

## ***1. DONNÉES GÉNÉRALES***

## **1.1. OBJET DU GUIDE**

La comparaison avec de nombreux pays étrangers semble faire apparaître la France comme un pays tout à fait en pointe en ce qui concerne l'enseignement expérimental de la physique, de la chimie, et de la physique appliquée, tant en ce qui concerne la référence à l'expérience dans l'enseignement, explicitée par les programmes et les horaires dédiés aux manipulations d'élèves, que par l'équipement disponible.

A cet égard, on peut constater que :

- les efforts consentis par l'État et les collectivités territoriales depuis la mise en application de la loi de décentralisation, aussi bien en matière d'investissement que de fonctionnement, ont permis une nette amélioration des conditions matérielles d'enseignement ;
- les constructeurs de matériel didactique proposent des composants, montages, systèmes, maquettes et autres logiciels, sûrs, modernes et performants.

Ainsi, les matériels scientifiques actuels et les locaux rénovés offrent aux élèves des conditions de travail meilleures et plus agréables. Il ne fait pas de doute que cette amélioration des conditions d'enseignement a eu un effet très positif sur la qualité des formations dispensées.

L'enseignement expérimental nécessite du matériel et du temps. Sa mise en œuvre suppose donc que les moyens financiers dégagés à son effet pour la rémunération du personnel technique et des enseignants qui travaillent à effectif réduit en travaux pratiques, pour la construction, l'aménagement et l'entretien des locaux scientifiques, l'achat et la maintenance du matériel, soient utilisés de manière optimale.

Aussi est-il apparu souhaitable de fournir aux instances de l'Etat et des collectivités territoriales concernées par l'enseignement de la physique, de la chimie et de la physique appliquée, des éléments d'information sur cet enseignement et de leur proposer des aménagements de locaux et des choix de matériels qui, compte tenu des constats effectués, sont apparus les mieux adaptés et les plus rationnels au moment de la publication du guide (septembre 1998). L'évolution des matériels et technologies et les nouveaux textes réglementaires devront être pris en compte pour les équipements et les aménagements futurs.

## **1.2. PRINCