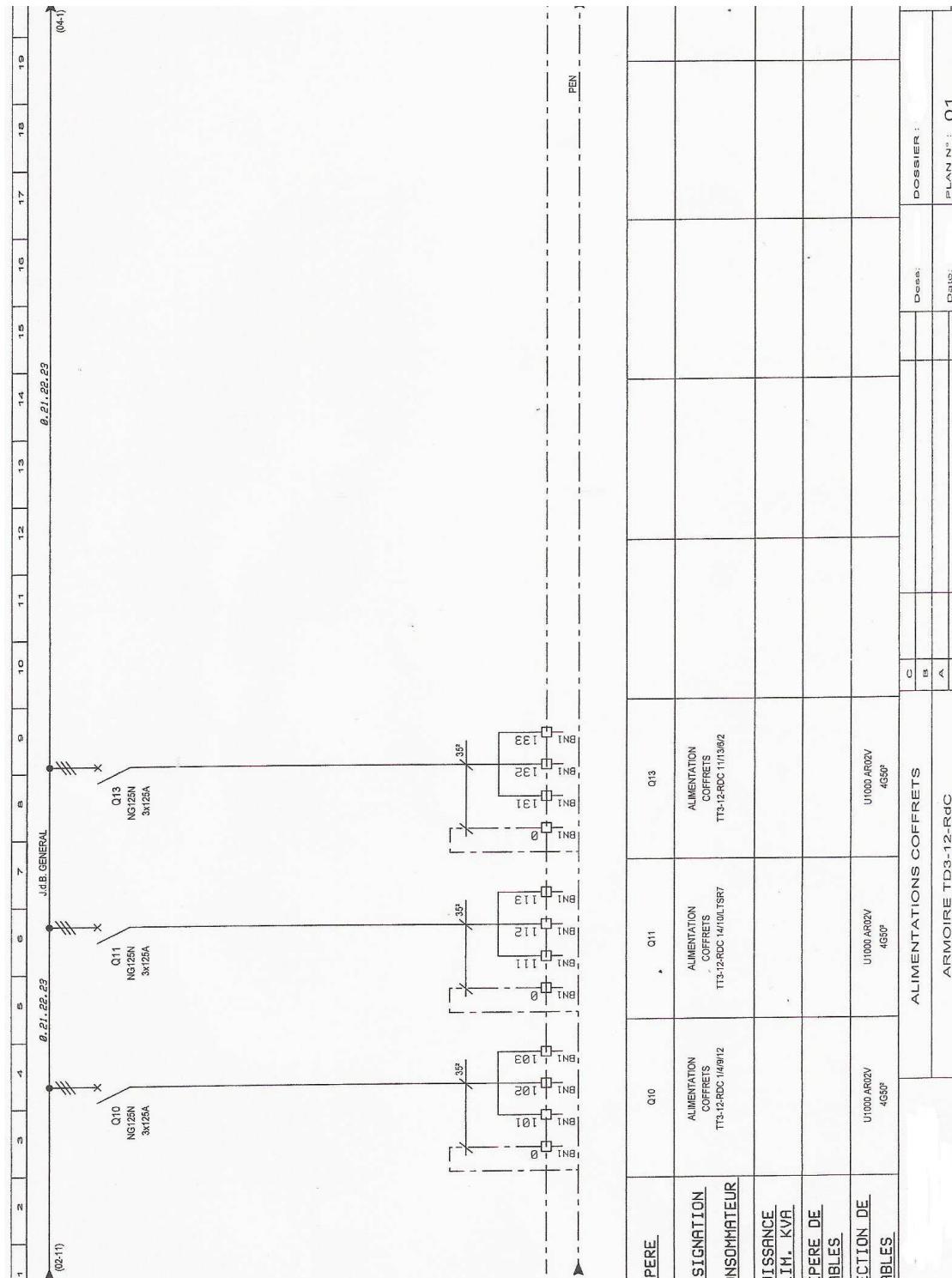


Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

### Annexe 3



Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation</i> <i>Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

**Annexe 4**

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

## Annexe 5



Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation</i> <i>Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

## Annexe 6

### Liste des constituants

Qté	Désignation	Code ou Référence
1	Disjoncteur 2P 250 A	NS 250N
1	Déclencheur magnétothermique 2P 200A	TM 200D
6	Cosses 50 mm <sup>2</sup>	XCT 50-12
4	Cosses 25 mm <sup>2</sup>	XCT 25-12
3	chemin de câbles 2 m	OB1-50 HT30
6	Éclisse rapide EZ	ECR
6	Accessoires de fixation berceau L50	150 051
1	Borne de mise à la terre	700 000
30	Collier de fixation	
40 m	Câble unipolaire 50 mm <sup>2</sup> noir	R 02V 1*50 mm <sup>2</sup>
20 m	Câble unipolaire 25 mm <sup>2</sup> vert-jaune	R 02V 1*25 mm <sup>2</sup>

## Inventaire des tâches à effectuer

### Liste des macro tâches à réaliser :

- Pose du disjoncteur.
- Passage du câble.
- Pose du chemin de câble pour l'arrivée sur l'équipement.
- Préparation de la connectique.
- Raccordement.
- Mise sous tension et essais.

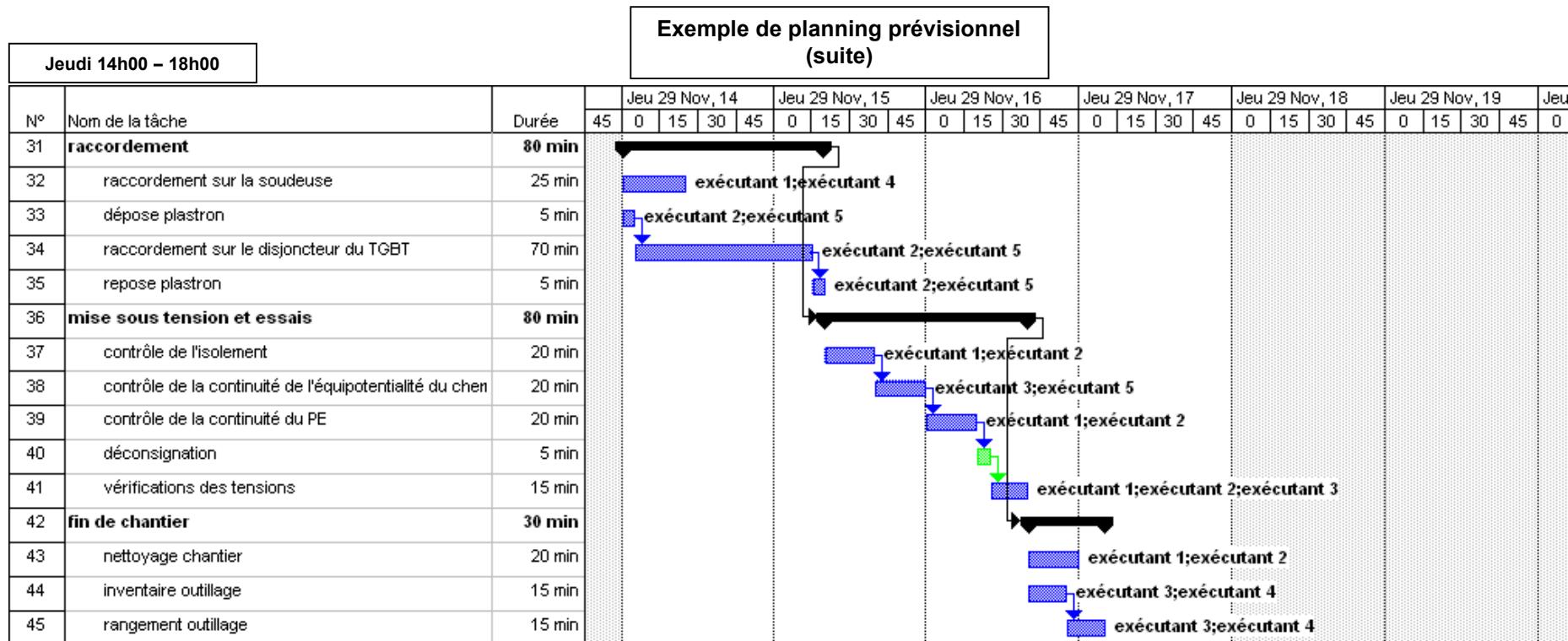
### Décomposition des macro tâches :

- **Pose du disjoncteur :**
  - o Consignation du TGBT.
  - o Dépose des plastrons.
  - o Préparation de la connectique pour le raccordement sur le jeu de barre.
  - o Implantation du disjoncteur dans le TGBT.
  - o Raccordement amont du disjoncteur.
  - o Consignation du disjoncteur.
  - o Repose des plastrons.
  - o Déconsignation du TGBT.
- **Passage du câble :**
  - o Dépose des dalles du sous-plafond.
  - o Pose du câble.
  - o Fixation du câble.
  - o Repose des dalles du sous-plafond.
- **Pose du chemin de câble pour l'arrivée sur l'équipement :**
  - o Découpe du chemin de câble.
  - o Pose des éléments de fixation.
  - o Pose du chemin de câble.
  - o Pose des tresses d'équipotentialité.
- **Préparation de la connectique :**
  - o Préparation du câble.
  - o Pose des cosses.
  - o Pose des manchons isolants de couleurs.
  - o Pose des repères du câble.
- **Raccordement :**
  - o Raccordement sur le sectionneur de la soudeuse.
  - o Raccordement sur le disjoncteur du TGBT.
- **Préparation à la mise sous tension, mise sous tension et essais :**
  - o Contrôle de l'isolement.
  - o Contrôle de la continuité de l'équipotentialité du chemin de câble.
  - o Contrôle de la continuité du conducteur de protection.
  - o Déconsignation.
  - o Vérification des tensions.

Mardi 08h00 – 12h00

### Exemple de planning prévisionnel

N°	Nom de la tâche	Durée	V_13 30 45	Mar 27 Nov, 14 0 15 30 45	Mar 27 Nov, 15 0 15 30 45	Mar 27 Nov, 16 0 15 30 45	Mar 27 Nov, 17 0 15 30 45	Mar 27 Nov, 18 0 15 30 45	Mar 27 Nov, 19 0 15 30 45
1	<b>consignes aux exécutants</b>	<b>15 min</b>							
2	accueil des exécutants	5 min							
3	répartition des tâches	5 min							
4	consignes de sécurités	5 min							
5	<b>pose du disjoncteur</b>	<b>70 min</b>							
6	consignation du TGBT	5 min							
7	dépose des plastrons	10 min							
8	préparation de la connectique	20 min							
9	implantation du disjoncteur	25 min							
10	raccordement amont	15 min							
11	repose plastron	5 min							
12	consignation du disjoncteur	5 min							
13	déconsignation du TGBT	5 min							
14	<b>passage du câble</b>	<b>165 min</b>							
15	dépose des dalles du sous-plafond	60 min							
16	pose du câble	45 min							
17	fixation du câble	15 min							
18	repose des dalles	45 min							
19	<b>pose du chemin de câbles pour l'arrivée</b>	<b>85 min</b>							
20	découpe du chemin de câble	20 min							
21	pose des éléments de fixation	20 min							
22	pose du chemin de câble	25 min							
23	pose des tresses d'équipotentialité	20 min							
24	<b>préparation de la connectique</b>	<b>50 min</b>							
25	préparation du câble	15 min							
26	pose des cosses	20 min							
27	pose des manchons isolants	5 min							
28	pose des repères du câble	10 min							
29	fixation du câble sur chemin de câble soudeuse	20 min							
30	nettoyage chantier	10 min							



## Pilotage par l'étudiant 1 :

N°	Nom de la tâche	Durée	V, 13	Mar 27 Nov, 14	Mar 27 Nov, 15	Mar 27 Nov, 16	Mar 27 Nov, 17	Mar 27 Nov, 18	Mar 27 Nov, 19
			30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45
1	consignes aux exécutants	15 min							
2	accueil des exécutants	5 min							
3	répartition des tâches	5 min							
4	consignes de sécurités	5 min							
5	pose du disjoncteur	70 min							
6	consignation du TGBT	5 min							
7	dépose des plâtres	10 min							
8	préparation de la connectique	20 min							
9	implantation du disjoncteur	25 min							
10	raccordement amont	15 min							
11	repose plâtre	5 min							
12	consignation du disjoncteur	5 min							
13	déconsignation du TGBT	5 min							
14	passage du câble	165 min							
15	dépose des dalles du sous-plafond	60 min							
16	pose du câble	45 min							
17	fixation du câble	15 min							
18	repose des dalles	45 min							
19	pose du chemin de câbles pour l'arrivée	85 min							
20	découpe du chemin de câble	20 min							
21	pose des éléments de fixation	20 min							
22	pose du chemin de câble	25 min							
23	pose des tresses d'équipotentialité	20 min							
24	préparation de la connectique	50 min							
25	préparation du câble	15 min							
26	pose des cosses	20 min							
27	pose des manchons isolants	5 min							
28	pose des repères du câble	10 min							
29	fixation du câble sur chemin de câble soudeuse	20 min							
30	nettoyage chantier	10 min							

## Passation de consignes entre l'étudiant 1 et l'étudiant 2 :

N°	Nom de la tâche	Durée	V, 13	Mar 27 Nov, 14	Mar 27 Nov, 15	Mar 27 Nov, 16	Mar 27 Nov, 17	Mar 27 Nov, 18	Mar 27 Nov, 19
			30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45	0   15   30   45
1	consignes aux exécutants	15 min							
2	accueil des exécutants	5 min							
3	répartition des tâches	5 min							
4	consignes de sécurités	5 min							
5	pose du disjoncteur	70 min							
6	consignation du TGBT	5 min							
7	dépose des plâtres	10 min							
8	préparation de la connectique	20 min							
9	implantation du disjoncteur	25 min							
10	raccordement amont	15 min							
11	repose plâtre	5 min							
12	consignation du disjoncteur	5 min							
13	déconsignation du TGBT	5 min							
14	passage du câble	165 min							
15	dépose des dalles du sous-plafond	60 min							
16	pose du câble	45 min							
17	fixation du câble	15 min							
18	repose des dalles	45 min							
19	pose du chemin de câbles pour l'arrivée	85 min							
20	découpe du chemin de câble	20 min							
21	pose des éléments de fixation	20 min							
22	pose du chemin de câble	25 min							
23	pose des tresses d'équipotentialité	20 min							
24	préparation de la connectique	50 min							
25	préparation du câble	15 min							
26	pose des cosses	20 min							
27	pose des manchons isolants	5 min							
28	pose des repères du câble	10 min							
29	fixation du câble sur chemin de câble soudeuse	20 min							
30	nettoyage chantier	10 min							

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation</i> <i>Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

## Liste des constituants

Qté	Désignation	Disponible	Préparé
1	Disjoncteur 2P 250 A		
1	Déclencheur magnétothermique 2P 200A		
6	Cosses 50 mm <sup>2</sup>		
4	Cosses 25 mm <sup>2</sup>		
3	Chemin de câbles 2 m		
6	Éclisse rapide EZ		
6	Accessoires de fixation berceau L50		
1	Borne de mise à la terre		
30	Collier de fixation		
40 m	Câble unipolaire 50 mm <sup>2</sup> noir		
20 m	Câble unipolaire 25 mm <sup>2</sup> vert-jaune		

## Liste du matériel

Qté	Désignation	Réservé par Pilote					Préparé
		1	2	3	4	5	
1	Échafaudage mobile	x	x				
1	Pince à sertir cosses de 16 à 70 mm <sup>2</sup>	x		x			
1	Caisse à outils d'électricien	x	x	x	x	x	
1	Perceuse à percussion		x	x			
1	Jeu de forêt béton			x			
1	Éclairage portatif de substitution	x	x				
2	Rallonge électrique 230 V (25 m)	x	x				
1	Scie à métaux		x	x			
1	Équipement de protection individuelle	x				x	
1	Contrôleur d'isolement				x	x	
1	Multimètre				x	x	
1	Vérificateur d'absence de tension	x					

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

Contrôles et essais			
Préparation pour contrôles et essais			
Opération	NA	Effectuée	Observations
- Réglages	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Ouverture de tous les organes de coupure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Préparation à la mise sous tension	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Prise instruments de contrôles/mesures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contrôles visuels avant mise sous tension			
Opération	NA	Contrôlée	Observations
- Préparation pour les contrôles et essais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Protection contre les contacts directs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Chantier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Liaisons équipotentielles raccordées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Fusibles en places	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Thermiques réglés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Arrêt(s) d'urgence enclenché(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Couplage adéquat du transformateur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Raccordement appareillage spécifique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Interrupteur(s) de sécurité ouvert(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Câblage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contrôles et essais avant la mise sous tension			
Contrôle/Essai	NA	Effectuée	Observations
- Isolement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Continuité PE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Continuité liaisons équipotentielles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contrôles et essais à la mise sous tension			
Contrôle/Essai	NA	Effectuée	Observations
- Tension d'alimentation (amont protection générale)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Tensions générées par l'installation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Liaisons équipotentielles (mesures $U_{phases}$ / masse)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Chute de tension	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Sens de rotation moteur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Circuit de commande			
Contacts de sécurité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Unités de commande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Unités de signalisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tensions ou signaux sur borniers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Contrôle des circuits mesures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Contrôle fonctionnement appareils spécifiques			
Contrôle et essais des entrées/sorties automates	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contrôle signal pour appareils de mesure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Borniers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- Autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Académie :	<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b>	Nom :
Établissement :	Session :	Prénom :
<i>Fiche d'évaluation</i> <i>Épreuve E61 « Organisation de chantier »</i>		Dénomination du chantier : <b>CHANTIER 1</b>

Conformité de l'appareillage			
Opération	NA	Effectuée	Observations
- Conformité des appareils et de leurs supports - Conformité des supports de barres, câbles et de fils - Conformité des sections de barres, de câbles et de fils - Autres	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Conformité de la mise en oeuvre			
Opération	NA	Contrôlée	Observations
- Montage des appareils et de leurs supports - Raccordement : serrage, sertissage (cosses, bornes) - Câblage : rayon de courbure, absence de détérioration - Repérage des barres, câbles et fils - Autres	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Conformité électrique			
Opération	NA	Effectuée	Observations
- Fiche contrôle validé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conformité fonctionnelle			
Contrôle / Essai	NA	Effectuée	Observations
- Équipement de puissance - Relais de protection - Appareillage de mesure - Automatisme - Supervision - Autres	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

AVIS FAVORABLE	
<input type="checkbox"/>	Émis sans réserve
<input type="checkbox"/>	Émis sous réserves exposées aux annexes réf :
<input type="checkbox"/>	Refusé pour les motifs exposés aux annexes réf :

## **7    Documents techniques :**

## 7.1 Espaces et équipements de génie électrique :

### 7.1.1 Généralités :

- les espaces d'enseignement :**

Les espaces nécessaires à l'enseignement de génie électrique sont composés de :

- La salle de cours banalisée pour 30 étudiants (non spécifique à la section de technicien supérieur) ;
- Le laboratoire de génie électrique pour 30 étudiants, situé à proximité de l'espace dédié au baccalauréat technologique génie électrotechnique. Il servira pour :

Enseignement	1 <sup>ère</sup> année	2 <sup>ème</sup> année	Temps d'occupation pour 30 étudiants
Essais de système	4 h classe entière (30 étudiants max)	6 h classe entière (30 étudiants max)	10 h
Génie électrique	7 h par groupe (15 étudiants max)	7 h par groupe (15 étudiants max)	28 h
Construction	2 h par groupe (24 étudiants max)	2 h par groupe (24 étudiants max)	8 h
<b>Total horaire pour 30 étudiants:</b>			<b>46 h</b>
<b>Taux d'occupation du laboratoire de génie électrique :</b> (sur la base de 10 créneaux horaires par jour, soit 50 h pour 5 jours travaillés)			<b>92 %</b>

### 7.1.2 Espaces d'enseignement :

- Salle de cours :**

Cette salle est banalisée et non spécifique à la section à la section de technicien supérieur.

<b>Salle de cours</b>	
<b>Capacité d'accueil :</b>	30 étudiants + 1 enseignant
<b>Surface :</b>	60 m <sup>2</sup>
<b>Énergie et réseaux</b>	
L'énergie et les réseaux seront distribués par des goulottes murales.	
<b>Installation sera conforme à la norme NF C 15-100.</b>	
<b>Alimentation en 240 V</b> (1 P + N + PE). Conformité aux normes en vigueur et protections adaptées à chacun des circuits. Bouton d'arrêt d'urgence général.	
L'armoire électrique est conçue de manière à permettre une identification des circuits suivants :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Circuits 240 V (1 P + N + PE)</b> pour usage général : prises de courant à obturateur réparties dans la salle et en bandeau. Commande séparée par bouton poussoir. Protection par disjoncteur magnétothermique différentiel 30 mA</li> <li>○ <b>Circuit de distribution spécialisé pour les appareils informatiques et audio-visuels :</b> <b>240 V (1 P + N + PE)</b> : prises de courant à obturateur réparties dans la salle et en bandeau. Protection par disjoncteur magnétothermique différentiel 30 mA. Protection contre la foudre.</li> </ul>	
<b>Protections électriques</b>	
Disjoncteur général magnétothermique différentiel 300 mA, de calibre approprié à la puissance installée.	
<b>Réseau VDI</b> : catégorie 5 permettant la connexion en réseau d'ordinateurs et périphériques. 5 prises RJ45 réparties dont 2 au niveau du bureau professeur.	
<b>Mobiliers</b>	
<b>Table desserte :</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Table support ordinateur professeur.</li> <li>○ Table support vidéo projecteur</li> </ul>	1 1
<b>Tables individuelles</b> étudiant 0,70 m × 0,60 m	30
<b>Bureau professeurs :</b>	1
<b>Chaises :</b>	31
Tableau triptyque blanc, face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables ; revêtement magnétique et vitrifié.	1
<b>Système d'éclairage du tableau</b> , conforme aux recommandations de l'AFE.	1
<b>Écran de projection</b> à fixation murale. Enroulement par ressort. Toile de 1,80 m × 1,80 m environ. Sa position déployée ne doit pas empêcher l'usage du tableau blanc.	1
<b>Équipements</b>	
<b>Ordinateurs en réseau :</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ordinateur professeur (sur table support).</li> </ul>	1
<b>Équipements VDI</b> : vidéo projecteur (sur table support).	1

- Laboratoire de génie électrique :**

Exemple d'aménagement :



Ce laboratoire de **410 m<sup>2</sup>** est divisé en plusieurs espaces :

- Espace « modélisation » (60 m<sup>2</sup>) :**

Dimensionnement : 24 étudiants pour tous les enseignements de construction, de génie électrique et d'essais de systèmes.

- Espace « génie électrique » (100 m<sup>2</sup>) :**

Dimensionnement : 15 étudiants, 1 enseignant de génie électrique

- Espace « essais de systèmes » (180 m<sup>2</sup>) :**

Dimensionnement : 30 étudiants, 1 enseignant de génie électrique et 1 enseignant de sciences appliquées

- Espace « concertation » (génie électrique, sciences appliquées, construction) (20 m<sup>2</sup>) :**

Il sert aux enseignants pour les préparations et les réunions.

- Espace « magasin + prototypes » (50 m<sup>2</sup>) :**

Il sert aux étudiants pour réaliser des prototypes ou des pièces pour leurs projets et de magasin.

**Le choix de privilégier un espace unique est issu de la volonté de favoriser la transversalité des enseignements de sciences appliquées, de génie électrique et de construction. Cela permet également de mutualiser le matériel informatique et le matériel de mesure.**

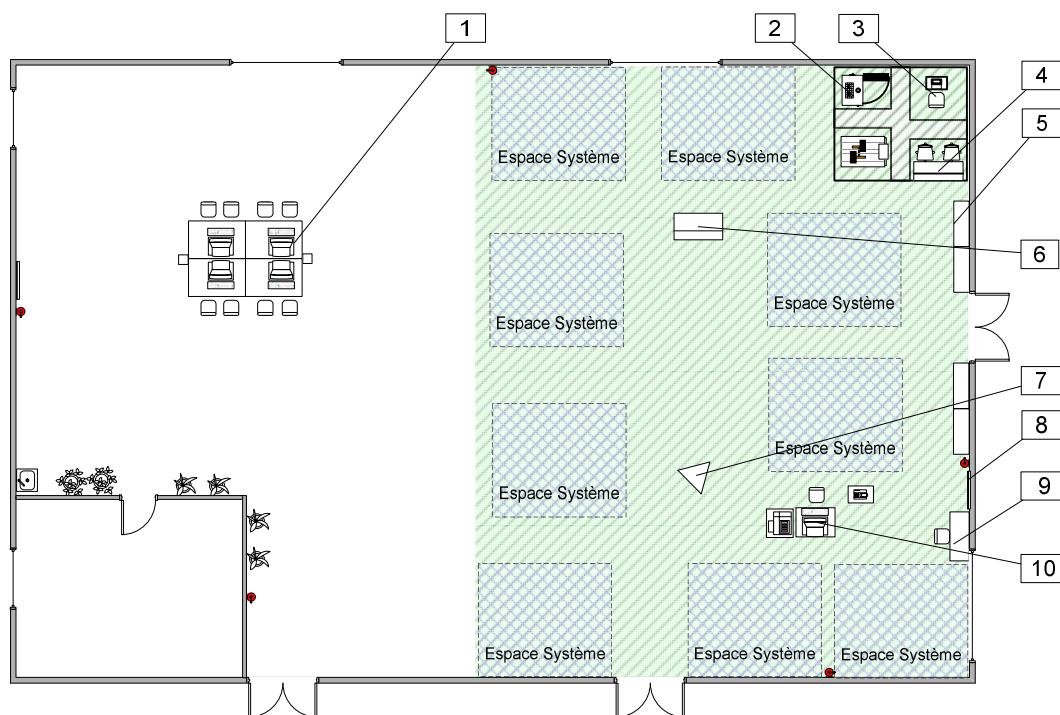
Fiche signalétique du local :

<b>Laboratoire de génie électrique</b>	
<b>Capacité d'accueil</b>	30 étudiants, 1 enseignant de génie électrique, 1 enseignant de sciences appliquées, 1 enseignant de construction
<b>Surface</b>	410 m <sup>2</sup>
<b>Alimentation électrique</b>	<p><b>Installation</b> conforme à la norme <b>NF C 15-100.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alimentation générale en 240/400 V - 3 P + N + PE.</b></li> <li>• Distribution électrique générale aérienne par canalisation préfabriquée type « Canalis® » 400 V triphasé (3 P + N + PE). Une rampe tout les 4 m soient 4 rampes sur toute la longueur du local</li> <li>• Des dispositifs à coupure d'urgence à sécurité positive devront provoquer la mise en sécurité de l'ensemble des postes et des points de livraison de l'énergie. Un minimum de 8 boutons d'arrêt d'urgence muraux répartis dans la salle sont à prévoir en plus de ceux prévus sur les tables techniques</li> <li>• La remise sous tension, après action d'un dispositif de coupure d'urgence, ne devra pouvoir s'effectuer que par action volontaire du professeur</li> <li>• Puissance globale installée pour ce laboratoire de génie électrique : 20 kW</li> </ul> <p>L'armoire électrique est conçue de manière à permettre une identification et une protection des circuits destinés à alimenter les différents espaces constitutifs du laboratoire (voir détail dans la définition des espaces)</p> <p>La coupure des circuits de puissance ne doit pas influer sur le circuit de distribution spécialisé pour les appareils informatiques et audio-visuels : 240 V (1 P + N + PE)</p>
<b>Alimentation pneumatique</b>	Un point de coupure général pour la salle Distribution pneumatique périphérique à raison d'une prise tout les 4 m linéaire (air comprimé huilé déshumidifié 6 Bars)
<b>Alimentation en eau</b>	Un point d'arrivée d'eau : robinet avec nez fileté 20/27, pour alimenter un ou des systèmes de pompage Un timbre d'office avec alimentation eau chaude eau froide
<b>Évacuation d'eau</b>	Un point d'évacuation type machine à laver proche du point d'arrivée d'eau
<b>Réseau VDI</b>	Voir définition des espaces
<b>Éclairage général</b>	500 lux. La présence de machines tournantes impose de tenir compte des effets stroboscopiques
<b>Protection contre les intrusions</b>	Contrôle des accès avec report des alarmes dans le bureau du chef de travaux
<b>Hauteur sous plafond</b>	minimum 4,5 m
<b>Accessibilité</b>	Une des portes d'accès au moins aura les caractéristiques suivantes : largeur 1,8 m, hauteur 2,5 m
<b>Charge au sol</b>	15 kN/m <sup>2</sup>
<b>Nature des sols</b>	Classement U <sub>4</sub> P <sub>4</sub> E <sub>3</sub> C <sub>2</sub> minimum
<b>Acoustique</b>	45 dB(A) d'isolement vis à vis de l'extérieur 60 dB(A) d'isolement vis à vis des autres locaux Temps de réverbération inférieur à 1 seconde
<b>Protection contre l'incendie</b>	6 extincteurs à poudre répartis

**OBSERVATION :** cette salle est réservée aux enseignements techniques de BTS électrotechnique pour des raisons de sécurité électrique.

- Espace « essais de systèmes » :**

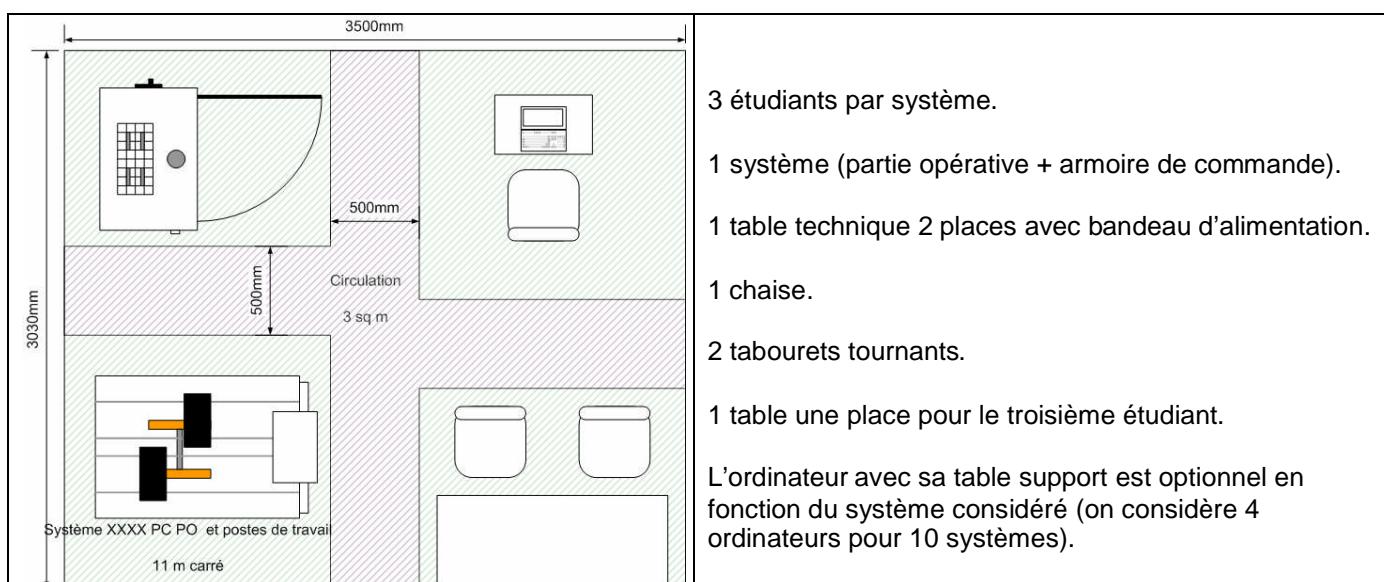
Exemple d'aménagement :



Espace « essais de systèmes »	
Repère	Nomenclature générale
1	Zone informatique déportée (réseau communicant)
2	Système (partie opérative + armoire de commande)
3	Zone informatique dédiée au système
4	Table technique de travail avec ses sources d'énergie et réseaux
5	Armoire de rangement
6	Banc de charge des appareils portables de chantier
7	Panneaux d'affichage 3 faces
8	Tableau blanc triptyque + écran de projection
9	Bureau professeurs
10	Ordinateur professeur + vidéo projecteur + imprimante étudiant

Remarque : la zone informatique déportée est commune avec l'espace « modélisation »

L'espace occupé par chaque système se décompose comme suit :

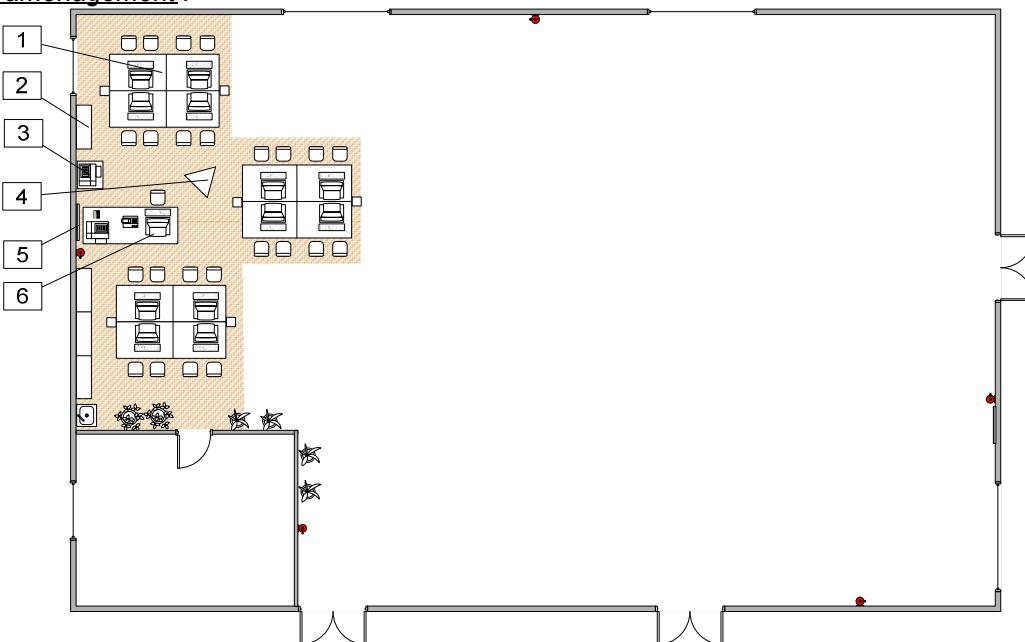


<b>Espace « essais de systèmes »</b>	
<b>Énergie et réseaux</b>	
L'énergie électrique est distribuée à partir des canalisations préfabriquées et arrive aux tables de travail par des perches rigides. Il en est de même pour le réseau informatique	
<b>Mobiliers</b>	
<b>Tables techniques de travail :</b>	10
Plateau 1,60 m × 1 m avec un bandeau fixe et étagère.	
<b>Alimentation électrique :</b>	
Sur bandeau :	
<b>1 circuit 240 V, 1 P + N + PE</b> , circuit monophasé à usage général : 8 prises 16 A à obturateur, régulièrement réparties sur le bandeau.	
<u>Commande / protection</u> :	
Commande générale du poste par bouton poussoir marche et bouton poussoir arrêt.	
Signalisation : témoin lumineux de présence et d'absence de tension d'alimentation sur le bandeau	
1 disjoncteur différentiel 30 mA.	
1 disjoncteur magnétothermique 16 A.	
<b>1 bouton d'arrêt d'urgence coupant l'alimentation générale des canalisations électriques de la salle.</b>	
<b>2 prises informatiques RJ45 catégorie 5.</b>	
<b>1 circuit de distribution spécialisé pour les appareils informatiques</b> : 240 V (1 P + N + PE). 4 prises 16 A à obturateur. Protection par disjoncteur magnétothermique différentiel 30 mA. Protection contre la foudre.	
<b>Banc de recharge des appareils de mesures :</b>	1
Situé dans l'espace d'essais de systèmes, ce banc (table avec plateau 1,5 m × 0,6 m avec bandeau d'alimentation <b>1 circuit 240 V, 1 P + N + PE</b> 8 prises 16 A à obturateur, régulièrement réparties sur le bandeau, permet de maintenir en charge les appareils de mesure de chantier.	
<b>Tables individuelles étudiant</b> 0,70 m × 0,60 m :	10
<b>Tables informatiques :</b>	
○ Table informatique fixe professeur	1
○ Table support imprimante élève.	1
○ Table support imprimante professeur (pour mémoire).	(1)
○ Table support vidéo projecteur	1
<b>Bureau professeur :</b>	1
<b>Armoires de rangement</b> : encombrement au sol = 1,20 m × 0,50 m environ	4
<b>Chaises :</b>	11
<b>Tabourets tournants 5 pieds :</b>	20
<b>Panneau d'affichage 3 faces</b> revêtement liège :	1
<b>Tableau triptyque blanc</b> , face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables ; revêtement magnétique et vitrifié.	1
<b>Système d'éclairage du tableau</b> , conforme aux recommandations de l'AFE.	1
<b>Écran de projection</b> à fixation murale. Enroulement par ressort. Toile de 1,80 m × 1,80 m environ. Sa position déployée ne doit pas empêcher l'usage du tableau blanc.	1
<b>Equipements</b>	
<b>Systèmes</b> : tous les systèmes comportent une partie opérative et une armoire de commande. Voir en page 206	
<b>Appareils de mesure</b> :	
Voir en pages 206 et suivantes	
<b>Ordinateurs en réseau</b> :	
○ Ordinateurs portables sur les systèmes.	4
○ Ordinateur professeurs.	1
○ Ordinateurs déportés (communs avec l'espace de modélisation, mentionnés pour mémoire).	(4)
<b>Logiciels</b> :	
Voir en page 211	
<b>Imprimantes réseau</b> :	
○ Imprimante étudiants (laser couleur format A3).	1
○ Imprimante professeurs (laser couleur format A3) (pour mémoire).	(1)
<b>Équipements VDI</b> : vidéo projecteur (sur table support).	1

- Espace « modélisation » :**

Cet espace permet aux étudiants de faire des apprentissages sur les logiciels professionnels, de rédiger leurs rapports et de travailler sur leurs projets et leurs activités de chantier. Dimensionné pour 24 étudiants, cet espace sert aux enseignements d'essais de système, de travaux pratiques de génie électrique, mais également aux travaux pratiques de construction.

**Exemple d'aménagement :**



**Espace « modélisation »**

Repère	Nomenclature générale
1	Table informatique avec ordinateur
2	Armoire de rangement
3	Imprimante étudiants
4	Panneau d'affichage 3 faces
5	Tableau blanc triptyque + écran de projection
6	Bureau professeur avec informatique équipé pour la vidéo projection (commun avec l'espace « génie électrique »).

**Espace « modélisation »**

**Énergie et réseaux**

L'énergie et les réseaux seront distribués aux tables de travail par des colonnes « sol-plafond ».

Au nombre de 6, chaque colonne sera connectée au **circuit de distribution spécialisé pour les appareils informatiques** : 240 V (1 P + N + PE) et disposera de 5 prises 16 A à obturateur.

Protection par disjoncteur magnétothermique différentiel 30 mA. Protection contre la foudre. Sur chaque colonne on trouvera **2 prises informatiques RJ45 catégorie 5**.

**Mobiliers**

<b>Table de travail :</b>	
o Table informatique (1,5 m × 1 m) pour deux étudiants permettant la place d'un ordinateur	12
o Table informatique (1,5 m × 1 m) pour 1 professeur permettant la place d'un ordinateur	1
<b>Table desserte :</b>	
o Table support imprimante élève.	1
o Table support imprimante professeur (pour mémoire).	(1)
o Table support vidéo projecteur	1
<b>Chaises :</b>	25
<b>Armoires de rangement</b> : encombrement au sol = 1,20 m × 0,50 m environ.	4
<b>Panneau d'affichage triptyque</b> revêtement liège :	1
<b>Tableau triptyque blanc</b> , face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables ; revêtement magnétique et vitrifié.	1
<b>Système d'éclairage du tableau</b> , conforme aux recommandations de l'AFE.	1
<b>Écran de projection</b> à fixation murale. Enroulement par ressort. Toile de 1,80 m × 1,80 m environ. Sa position déployée ne doit pas empêcher l'usage du tableau blanc.	1

<b>Équipements</b>	
<b>Ordinateurs en réseau :</b>	
o Ordinateurs étudiants.	12
o Ordinateur professeur.	1
<b>Sous systèmes et objets d'étude :</b>	
Voir en page 206	
<b>Logiciels :</b>	
Voir en page 211	
<b>Imprimantes réseau :</b>	
o Imprimantes étudiants (laser couleur format A3).	1
o Imprimante professeurs (laser couleur format A3) (pour mémoire).	(1)
<b>Équipements VDI :</b> vidéo projecteur (sur table support).	1

- Espace « procédés et sous-systèmes » :**

Cette espace permet aux étudiants de faire les apprentissages sur les savoirs propres aux référentiels (S6) sous forme de travaux pratiques. On y conduira aussi les activités de préparation des chantiers. Cet espace est dimensionné pour 15 étudiants et un enseignant de génie électrique.

Exemple d'aménagement :



<b>Espace « procédés et sous-systèmes »</b>	
<b>Repère</b>	<b>Nomenclature générale</b>
1	Tableau blanc triptyque + écran de projection (commun avec l'espace « modélisation »)
2	Bureau professeur avec informatique équipé pour la vidéo projection (commun avec l'espace « modélisation »).
3	Imprimante étudiant
4	Sous système
5	Table technique de travail avec ses sources d'énergie et réseaux
6	Poste informatique avec sa table
7	Poste de câblage de type « tableautier »
8	Armoire de rangement

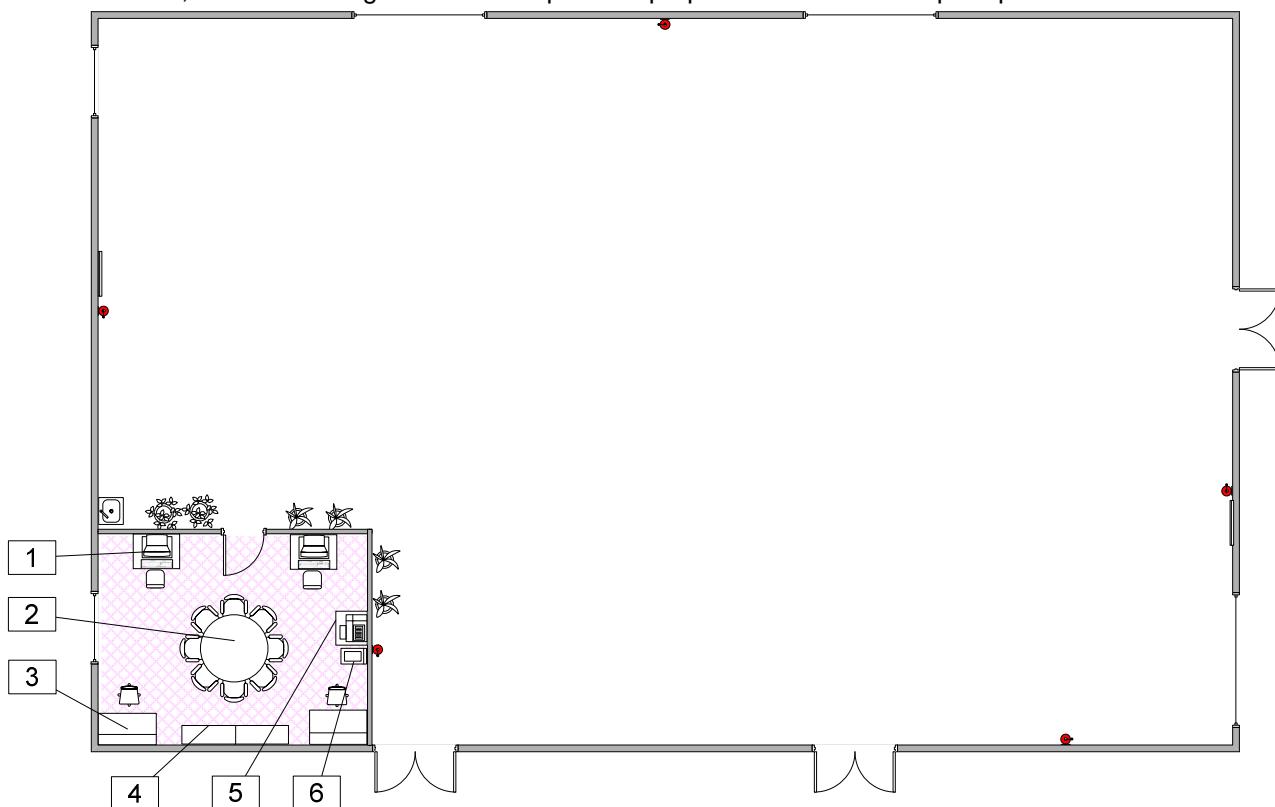
<b>Espace « procédés et sous systèmes »</b>	
<b>Énergie et réseaux</b>	
L'énergie électrique est distribuée à partir des canalisations préfabriquées et arrive aux tables de travail par des perches rigides. Il en est de même pour le réseau informatique	
<b>Mobiliers</b>	
<b>Tables techniques de travail :</b>  Plateau 1,60 m × 1 m avec un bandeau fixe et étagère.  <u>Alimentation électrique :</u>  Sur bandeau : <b>1 circuit 240 V, 1 P + N + PE</b> , circuit monophasé à usage général : 8 prises 16 A à obturateur, régulièrement réparties sur le bandeau. <b>1 circuit 240/410 V, 3 P + N + PE</b> , circuit triphasé à usage général : 1 prise femelle type P17  <u>Commande / protection :</u>  Commande générale du poste par boutons poussoir marche et boutons poussoir arrêt. Signalisation : témoins lumineux de présence et d'absence de tension d'alimentation sur le bandeau disjoncteurs différentiel 30 mA. disjoncteur magnétothermique <b>1 bouton d'arrêt d'urgence</b> coupant l'alimentation générale des canalisations électriques de la salle. <b>2 prises informatiques RJ45 catégorie 5.</b> <b>1 circuit de distribution spécialisé pour les appareils informatiques</b> : 240 V (1 P + N + PE). 4 prises 16 A à obturateur. Protection par disjoncteur magnétothermique différentiel 30 mA. Protection contre la foudre.	8
<b>Poste de câblage de type « tableautier » :</b>  Plateau 1,60 m × 1 m avec un bandeau fixe, étagère et trolley porte outil équilibré. 20 casiers de rangement. Châssis support de platine (jusqu'à 1 m × 0,8 m), réversible. Porte plan.  <u>Alimentation électrique :</u>  Sur bandeau : <b>1 circuit 240 V, 1 P + N + PE</b> , circuit monophasé à usage général : 4 prises 16 A à obturateur, régulièrement réparties sur le bandeau.  <u>Commande / protection :</u>  Commande générale du poste par boutons poussoir marche et boutons poussoir arrêt. Signalisation : témoins lumineux de présence et d'absence de tension d'alimentation sur le bandeau disjoncteurs différentiel 30 mA. disjoncteur magnétothermique <b>1 bouton d'arrêt d'urgence</b> coupant l'alimentation générale des canalisations électriques de la salle.	2
<b>Tables informatiques :</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Table informatique</li> <li>○ Table informatique fixe professeur (pour mémoire).</li> <li>○ Table support imprimante élève (pour mémoire).</li> <li>○ Table support imprimante professeur (pour mémoire).</li> <li>○ Table support vidéo projecteur (pour mémoire)</li> </ul>	8 (1) (1) (1) (1)
<b>Table de réunion</b> (8 personnes minimum) destinée aux réunions de travail (revue de projet des thèmes et projets) (pour mémoire)	(1)
<b>Bureau professeur</b> (pour mémoire).	(1)
<b>Armoires de rangement</b> : encombrement au sol = 1,20 m × 0,50 m environ.	4
<b>Chaises :</b>	8
<b>Tabourets tournants 5 pieds :</b>	18
<b>Tableau triptyque blanc</b> , face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables ; revêtement magnétique et vitrifié (pour mémoire).	(1)
<b>Système d'éclairage du tableau</b> , conforme aux recommandations de l'AFE (pour mémoire).	(1)
<b>Écran de projection</b> à fixation murale. Enroulement par ressort. Toile de 1,80 m × 1,80 m environ. Sa position déployée ne doit pas empêcher l'usage du tableau blanc (pour mémoire).	(1)

<b>Équipements</b>		
<b>Sous Systèmes :</b>	Voir en page 206	
<b>Appareils de mesure :</b>	Voir en pages 206 et suivantes	
<b>Ordinateurs en réseau :</b>		
○ Ordinateurs sur les sous systèmes		8
○ Ordinateur professeur (pour mémoire)	(1)	
<b>Logiciels :</b>	Voir en page 211	
<b>Imprimantes réseau :</b>		
○ Imprimante étudiants (laser couleur format A3) (pour mémoire).	(1)	
○ Imprimante professeurs (laser couleur format A3) (pour mémoire).	(1)	
<b>Équipements VDI :</b> vidéo projecteur (sur table support) (pour mémoire)		(1)

- **Espace « concertation » :**

Exemple d'aménagement :

Cette espace d'une superficie d'environ 20 m<sup>2</sup>, délimité au sein de l'espace « génie électrique » par des cloisons vitrées, sert aux enseignants de BTS pour les préparations de travaux pratiques et les réunions.



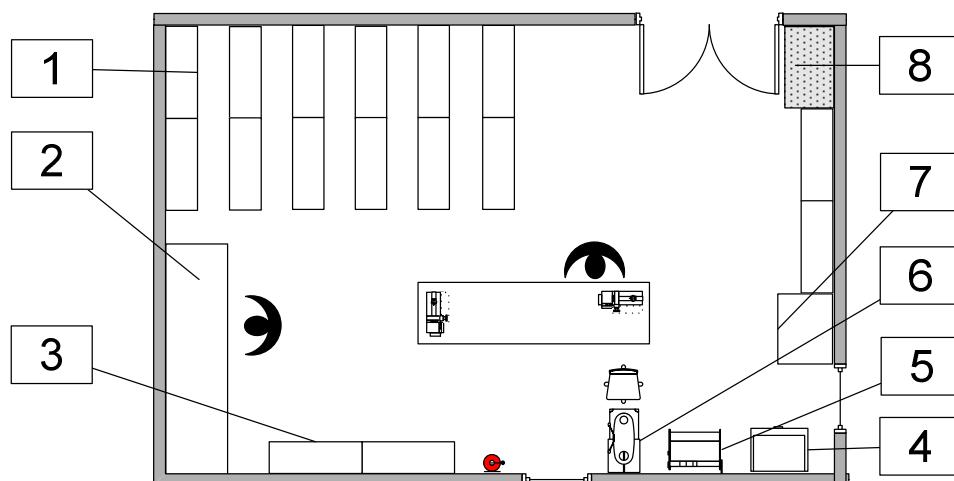
<b>Espace « concertation »</b>	
<b>Repère</b>	<b>Nomenclature générale</b>
1	Poste informatique sur sa table
2	Table de réunion 8 places
3	Table technique de travail avec ses sources d'énergie et réseaux
4	Armoire de rangement
5	Imprimante professeurs sur son support
6	Scanner

<b>Espace « concertation »</b>	
<b>Énergie et réseaux</b>	
L'énergie électrique est distribuée à partir de plinthes murales. Il en est de même pour le réseau informatique.	
<b>Mobiliers</b>	
<b>Tables techniques de travail :</b>	2
Plateau 1,60 m × 1 m avec un bandeau fixe et étagère.	
<b>Alimentation électrique :</b>	
Sur bandeau :	
<b>1 circuit 240 V, 1 P + N + PE</b> , circuit monophasé à usage général : 8 prises 16 A à obturateur, régulièrement réparties sur le bandeau.	
<b>1 circuit 240/410 V, 3 P + N + PE</b> , circuit triphasé à usage général : 1 prise femelle type P17	
<u>Commande / protection :</u>	
Commande générale du poste par boutons poussoir marche et boutons poussoir arrêt.	
Signalisation : témoins lumineux de présence et d'absence de tension d'alimentation sur le bandeau	
disjoncteurs différentiel 30 mA.	
disjoncteur magnétothermique	
<b>1 bouton d'arrêt d'urgence</b> coupant l'alimentation générale des canalisations électriques de la salle.	
<b>2 prises informatiques RJ45 catégorie 5.</b>	
<b>1 circuit de distribution spécialisé pour les appareils informatiques</b> : 240 V (1 P + N + PE). 4 prises 16 A à obturateur. Protection par disjoncteur magnétothermique différentiel 30 mA. Protection contre la foudre.	
<b>Tables informatiques :</b>	
○ Table informatique fixe professeur.	2
○ Table support imprimante professeur.	1
<b>Table de réunion</b> (8 personnes minimum) destinée aux réunions de travail	1
<b>Armoires de rangement</b> : encombrement au sol = 1,20 m × 0,50 m environ.	2
<b>Chaises réunion :</b>	8
<b>Chaises professeur :</b>	2
<b>Tabourets tournants 5 pieds :</b>	2
<b>Tableau blanc</b> , 2 m × 1,20 m ; revêtement magnétique et vitrifié.	1
<b>Tableau d'affichage</b> 2 m × 1,20 m ; revêtement liège, cadre aluminium.	1
<b>Système d'éclairage du tableau blanc</b> , conforme aux recommandations de l'AFE.	1
<b>Équipements</b>	
<b>Ordinateurs en réseau :</b>	
○ Ordinateur professeur	2
<b>Appareils de mesure :</b>	
Voir en pages 206 et suivantes	
<b>Logiciels :</b>	
Voir en page 211	
<b>Imprimantes réseau :</b>	
○ Scanner A3	1
○ Imprimante professeurs (laser couleur format A3).	1

- Espace « magasin + prototypes » :**

Exemple d'aménagement :

Cette espace d'une superficie d'environ 50 m<sup>2</sup> sert aux étudiants pour réaliser des prototypes, des pièces pour leurs projets et leurs chantiers ainsi que de magasin.



Espace « magasin + prototype »	
Repère	Nomenclature générale
1	Rayonnages
2	Établi
3	Armoire de rangement
4	Cisaille
5	Plieuse
6	Perceuse sur colonne
7	Meuble à tiroirs
8	Dispositif mobile de travail en hauteur

Espace « magasin + prototype »	
Énergie	
L'énergie électrique est distribuée à la perceuse à colonne par plinthe murale.	
Mobilier	
Établi :	2
Plateau 1,60 m × 1 m avec un bandeau fixe et étagère.	
Tiroirs de rangements droite et gauche	
Armoires de rangement : encombrement au sol = 1,20 × 0,50 m environ.	4
Rayonnage métallique : longueur totale développée : 150 m, charge unitaire : 100 kg/m <sup>2</sup> , hauteur : 2 m, profondeur 0,6 m	1
Tabourets tournants 5 pieds :	1
Meuble à tiroirs : H 1,1 × L 0,9 × P 0,9 m type « Tiro Class® »	1
Équipements	
Perceuse à colonne : capacité 13 mm acier, avec étau	1
Plieuse : capacité 1,5 mm longueur 0,6 m	1
Ensemble d'outillage électrique portatif (perceuse, visseuse, perforateur, scie sauteuse, thermo souffleur)	1
Dispositif mobile de travail en hauteur (hauteur maximale 3,5 m)	1
Composition d'outils mécanicien en armoire métallique type « Facom® »	1
Composition d'outils électrique en armoire métallique type « Facom® »	1
Étau à mors parallèle : largeur 100 mm	2
Cisaille : capacité 1,5 mm longueur 0,6 m	1
Coffret d'emporte pièces type « Greenlee® »	1
Pince à sertir jusqu'à 70 mm <sup>2</sup>	1

**RÉCAPITULATIF DES ÉQUIPEMENTS CONSEILLÉS  
POUR LES ESPACES DE GÉNIE ÉLECTRIQUE**

**Laboratoire de génie électrique**

espace système	espace modélisation	espace génie électrique	espace communication	espace prototype & magasin		
10		8			<b>Tables techniques de travail (étudiants)</b>	18
			2		<b>Tables techniques de travail (professeurs)</b>	2
1					<b>Banc de recharge des appareils de mesures</b>	1
		2			<b>Poste de câblage de type « tableautier »</b>	2
	12	8			<b>Tables informatiques (étudiants)</b>	20
1	1		2		<b>Tables informatiques (professeurs)</b>	4
			1		<b>Tables de réunion de 8 places</b>	1
1	1		1		<b>Table support imprimante</b>	3
				2	<b>Établis</b>	2
				1	<b>Meuble à tiroirs type « Tiro Class® »</b>	1
1	1				<b>Bureaux professeur</b>	2
4	4	4	2	4	<b>Armoires de rangement</b>	18
				1	<b>Rayonnage</b>	1
11	25	8	2		<b>Chaises (étudiants et professeurs)</b>	46
8			8		<b>Chaises (réunion)</b>	16
20		16	2	1	<b>Tabourets tournants 5 pieds</b>	39
1	1				<b>Tableaux blanc triptyque</b>	2
			1		<b>Tableau blanc</b>	1
			1		<b>Tableau d'affichage liège</b>	1
1	1				<b>Tableau d'affichage trois faces</b>	2
1	1				<b>Écran de projection à fixation murale</b>	2
1	1				<b>Vidéo projecteurs</b>	2
	12	8			<b>Ordinateurs (étudiants)</b>	20
4					<b>Ordinateurs portables (étudiants)</b>	4
1	1		2		<b>Ordinateurs (professeurs)</b>	4
1	1			1	<b>Imprimantes en réseau (étudiants)</b>	2
				1	<b>Imprimante en réseau (professeurs)</b>	1
				1	<b>Scanner</b>	1
X					<b>Systèmes</b>	
					Voir en page 206	
	X	X			<b>Sous systèmes</b>	
					Voir en page 206	
X	X	X	X		<b>Logiciels :</b>	
					Voir en page 211	
X		X	X	X	<b>Appareils de mesure :</b>	
					Voir en pages 206 et suivantes	
				1	<b>Dispositif mobile de travail en hauteur</b>	1
				1	<b>Perceuse sur colonne</b>	1
				1	<b>Plieuse</b>	1
				1	<b>Cisaille</b>	1
				1	<b>Jeux d'outillages</b>	

### 7.1.3 Systèmes pour l'espace « essais de systèmes » :

Les systèmes, plus quelques systèmes communicants délocalisés : équipements de servitude (compresseur, climatisation centrale, etc.), gestion technique centralisée (chauffage, éclairage, alarme, etc.), comptage d'énergie, etc., doivent permettre la mise en œuvre des thèmes préconisés pour les essais de systèmes :

- La mise en service d'un ouvrage, d'un système ou d'un équipement ;
- La distribution de l'énergie électrique ;
- Le comportement des charges mécaniques ;
- Les procédés de transformation de l'énergie ;
- La réversibilité énergétique ;
- Le dimensionnement énergétique des systèmes embarqués ou autonomes ;
- La qualité de l'énergie électrique ;
- L'asservissement et la régulation ;
- La communication.

**NOTA 1 : certains systèmes devront permettre la formation à l'habilitation électrique** (travail au voisinage, énergie résiduelle entre autre).

**NOTA 2 : des systèmes locaux devront être communicants.** A cet effet, une liaison ADSL rapide devra être disponible dans l'espace système.

On privilégiera des systèmes modernes dont les composantes principales de commande et puissance sont en phase de commercialisation, équipés d'organe de communication lorsque le procédé et les contraintes d'exploitation le justifient.

Pour ce qui est des procédés de transformation de l'énergie électrique, on n'oubliera pas les énergies dites renouvelables.

Cela peut être, par exemple, pour les procédés de transformation d'énergie :

- conversion « énergie hydraulique → énergie électrique » : une centrale au fil de l'eau ;
- conversion « énergie aéraulique → énergie électrique » : une éolienne ;
- conversion « énergie solaire → énergie électrique » : la conversion photovoltaïque .

Ces systèmes, en vraie grandeur, donc éventuellement déportés, seront nécessairement communicants.

### 7.1.4 Les procédés et sous systèmes, dérivés des systèmes présents en essais de systèmes, pour l'espace « génie électrique » :

Les sous systèmes et mallettes dédiées doivent permettre de mettre en œuvre les enseignements :

- de construction des structures matérielles appliquée à l'électrotechnique ;
- de génie électrique.

### 7.1.5 Les matériels de mesure des grandeurs électriques et grandeurs physiques caractéristiques de l'environnement :

On choisira des appareils permettant la communication et donc la mémorisation des mesures sur ordinateur pour une exploitation ultérieure de celles-ci.

désignation	quantité
Contrôleur de matériel électrique	1
Contrôleur d'installation	1
Caméra infrarouge	1
Pince multifonction (courant, tension, puissance) avec kit RS232	10
Analyseur d'énergie monophasé	5
Analyseur d'énergie triphasé	1
Oscilloscope de chantier	5
Sonde de courant pour oscilloscope	5
Luxmètre	1
Testeur de réseau de communication VDI	1
Détecteur de câble	1
Enregistreur monovoie en tension 50 (0 - 10 V)	5
Thermomètre infrarouge à affichage numérique	1
Tachymètre optique et mécanique	1
Multimètre 4 000 pts TRMS	10

## 7.1.6 Caractéristiques des matériels de mesure :

### Contrôleur de matériel électrique

	Qté 1
Type d'appareil	Appareil autonome destiné au contrôle des machines suivant norme CEI 60204
Type appareil	Module portable autonome avec gaine antichoc
Affichage	numérique
Chute de tension au niveau du conducteur PE	Oui
Gamme	0 à 20 V au moins
Résistance du conducteur PE	Oui
Gamme	0 à 20 ohms au moins
Résistance d'isolement	Oui
Gamme	0 à 20 Mohms au moins
Rigidité diélectrique	Oui
Tension de test	1 000 V au moins
Protection	Fusible HPC
Alimentation	Secteur par prise 2P + T 10/16 A
Sécurité électrique	CEI 61010 - Cat. III - 300 V

### Contrôleur d'installation

	Qté 1
Type appareil	Module portable autonome avec gaine antichoc
Affichage	Écran LCD
Mesure d'isolement	Oui, sous 1 000 V mini
Niveau de précision mesure d'isolement	≥ 3%
Mesure de continuité	Oui, sous 200 mA mini
Niveau de précision mesure de continuité	≥ 2%
Mesure boucles de terre sans piquet	Oui
Niveau de précision boucle de terre	≥ 2%
Mesure impédance charge	Oui
Niveau de précision impédance de charge	≥ 3%
Mesure courant de court-circuit	Oui
Mesure de tension AC	0 - 440 V
Test de disjoncteurs différentiels	Oui
Courant & temps de déclenchement	Oui / Oui
Indicateur d'ordre de phase	Oui
Alarme sonore	Oui
Protection	Fusible HPC
Mémoire de résultat	Oui
Liaisons numériques	RS 232 ou USB ou infrarouge
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s) rechargeable(s)
Alarme niveau bas alimentation	Oui
Sécurité électrique	CEI 61010 - Cat. III - 300 V

### Caméra infrarouge

	Qté 1
Type appareil	Portable
Affichage	Sur écran LCD couleur
Étendue de mesure	jusqu'à 300°C au moins
Aide de visée	Pointeur laser
Niveau de précision	≥ 2% au moins
Palette	Nuance de gris & gris inversé & arc en ciel au moins
Résolution optique	≥ 75 : 1
Portée	de 1 m à l'infini au moins
Mode de mesure	Automatique & manuel
Affichage de la température	°C & °F
Fréquence d'image	≥ 5 Hz
Liaisons numériques	RS 232 ou USB ou infrarouge
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s) rechargeable(s) - Autonomie > 2 H
Sécurité électrique	CEI 61010 - Cat III 300 V

### Pince multifonction

	Qté 10
Type appareil	Module portable autonome
Affichage	Numérique 4 000 points + Bargraph
Intensité AC / DC TRMS	≥ 400 / 1 000 A
Tension AC / DC TRMS	≥ 400 / 600 V
Puissance :	
- active	≥ 200 kW (Mono/Tri)
- réactive	≥ 200 kVAR (Mono/Tri)
- apparente	≥ 200 kVA (Mono/Tri)
Niveau de précision AC / DC	Meilleur que 1%
Facteur de puissance (Cos φ)	0,3 capacitif à 0,3 inductif
Fréquences	20 Hz à 2 kHz
Fonctions particulières	Mémorisation de la mesure, enregistrement des valeurs MIN et MAX
Liaison avec un PC	RS 232 ou USB ou infrarouge
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s)
Arrêt automatique	Oui
Ouverture mâchoires	> 40 mm
Sécurité électrique	CEI 61010 - Cat. III - 300 V

**Analyseur d'énergie monophasé**

Type appareil  
 Affichage  
 Visualisation des formes d'onde  
 Visualisation  
 Visualisation : valeurs numériques  
 Tensions AC/DC - Étendue de mesure  
 Nature de la mesure  
 Courants AC/DC - Étendue de mesure  
 Nature de la mesure  
 Fréquences  
 Harmoniques (volts, courants)  
 Puissance active : étendue de mesure  
 Puissance réactive : étendue de mesure  
 Puissance apparente : étendue de mesure  
 Facteur de puissance (Mono / Tri)  
 Fonction oscilloscope  
   Mesure de tensions  
   Mesure de courants  
   Mesure de fréquences  
 Interface  
 Mémoire  
 Alimentation  
 Sécurité électrique

**Analyseur d'énergie triphasé**

Type appareil  
 Affichage  
 Visualisation des formes d'onde  
 Visualisation  
 Visualisation : valeurs numériques  
 Tensions AC/DC - Étendue de mesure  
 Nature de la mesure  
 Courants AC/DC - Étendue de mesure  
 Nature de la mesure  
 Fréquences  
 Harmoniques (volts, courants)  
 Puissance active : étendue de mesure  
 Puissance réactive : étendue de mesure  
 Puissance apparente : étendue de mesure  
 Facteur de puissance (Mono / Tri)  
 Fonction oscilloscope  
   Mesure de tensions  
   Mesure de courants  
   Mesure de fréquences  
 Interface  
 Mémoire  
 Alimentation  
 Sécurité électrique

**Oscilloscope de chantier**

Type appareil  
 Affichage  
 Bande passante  
 Nombre de voies  
 Tension d'entrée maximum  
 Sensibilité  
 Mode de fonctionnement  
 Vitesse de balayage  
 Déclenchements  
 Fréquence d'échantillonnage  
 Liaisons numériques  
 Protection  
 Alimentation  
 Sécurité électrique

**Qté 5**

Portable - numérique  
 Numérique écran LCD  
 60 MHz  
 2 différentielles  
 $\geq 600$  V crête à crête  
 5 mV / Div - 100 V / Div  
 CH1 - CH2 - ALT - CHOP - ADD - MULT - XY  
 10 ns à 120 s / Div  
 CH1 - CH2 - ALT - LINE - EXT - automatique (calibrage)  
 $\geq 400$  M éch/s  
 RS 232 ou USB ou infrarouge  
 Fusibles HPC  
 Batterie rechargeable - Autonomie > 4 H  
 CEI 61010 - Cat III 300 V

**Sonde de courant pour oscilloscope**

Type appareil  
 Calibres  
 Niveau de précision  
 Bande passante  
 Sortie enregistreur  
 Ouverture mâchoires  
 Alimentation  
 Alarme niveau bas alimentation  
 Sécurité électrique

**Qté 5**

Sonde autonome à capteur à effet Hall  
 AC/DC 1 mA à 20 A  
 Meilleur que  $\pm 1\%$   
 $\geq 100$  kHz  
 Analogique 100 mV/1 A  
 $\geq 20$  mm  
 Pile(s) ou batterie(s)  
 Oui  
 CEI 61010 - Cat. III - 300 V

**Luxmètre**

Type appareil	Module portable autonome
Affichage digital	3 digits ½ à cristaux liquides
Erreur liée à l'angle d'incidence	< 2 % pour un angle de 30°
Cellule avec correction d'incidence	Oui
Étendue de la mesure	0 à 100 000 lux
Calibres	Automatiques ou manuels
Niveau de précision	Meilleur que ± 5 %
Sortie enregistreur	≥ 20 mV pour fin d'échelle
Fonctions particulières	Mémorisation de la mesure, enregistrement des valeurs MIN et MAX
Cellule	Incorporée 1 utile > 50 mm ou déportée
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s)
Auto extinction	Oui
Alarme niveau bas alimentation	Oui

**Testeur de réseau de communication VDI**

Type appareil	Module portable autonome
Affichage	Numérique écran LCD
Types de détections	Coupures, courts-circuits, croisements de prises, partage de prises, inversion de polarité
Mesure de longueur câble	Oui - Unité de longueur en mètres et pieds
Longueur mesurée	≥ 300 m
Niveau de précision	Meilleur que 4 %
Localisation erreurs	Oui - Court-circuit ou coupure
Types de câbles	UTP, STP, Coaxial, 10 Base T ou 10/100 Base T
Protection	Oui, contre les tensions
Signal sonore	Test bon / mauvais
Étalonnage selon type câble	Oui, par comparaison avec câble connu
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s)
Alarme niveau bas alimentation	Oui

**Détecteur de câble**

Type appareil	Ensemble portable autonome de localisation de câbles et conduits métalliques constitué d'un module émetteur et d'un module récepteur
Affichage	Affichage pour le récepteur : LCD ou par diodes LED
Capacité de mesure	Sur câbles hors tension et sur câbles sous tension
Contextes de mesure	Plafonds, murs, sol, en profondeurs (> 0,5 m)
Détections possibles	Courts-circuits, coupures / prises de terre
Signal sonore	Oui
Niveau de tension	≈ 0 - 440 V
Fréquence de mesure	30 à 150 kHz
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s)

**Enregistreur monovoie en tension 50 (0 - 10 V)**

Type appareil	Enregistreur autonome
Nombre d'entrée	de 1 à 8
Tension d'entrée maximum	600 V au moins
Résolution	8 bits au moins
Mesure	acquisition RMS
Capacité d'enregistrement	> 8 000 valeurs
Liaisons numériques	RS 232 ou USB ou infrarouge
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s)
Sécurité électrique	CEI 61010 - Cat. III - 600 V

**Thermomètre infrarouge à affichage numérique**

Type appareil	Module portable autonome
Nature de la mesure	Prise de température sans contact avec visée par émission laser
Affichage	Numérique
Étendue de mesure	- 30° C à +500° C au moins
Unité(s) de mesure	° C seul ou ° C et ° F
Niveau de précision	Meilleur que ± 3 %
Fonctions particulières	Stockage mesures (préciser capacité mémoire), MIN / MAX
Sortie RS 232	Alarme dépassement seuils (alarme sonore ou visuelle ou les deux)
Distance maxi (portée)	Oui (autre, préciser)
Alimentation	≥ 50 cm
Alarme niveau bas alimentation	Pile(s) ou batterie(s)
Auto extinction	Oui

**Qté 1**

Module portable autonome	Module portable autonome
3 digits ½ à cristaux liquides	3 digits ½ à cristaux liquides
< 2 % pour un angle de 30°	< 2 % pour un angle de 30°
Oui	Oui
0 à 100 000 lux	0 à 100 000 lux
Automatiques ou manuels	Automatiques ou manuels
Meilleur que ± 5 %	Meilleur que ± 5 %
≥ 20 mV pour fin d'échelle	≥ 20 mV pour fin d'échelle
Mémorisation de la mesure, enregistrement des valeurs MIN et MAX	Mémorisation de la mesure, enregistrement des valeurs MIN et MAX
Incorporée 1 utile > 50 mm ou déportée	Incorporée 1 utile > 50 mm ou déportée
Pile(s) ou batterie(s)	Pile(s) ou batterie(s)
Oui	Oui
Oui	Oui

**Qté 1**

Module portable autonome	Module portable autonome
Numérique écran LCD	Numérique écran LCD
Coupures, courts-circuits, croisements de prises, partage de prises, inversion de polarité	Coupures, courts-circuits, croisements de prises, partage de prises, inversion de polarité
Oui - Unité de longueur en mètres et pieds	Oui - Unité de longueur en mètres et pieds
≥ 300 m	≥ 300 m
Meilleur que 4 %	Meilleur que 4 %
Oui - Court-circuit ou coupure	Oui - Court-circuit ou coupure
UTP, STP, Coaxial, 10 Base T ou 10/100 Base T	UTP, STP, Coaxial, 10 Base T ou 10/100 Base T
Oui, contre les tensions	Oui, contre les tensions
Test bon / mauvais	Test bon / mauvais
Oui, par comparaison avec câble connu	Oui, par comparaison avec câble connu
Pile(s) ou batterie(s)	Pile(s) ou batterie(s)
Oui	Oui

**Qté 1**

Ensemble portable autonome de localisation de câbles et conduits métalliques constitué d'un module émetteur et d'un module récepteur	Ensemble portable autonome de localisation de câbles et conduits métalliques constitué d'un module émetteur et d'un module récepteur
Affichage pour le récepteur : LCD ou par diodes LED	Affichage pour le récepteur : LCD ou par diodes LED
Sur câbles hors tension et sur câbles sous tension	Sur câbles hors tension et sur câbles sous tension
Plafonds, murs, sol, en profondeurs (> 0,5 m)	Plafonds, murs, sol, en profondeurs (> 0,5 m)
Courts-circuits, coupures / prises de terre	Courts-circuits, coupures / prises de terre
Oui	Oui
≈ 0 - 440 V	≈ 0 - 440 V
30 à 150 kHz	30 à 150 kHz
Pile(s) ou batterie(s)	Pile(s) ou batterie(s)

**Qté 5**

Enregistreur autonome	Enregistreur autonome
de 1 à 8	de 1 à 8
600 V au moins	600 V au moins
8 bits au moins	8 bits au moins
acquisition RMS	acquisition RMS
> 8 000 valeurs	> 8 000 valeurs
RS 232 ou USB ou infrarouge	RS 232 ou USB ou infrarouge
Pile(s) ou batterie(s)	Pile(s) ou batterie(s)
CEI 61010 - Cat. III - 600 V	CEI 61010 - Cat. III - 600 V

**Qté 1**

Module portable autonome	Module portable autonome
Prise de température sans contact avec visée par émission laser	Prise de température sans contact avec visée par émission laser
Numérique	Numérique
- 30° C à +500° C au moins	- 30° C à +500° C au moins
° C seul ou ° C et ° F	° C seul ou ° C et ° F
Meilleur que ± 3 %	Meilleur que ± 3 %
Stockage mesures (préciser capacité mémoire), MIN / MAX	Stockage mesures (préciser capacité mémoire), MIN / MAX
Alarme dépassement seuils (alarme sonore ou visuelle ou les deux)	Alarme dépassement seuils (alarme sonore ou visuelle ou les deux)
Oui (autre, préciser)	Oui (autre, préciser)
≥ 50 cm	≥ 50 cm
Pile(s) ou batterie(s)	Pile(s) ou batterie(s)
Oui	Oui
Oui	Oui

**Tachymètre optique et mécanique**

Type appareil	Module portable autonome
Objet de la mesure	Mesure de vitesse de rotation ou de vitesse linéaire ; avec et sans contact
Affichage numérique	99 999 points / 5 digits à cristaux liquides
Distance de détection	Sans contact : ≥ 300 mm à 600 mm en fonction de la luminosité ambiante
Angle	± 45°
Temps de prise de mesure	< 1 s
Étendue de mesure	0,5 à 99 999 tr/mn
Fonctions particulières	0,05 à 1 999,9 m/mn prise de mesure pour contact avec cône ou molette caoutchouté et sans contact par cellule photo électronique. Mémorisation Mini/Maxi avec rappel de la dernière lecture
Niveau de précision	Meilleur que 0,1 % + 1 digit
Type base de temps	A quartz
Alimentation	Pile(s) ou batterie(s)

**Multimètre 4 000 pts TRMS**

Type appareil	Portable
Résolution	4 000 points
Affichage	Numérique écran LCD dont bargraph
Nature de la mesure	TRMS
Bande passante	20 kHz
VDC - Étendue de mesure	0 - 600 V
Précision / Nombre de calibres	< 1 % - 5 calibres (dont un calibre 400 mV)
VAC - Étendue de mesure	0 - 600 V
Précision / Nombre de calibres	< 2 % - 4 calibres (dont un calibre 400 mV)
IDC - Étendue de mesure	0 - 10 A
Précision / Nombre de calibres	< 2 % - 4 calibres (dont un calibre 50 mA)
IAC - Étendue de mesure	0 à 10 A
Précision / Nombre de calibres	< 2 % - 4 calibres (dont un calibre 50 mA)
Résistances - Étendue de mesure	0 - 40 MΩ
Précision / Nombre de calibres	< 1 % - 6 calibres (dont un calibre 500 W)
Fonction dB	Oui
Test de diode	Oui
Test sonore de sécurité	Oui
Fréquences	1 Hz à 500 kHz
Sécurité électrique	CEI 61010 - Cat. III 400 V - Classe 2
Protection	Fusible HPC
Accessoire	Gaine anti-chocs

**7.1.7 Sécurité :**

<i>désignation</i>	<i>quantité</i>
<b>Équipement protection individuel (E. P. I.)</b>	
Casque de protection avec écran facial anti U. V.	10
Paires de gants isolants	10
Paires de sous gants de propreté	fongibles
<b>Équipement individuel de sécurité (E. I. S.)</b>	
Tapis isolant	10
Tabouret isolant	1
Cadenas de consignation	10
Macaron de consignation	10
Jeu d'outils isolants	5
<b>Équipement collectif de sécurité (E. C. S.)</b>	
Nappe isolante	5
Pinces pour fixation de nappes isolantes	15
Perche de manœuvre	1
Banderole de balisage de limite de zone	5
Poteaux support de banderole de balisage	6
Pancarte d'avertissement de travaux	5
Écran de protection	5
<b>Divers</b>	
Équipement de mise à la terre (M. A. L. T.) et de mise en court-circuit (M. E. C-Ct.)	1
Vérificateur d'absence de tension (V. A. T.)	10
Pancarte « soins aux électrisés »	2
Pancarte « risques électriques »	2
Pancarte « consignes de sécurité »	2

### 7.1.8 Informatique :

L'ensemble des ordinateurs devra travailler en réseau et accéder ainsi aux bases de données communes.

**Ce réseau devra être ouvert sur l'extérieur par une liaison à haut débit.**

Il est prévu une seule imprimante professeur, placée dans l'espace « concertation » accessible de l'ensemble des points d'accès du réseau.

Il est prévu 2 imprimantes étudiants, l'une placée dans l'espace « essais de systèmes », l'autre dans l'espace « modélisation ». Elles sont accessibles de l'ensemble des points d'accès du réseau.

Suivant l'équipement de l'établissement, ce réseau s'appuiera sur le réseau pédagogique de l'établissement ou constituera, à défaut, un réseau propre au laboratoire « génie électrique ». Dans ce dernier cas, il faudra rajouter un **serveur réseau** aux équipements de l'espace « concertation ». Ce serveur devra être dimensionné pour accueillir l'ensemble des bases de données mentionnées plus bas.

### 7.1.9 Logiciels :

On privilégiera l'achat de logiciels en licence établissements. Ils seront tous susceptibles d'être utilisés en réseau.

Il s'agira de logiciels professionnels aptes à préparer nos étudiants à une insertion rapide dans les entreprises de la filière.

Sans être exhaustifs, on peut citer à minima les logiciels suivants :

- ↳ suite bureautique complète (traitement de texte, tableur, outil de présentation, outil de gestion de messagerie, gestion de base de donnée),
- ↳ logiciel de simulation et modélisation,
- ↳ logiciel d'analyse des coûts,
- ↳ logiciel de gestion de projet,
- ↳ logiciel d'éco-bilan,
- ↳ logiciel permettant l'étude des plans d'expérience,
- ↳ logiciels de projets d'éclairage (intérieurs, extérieurs, sportifs),
- ↳ logiciel de chiffrage d'installation avec bases de données des prix constructeurs,
- ↳ logiciel de DAO et CAO mécanique (modeleur volumique),
- ↳ logiciel de DAO et CAO électrique,
- ↳ logiciels de programmation d'automates (générique et propres aux constructeurs),
- ↳ logiciel dédié à l'exploitation des acquisitions de mesures,
- ↳ etc.

Les bases de données des prix constructeurs, **actualisées**, seront mises en ligne à la disposition des étudiants, il en sera de même des catalogues constructeurs.

## 7.2 Espaces et équipements de sciences appliquées :

Pour le descriptif des locaux et des installations fixes ainsi que des équipements mobiles utilisables pour les locaux de sciences appliquées, le présent texte s'inspire du guide d'équipement édité par la Direction de l'Enseignement Scolaire du Ministère et mis sur le site Eduscol du ministère : " Guide d'équipement-Physique et Physique appliquée en génie électrotechnique (Octobre 1998).

### 7.2.1 Les salles de sciences appliquées comprennent :

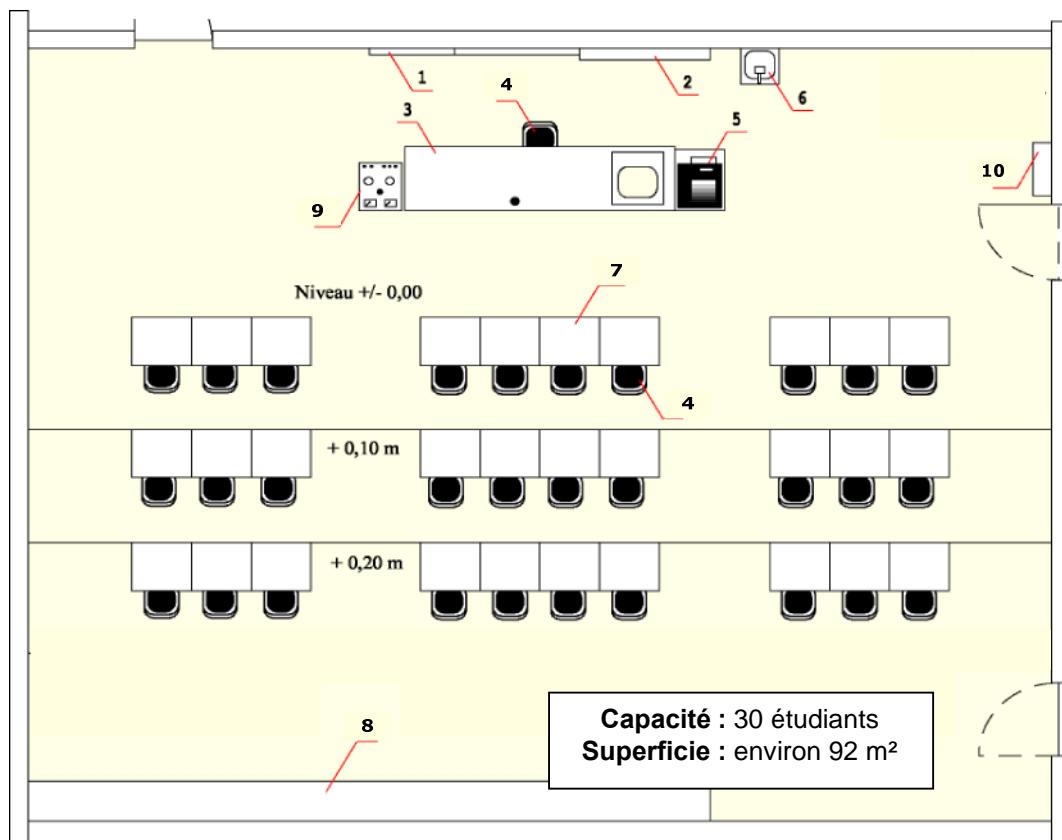
- *les locaux d'enseignement :*
  - la salle de cours pour 30 étudiants ( $92 \text{ m}^2$  environ  $12\text{m} \times 7,6 \text{ m}$ ) située dans l'aile scientifique,
  - le laboratoire de sciences appliquées à l'électrotechnique pour 15 étudiants située dans l'aile génie électrotechnique ( $116\text{m}^2$  environ).
- *un local technique :*
  - la salle de préparation et de rangement ( $24 \text{ m}^2$  environ), adjacente au laboratoire de sciences appliquées à l'électrotechnique.

### 7.2.2 La salle de cours de sciences appliquées à l'électrotechnique.

Sa situation, dans l'aile scientifique de l'établissement, permet la mise en commun de matériel (appareils de mesurage, capteurs, matériel d'optique...).

La paillasse professeur est équipée pour permettre la réalisation d'expériences de cours.

#### Exemple d'aménagement :



1	tableau triptyque	6	vidéoprojecteur et rétroprojecteur sur tables
2	écran mural	7	table élève 0,70 m x 0,60 m
3	paillasse du professeur avec poste informatique dédié à l'expérimentation	8	ensemble de rangement 0,50 m x 6 m lot d'armoires
4	chaise	9	alimentation auxiliaire mobile
5	imprimante sur table support	10	armoire électrique

## **Équipements conseillés :**

<b>Repère</b>	<b>Désignation et caractéristiques minimales</b>	<b>Quantité</b>
1	<b>Tableau triptyque</b> , face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables ; revêtement magnétique et vitrifié. Note : Ce tableau est surmonté par un système d'éclairage.	1
2	<b>Écran de projection</b> à fixation murale. Enroulement par ressort. Toile de 1,80 m × 1,80 m environ.	1
3	<p><b>Paillasse sèche pour le professeur avec poste informatique multimédia intégré :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de travail monté sur cadre-support rigide traité anticorrosion. dimensions (L × l × h) 3,50 m × 0,80 m × 0,90 m environ.</li> <li>- Plateau recouvert de grès de préférence ou à défaut d'un revêtement insensible à l'humidité et résistant au feu et à l'abrasion.</li> <li>- Dispositif de réglage de l'horizontalité et de fixation au sol.</li> <li>- Équipement électrique (en bandeau ou non) : <ul style="list-style-type: none"> <li>en bandeau 8 prises de courant à obturateur 230 V - 1 P + N + PE - 10/16 A - judicieusement réparties pour alimenter les divers matériels.</li> <li>4 prises de courant à obturateur 230 V - 1 P + N + PE - 10/16 A – judicieusement réparties pour alimenter les divers matériels informatiques.</li> <li>en bandeau sur la paillasse du professeur : 1 prise de courant à obturateur 400 V - 3 P + N + PE - 16 A (prise femelle - Indice de protection : IP 44-7) pour alimenter l'alimentation auxiliaire mobile repérée 9 sur le schéma.</li> </ul> </li> <li>Conforme à la norme NF C 15-100.</li> <li>- Connectique en bandeau : <ul style="list-style-type: none"> <li>connexions vidéo pour relier le caméscope au vidéo projecteur</li> <li>connexions pour relier la carte d'acquisition de mesures aux dispositifs expérimentaux.</li> <li>connexions informatiques et télématiques pour relier le poste informatique multimédia aux divers périphériques (vidéo projecteur, imprimante, caméscope, réseaux...).</li> </ul> </li> <li>- Connectique : <ul style="list-style-type: none"> <li>câblage reliant le poste multimédia aux divers périphériques ; conforme à la norme NF C 15-100.</li> </ul> </li> <li>- Paillasse répondant à la classe 2 de la norme NF X 15-201.</li> </ul> <p><b>Agencements :</b></p> <p>Le plateau comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>une fenêtre avec vitre en verre "sécurit" pour voir l'écran du moniteur logé en position inclinée sous le plateau,</li> <li>- une embase pour potence ou pied de caméscope.</li> </ul> <p>Le dessous du plateau est aménagé pour recevoir les matériels informatiques et vidéo :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- placard ventilé pour loger le moniteur (écran) de l'ordinateur en position inclinée. Ce placard comporte un dispositif permettant de régler l'inclinaison de l'écran.</li> <li>- tiroir pour loger le clavier rétractable et la souris,</li> <li>- placard pour loger l'unité centrale avec carte d'acquisition de mesures,</li> <li>- tiroir pour loger le magnétoscope.</li> </ul> <p><b>Note : La mise en place des différents matériels ainsi que leurs branchements électriques et leurs accès doit être facilités par des portes de visite situées côté professeur et côté élève. Afin d'assurer la protection antivol des matériels ces portes doivent être munies de serrures de sûreté.</b></p>	

<b>Repère</b>	<b>Désignation et caractéristiques minimales</b>	<b>Quantité</b>
	<b>Ordinateur multimédia incorporé à la paillasse professeur :</b> La configuration recommandée est la configuration dite « standard du marché » à la date d'acquisition du matériel. Liaison Internet ; lecteur de DVD Logiciels : voir liste sur le tableau partie VI Interface d'acquisition de données, capteurs adaptés à l'interface et aux logiciels utilisés.	1
5	Imprimante sur table support	1
6	Rétroprojecteur, format 30 · 30 cm environ. Sur table support. Vidéo projecteur, sur table support	1
	Caméscope numérique	1

**Autres mobiliers et matériels**

<b>Repère</b>	<b>Désignation et caractéristiques minimales</b>	<b>Quantité</b>
	Couverture antifeu	1
4	Chaise d'élève de hauteur réglable	30
7	Table pour un élève de 0,70 m x 0,60 m	30
8	Ensemble de rangement (lot d'armoires). Encombrement au sol : environ 0,50 m · 6 m.	1
9	<b>Alimentation auxiliaire mobile</b> : reliée au réseau par 1 prise de courant 400 V- 3 P + N + PE - 16 A (prise mâle - Indice de protection : IP 44-7) et délivrant les énergies suivantes : Tension continue variable de 0 à 270 V ; 10 A. Tension continue variable de 0 à 240 V ; 4 A. Tension continue fixe de 240 V ; 4 A. Tension triphasée variable de 0 à 400 V ; 10 A. Ces quatre énergies sont distribuées sur bornes de sécurité (double puits) assurant la protection des personnes contre les chocs électriques. Cette alimentation auxiliaire est conforme à l'ensemble des normes relatives à la protection des personnes contre les chocs électriques. La mise et/ou la remise sous tension de cette alimentation ne peuvent être effectuées que si la commande des tensions est remise à zéro.	1
10	Armoire électrique	1
	<b>Ensemble complet permettant l'acquisition des caractéristiques d'une machine de petite puissance (au maximum 500 W )</b> Cet ensemble comprend : ¤ 1 support de machines permettant l'accouplement d'au moins 3 machines et système d'accouplement associé. ¤ 1 machine à courant continu à polyexcitation. ¤ 1 machine asynchrone triphasée. ¤ 1 machine synchrone triphasée. ¤ 1 frein de charge. ¤ 1 capteur de couple rotatif ¤ 1 bloc de mesures des grandeurs mécaniques ¤ 2 blocs de mesures des grandeurs électriques ¤ 1 système d'acquisition de mesure de vitesse et de couple. ¤ Logiciels d'acquisition et de traitement des caractéristiques des machines.	1 ensemble placé en salle de préparation et de rangement
	Matériel didactique permettant l'étude des machines tournantes machine à courant continu, champ tournant, machines alternatives	1

**Fiche signalétique du local :**

<b>Effectif usuel : 30 élèves</b>	Charge d'exploitation : 350 daN/m <sup>2</sup>
<b>Surface</b>	92 m <sup>2</sup>
<b>Hauteur sous plafond</b>	2,50 m à 3 m
<b>Accès</b>	2 portes (0,93 m × 2,04 m)
<b>Relation de communication</b>	1 porte simple (0,93 m × 2,04 m) donnant sur le local de collections.
<b>Relation de proximité</b>	Salles de sciences physiques
<b>Revêtement de sol</b>	Antidérapant. Anti-poussière. Antistatique. Classement U4 P3 E3 C0.
<b>Eclairage artificiel - Occultation</b>	450 lux. Prévoir des rideaux d'occultation contre l'ensoleillement.
<b>Alimentation électrique</b>	<p><b>Alimentation en 230/400 V - 3 P + N + PE.</b> Conformité aux normes en vigueur et protections adaptées à chacun des circuits. Bouton d'arrêt d'urgence général. L'armoire électrique est conçue de manière à permettre une identification des trois circuits suivants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Circuit 400 V triphasé</b> (3 P + N + PE) pour alimenter la prise de courant triphasé située en bandeau sur la paillasse du professeur. Commande séparée par bouton poussoir à clé. Double signalisation permettant de connaître l'état (sous tension/hors tension) de la ligne.</li> <li>- <b>Circuits 230 V (1 P + N + PE) pour usage général</b> : prises de courant à obturateur en bandeau sur la paillasse du professeur. Commande séparée par bouton poussoir. Double signalisation permettant de connaître l'état (sous tension/hors tension) de la ligne.</li> <li>- <b>Circuit 230 V (1 P + N + PE) pour usage informatique</b> : prises de courant à obturateur réparties dans la salle et en bandeau sur la paillasse du professeur. Commande séparée par bouton poussoir. Double signalisation permettant de connaître l'état (sous tension/hors tension) de la ligne.</li> </ul> <p><b>Protections électriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Signalisation générale de "présence de tension" visible à distance.</li> <li>☒ Double signalisation (présence ou absence de tension sur chacun des trois circuits).</li> <li>☒ Boutons d'essais des lampes signalant la présence ou l'absence de tension.</li> <li>☒ Dispositifs à coupure d'urgence à sécurité positive devront provoquer la mise en sécurité de l'ensemble des points de livraison de l'énergie.</li> <li>☒ Ces dispositifs au nombre de deux seront placés judicieusement : un sur la paillasse professeur et l'autre sur l'armoire électrique (bouton d'arrêt d'urgence général).</li> <li>☒ La remise sous tension, après l'action de l'un des dispositifs de coupure d'urgence, ne devra pouvoir s'effectuer que par l'action volontaire du professeur.</li> <li>☒ Un disjoncteur différentiel sur chacun des trois circuits</li> <li>☒ Un disjoncteur magnéto-thermique pour chacun des trois circuits.</li> </ul> <p>Installation conforme à la norme NF C 15-100.</p> <p><b>Connectique en bandeau et connectique :</b></p> <p>Connexions : voir rubrique pour la paillasse professeur.    Connectique, câblage : voir rubrique pour la paillasse professeur.    Installation conforme à la norme NF C 15-100.</p> <p><b>Autre circuit 230 V (1 P + N + PE) pour usage général domestique :</b>    prises de courant à obturateur judicieusement réparties sur les murs de la salle.</p>

<b>Réseaux</b>	Prises pour relier le poste informatique du professeur aux réseaux télématique, informatique et vidéo, internes ou externes à l'établissement, en particulier l'Internet. Un interphone permet la liaison directe avec les autres locaux du bloc scientifique
<b>Liaison interphone</b>	Un interphone permet la liaison directe avec les autres locaux du bloc scientifique (laboratoire).
<b>Ventilation/extraction</b>	La ventilation naturelle doit être suffisante.
<b>Protections</b>	Anti-effraction + alarme.
<b>OBSERVATION :</b> Aucune discipline autre que la physique appliquée ne peut mettre sous tension le circuit triphasé pour alimenter la prise triphasée située en bandeau sur la paillasse.	

### 7.2.3 Le laboratoire de sciences appliquées à l'électrotechnique :

#### Exemple d'aménagement :

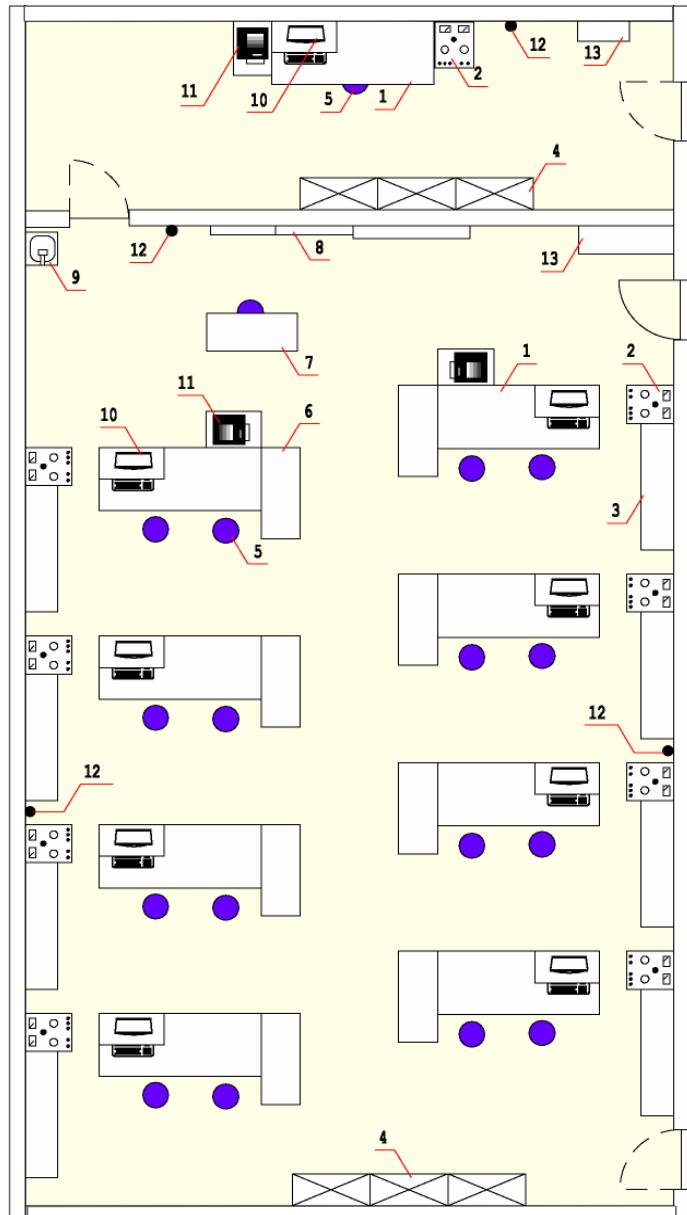
Sa situation, dans le secteur des sciences et techniques industrielles, permet l'utilisation du matériel lors des essais de systèmes.

La salle de TP doit permettre l'organisation de TP cours.

**Laboratoire : capacité** : 15 étudiants ; superficie de l'ordre de 116 m<sup>2</sup> (8,40 m × 13,80 m)

**Salle de préparation et de rangement** : superficie de l'ordre de 24 m<sup>2</sup> (8,40 m × 2,80 m)

Repère	Nomenclature générale
1	Table technique de travail 2,5 m × 1 m
2	Alimentation auxiliaire
3	Banc de machine électrique - 1,90 m
4	Armoire de rangement 1,20 m × 0,50 m
5	Chaise
6	Table de rédaction pour 2 élèves 1,20 m × 0,60 m
7	Bureau du professeur
8	Tableau triptyque avec écran de projection
9	Rétroprojecteur sur table- support Vidéo projecteur sur table- support
10	Ordinateur dédié à l'expérimentation
11	Imprimante
12	Dispositifs de coupure d'urgence
13	Armoire électrique



**Équipements conseillés :**

Repère	Désignation et caractéristiques minimales	Quantité
1	<p><b>Table technique de travail :</b>            Plateau 2,50 m × 1 m avec un bandeau fixe et étagère, portant les arrivées d'énergie.            Note : l'étagère de la table technique reçoit, entre autres l'outil informatique, notamment l'unité centrale, le clavier et l'écran.</p> <p><b>Alimentation électrique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¤ Sur bandeau (ou murale suivant disposition) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>. 1 circuit 400 V, 3P + N + PE : 1 prise de courant à obturateur 400V -3 P + N + PE - 16 A (prise femelle - Indice de protection : IP 44-7).</li> </ul> </li> <li>¤ Sur bandeau : 1 circuit 230 V, 1P + N + PE, circuit à usage général : 8 prises 16 A à obturateur, régulièrement réparties sur le bandeau.               <ul style="list-style-type: none"> <li>. 1 circuit 230 V, 1P + N + PE, pour matériel informatique : 4 prises 10/16 A à obturateur, différencierées de celles du circuit à usage général et situées au niveau de l'étagère.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Commande / protection</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¤ Commande générale du poste par bouton poussoir marche et bouton poussoir arrêt.</li> <li>¤ Signalisation générale de présence et d'absence de tension sur chacun des 3 circuits.</li> <li>¤ Boutons d'essais des lampes signalant la présence et l'absence de tension sur les 3 circuits.</li> <li>¤ Coupure d'urgence, à sécurité positive, à clef condamnant l'ensemble du poste.</li> <li>¤ 1 disjoncteur différentiel sur chacun des 3 circuits.</li> <li>¤ 1 disjoncteur magnéto - thermique sur chacun des 3 circuits.</li> </ul>	8
2	<p><b>Alimentation auxiliaire mobile :</b>            Reliée au réseau par 1 prise de courant 400 V- 3 P + N + PE - 16 A (prise mâle - Indice de protection : IP 44-7) et délivrant les énergies suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tension continue variable de 0 à 270 V ; 10 A.</li> <li>Tension continue variable de 0 à 240 V ; 4 A.</li> <li>Tension continue fixe de 240 V ; 4 A.</li> <li>Tension triphasée variable de 0 à 400 V ; 10 A.</li> </ul> <p>Ces quatre énergies sont distribuées sur bornes de sécurité (double puits) assurant la protection des personnes contre les chocs électriques.</p> <p>Cette alimentation auxiliaire est conforme à l'ensemble des normes relatives à la protection des personnes contre les chocs électriques.</p> <p>La mise et/ou la remise sous tension de cette alimentation ne peuvent être effectuées que si la commande des tensions est remise à zéro.</p>	1
3	Banc de machines électriques. Note : les machines électriques sont décrites en page 219.	8
4	Armoire de rangement : encombrement au sol : 1,20 m × 0,50 m environ.	4
5	Chaise	16
6	Table de rédaction pour 2 élèves 1,20 m × 0,60 m.	8
7	Bureau du professeur	1
8	<p>Tableau triptyque, face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables.            Revêtement magnétique et vitrifié.</p> <p>Note : Ce tableau est surmonté par un système d'éclairage et d'un écran de projection à fixation murale et à enroulement par ressort. Toile de 1,80 m × 1,80 m environ. L'écran est fixé au-dessus de la moitié droite du tableau afin de pouvoir écrire sur l'autre moitié.</p>	1
9	Rétroprojecteur, format 30 × 30 cm environ. Sur table support. Vidéo projecteur sur table support	1

Repère	Désignation et caractéristiques minimales	Quantité
10	<p><b>Ordinateur multimédia dédié expérimentation pour 2 élèves :</b>  La configuration recommandée est la configuration dite « standard du marché » à la date d'acquisition du matériel.</p> <p><b>Liaison Internet</b> ; lecteur de DVD</p> <p><b>Logiciels</b> : voir liste sur le tableau partieVI</p> <p>Interface d'acquisition de données, capteurs adaptés à l'interface et aux logiciels utilisés.</p> <p><b>Système d'acquisition de données :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¤ Plusieurs entrées analogiques.</li> <li>¤ Plusieurs sorties analogiques.</li> <li>¤ E/S logiques.</li> <li>¤ Logiciels de commande et d'acquisition des caractéristiques des machines électriques.</li> </ul>	8
	<p><b>Ordinateur multimédia sur la paillasse professeur :</b>  La configuration recommandée est la configuration dite « standard du marché » à la date d'acquisition du matériel.</p> <p><b>Liaison Internet</b> ; lecteur de DVD</p> <p><b>Logiciels</b> : voir liste sur le tableau partieVI en particulier logiciel de " gestion " de la salle</p>	
11	Imprimante sur table support en réseau dans la salle	2
12	Dispositifs de coupure d'urgence	3
13	Armoire électrique	1

**Fiche signalétique du local :**

<b>Effectif usuel : 15 élèves</b>	Charge d'exploitation : 350 daN/m <sup>2</sup>
<b>Surface</b>	115 m <sup>2</sup> à 120 m <sup>2</sup>
<b>Hauteur sous plafond</b>	2,50 m à 3 m
<b>Accès</b>	2 portes (0.93 m × 2.04 m)
<b>Relation de</b>	1 porte simple (0.93 m × 2.04 m) donnant sur la salle de préparation et de
<b>Relation de proximité</b>	Salles du pôle de génie électrotechnique
<b>Revêtement de sol</b>	Antidérapant. Anti-poussière. Antistatique. Classement U4 P3 E3 C0.
<b>Eclairage artificiel</b>	Réglable de 250 à 450 lux sur les tables techniques.
<b>Alimentation électrique</b>	<p><b>Alimentation en 230/400 V - 3 P + N + PE.</b> Conformité aux normes en vigueur et protections adaptées à chacun des circuits. Bouton d'arrêt d'urgence général. L'armoire électrique est conçue de manière à permettre une identification des trois circuits suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuit 400 V triphasé (3 P + N + PE) pour alimenter les prises le courant triphasé situées en bandeau sur les tables techniques.</li> <li>Commande séparée par bouton poussoir à clé. Double signalisation permettant de connaître l'état (sous tension/hors tension) de la ligne.</li> <li>- Circuits 230 V (1 P + N + PE) pour usage général : prises de courant à obturateur réparties dans la salle et en bandeau sur la paillasse du professeur.</li> <li>Commande séparée par bouton poussoir. Double signalisation permettant de connaître l'état (sous tension/hors tension) de la ligne.</li> <li>- Circuit 230 V (1 P + N + PE) pour usage informatique : prises de courant à obturateur réparties dans la salle et en bandeau sur la paillasse du professeur.</li> <li>Commande séparée par bouton poussoir. Double signalisation permettant de connaître l'état (sous tension/hors tension) de la ligne.</li> </ul>

<b>Alimentation électrique : suite</b>	
	<p><b>Protections électriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¤ Le disjoncteur général, de calibre approprié à la puissance installée</li> <li>¤ Des dispositifs à coupure d'urgence à sécurité positive devront provoquer la mise en sécurité de l'ensemble des postes et des points de livraison de l'énergie.</li> <li>¤ Ces dispositifs (repère 12 sur le schéma) au nombre de trois au minimum seront judicieusement répartis dans la zone de travail.</li> <li>¤ La remise sous tension, après action d'un dispositif de coupure d'urgence, ne devra pouvoir s'effectuer que par action volontaire du professeur.</li> <li>Une double signalisation permettra de connaître l'état (sous-tension / hors tension) de chaque ligne.</li> <li>¤ Un disjoncteur différentiel sur chacun des trois circuits.</li> <li>¤ Un disjoncteur magnéto -thermique sur chacun des trois circuits.</li> </ul> <p>Autre circuit 230 V (1 P + N + PE) pour usage général domestique : prises de courant à obturateur judicieusement réparties sur les murs de la salle. Installation conforme à la norme NF C 15-100.</p>
<b>Réseaux</b>	Prises pour relier les postes informatiques aux réseaux télématique, informatique et vidéo, internes ou externes à l'établissement, en particulier l'Internet. Une ligne téléphonique et un poste téléphonique sont obligatoires.
<b>Protections</b>	Anti-effraction + alarme
<b>OBSERVATION : Aucune discipline autre que la physique appliquée ne doit être enseignée dans ce laboratoire.</b>	

#### 7.2.4 La salle de préparation et de rangement :

Cette salle d'une superficie d'environ 24 m<sup>2</sup> est contiguë au laboratoire de sciences appliquées à l'électrotechnique. Voir schéma de la salle.

#### Équipements conseillés :

<b>Repère</b>	<b>Désignation et caractéristiques minimales</b>	<b>Quantité</b>
1	Table technique de préparation (avec chaise) : Table identique aux 8 tables techniques de travail équipant le laboratoire	1
2	Alimentation auxiliaire mobile : Matériel identique aux 8 tables techniques de travail équipant le laboratoire	1
4	Armoire de rangement avec serrure de sécurité; encombrement au sol : 1,20 m × 0,50 m environ.	3
10	Ordinateur dédié expérimentation	1
11	Imprimante	1
12	Dispositifs de coupure d'urgence	1
13	Armoire électrique	1
	Perceuse, outillage de maintenance (douilles, clé à cliquet, tournevis, fer à souder...)	

**Fiche signalétique du local :**

<b>Effectif usuel : 2 personnes</b>	Charge d'exploitation : 350 daN/m <sup>2</sup>
<b>Surface</b>	24 m <sup>2</sup> environ
<b>Hauteur sous plafond</b>	2,50 m à 3 m
<b>Accès</b>	1 porte (0,93 m × 2,04 m)
<b>Relation de communication</b>	1 porte simple (0,93 m × 2,04 m) donnant sur le laboratoire
<b>Relation de proximité</b>	Salles du pôle de aénie électrotechnique
<b>Revêtement de sol</b>	Antidérivant. Anti-poussière. Antistatique. Classement U4 P3 E3 C0.
<b>Eclairage artificiel</b>	450 lux sur la table de préparation
<b>Alimentation électrique</b>	Caractéristiques de l'alimentation électrique de ce local sont similaires à celles du laboratoire
<b>Réseaux</b>	Prises pour relier le poste informatique aux réseaux télématique, informatique et vidéo, internes ou externes à l'établissement, en particulier l'Internet. Une ligne téléphonique et un poste téléphonique sont obligatoires. Un interphone permet la liaison directe avec les autres locaux scientifiques
<b>Protections</b>	Anti-effraction + alarme

## 7.2.5 Plan d'équipement pour l'enseignement des sciences appliquées :

### 7.2.5.1 Machines électriques :

désignation	quantité	remarques
<b>Machine à courant continu</b> à polyexcitation de puissance comprise entre 1,5 kW et 3 kW	6	
<b>Machine asynchrone triphasée</b> à cage de puissance comprise entre 1,5 kW et 3 kW équipée d'un codeur et ventilation forcée	6	
<b>Machine synchrone triphasée autopilotable</b> de puissance comprise entre 1,5 kW et 3 kW	6	
<b>Moteur universel</b> de puissance comprise entre 1,5 kW et 3 kW	1	
<b>Frein à poudre</b> avec capteur de couple ( statique ) En rapport avec les puissances des machines	6	
<b>Capteur de couple rotatif</b> En rapport avec les puissances des machines	6	
<b>Volant d'inertie</b> En rapport avec les puissances des machines		
<b>Dynamo tachymétrique</b>	10	
<b>Système d'accouplement</b>	18	
<b>Chaise de transport à roulettes pour 3 machines</b>	12	
<b>Support de machines</b> ( 3 machines )	12	
<b>Transformateur monophasé</b> 1 à 2 kVA 400V /230 V ou 230 V / 110 V	6	
<b>Transformateur monophasé</b> 1 à 2 kVA 400V /230 V ou 230 V / 110 V à plusieurs enroulements secondaires	2	
<b>Transformateur triphasé</b> 1 à 2 kVA primaire : 400V /230 V 6 bornes séparées secondaire 400 V / 230 V 6 bornes séparées	4	
<b>Transformateur triphasé</b> Y z n 1 à 2 kVA 400V /230 V	2	

### 7.2.5.2 Convertisseurs :

désignation	quantité	remarques
<b>Variateur C.A./C.C.</b> monophasé réversible 4 Q de puissance adaptée à celle des machines à C.C.	6	Possibilité de commande externe (cf. asservissement)
<b>Variateur C.A./C.A.</b> de fréquence variable ( V/f constant ) de puissance adaptée à celle des machines à C.A.	6	Possibilité de commande externe (cf. asservissement)
<b>Variateur C.A./C.A.</b> de fréquence variable A commande vectorielle de flux	3	
<b>Convertisseurs C.C./C.C.</b> réversible 4 Q de puissance adaptée à celle des machines à C.C.	6	Possibilité de commande externe (cf. asservissement)
<b>Variateur C.A./C.A.</b> de fréquence variable pour machine synchrone autopilotée	3	
<b>Démarreur – convertisseur C.A./C.A.</b> de puissance adaptée à celle des machines à C.A.	2	
<b>Convertisseurs C.C./C.A.</b> Maquettes d'étude ; différents types de commande ( adjacente- décalée – MLI )	8	
<b>Convertisseurs C.C./C.C.</b> Maquettes d'étude ; montage en pont ; deux types de commande (continue – séquentielle)	8	
<b>Convertisseurs C.A./C.C.</b> Maquettes d'étude : redressement monophasé non commandé redressement triphasé non commandé redressement monophasé commandé redressement triphasé commandé	8	Voir restriction des commentaires
<b>Convertisseurs C.A./C.A.</b> monophasés Maquettes d'étude	8	Une maquette type gradateur triphasée est-elle nécessaire ?

### 7.2.5.3 Charges :

désignation	quantité	remarques
Bancs de charges résistives 2 kW ou 3 kW triphasées	6	
Bancs de charges inductives 2 kvar ou 3 kvar triphasées	3	
Bancs de charges capacitives 2 kvar ou 3 kvar triphasées	3	
Bobines de lissage	6	

### 7.2.5.4 Divers :

désignation	quantité	remarques
<b>Générateur des lois de couples pour freins à poudre</b> (simulateur de charge)	6	
<b>Synchronoscope</b>	3	
<b>Filtres anti pollution</b>		
<b>Vidéoprojecteur</b>	1	
<b>PC portable</b>	1	
<b>Alimentation pilotable</b>	8	
<b>Traceur numérique</b>	2	

### 7.2.5.5 Mesurage :

désignation	quantité	remarques
<b>Bloc de mesures des grandeurs mécaniques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o moment de couple</li> <li>o vitesse</li> <li>o puissance mécanique</li> </ul>	6	Sorties analogiques à l'arrière (nécessaires aux systèmes d'acquisition)
<b>Bloc de mesures des grandeurs électriques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o valeurs moyenne – efficace de tension</li> <li>o valeurs moyenne – efficace d'intensité</li> <li>o intensité de courant d'excitation</li> <li>o puissance moyenne électrique</li> </ul>	6	Sorties analogiques à l'arrière (nécessaires aux systèmes d'acquisition) Mesures TRMS large bande passante
<b>Oscilloscope numérique</b> Sortie pour traceur Bande passante 40 MHz Analyseur de spectre	8	Interface possible pour vidéoprojecteur
<b>Pince ampèremétrique à effet Hall</b> Bande passante 0 → 100 kHz 2 calibres 100mV / A 1 V / A jusque 20 A	8	
<b>Sonde différentielle double de tension</b> Atténuation 1/10 – 1/100 Bande passante 0 → 20 MHz	8	
<b>Pince harmonique</b>	6	
<b>Multimètre</b> (fonctions classiques TRMS, wattmètre varmètre , fréquencemètre, mesure du facteur de puissance )	8	Avec pince ampèremétrique
<b>Multimètre numérique de table TRMS</b> 2000 points Bande passante 10 Hz → 100 kHz Mesure de gain	10	

<b>Multimètre numérique portable TRMS</b> 2000 points Bande passante 0 → 100 kHz	10	
Phasemètre numérique	3	
Testeur d'ordre des phases	2	
Pont de mesures	1	

#### 7.2.5.6 Matériel informatique :

désignation	quantité	remarques
<b>PC en réseau interne et liaison Internet</b>	8	
<b>Interface pour acquisition</b>	6	
<b>Imprimante de salle</b>		
<b>Logiciels :</b> traitement de texte tableur simulation spécifique à la simulation des asservissements spécifique à la simulation du tracé de lignes de champ de suivi d'une salle en réseau acquisition et traitement de données (spécifique aux machines ou plus général type GENERIS)		

#### 7.2.5.7 Asservissements :

désignation	quantité	remarques
<b>Asservissement de vitesse</b> Maquettes d'étude	6	Dispositif à 2 boucles imbriquées
<b>Asservissement de position</b> Maquettes d'étude	6	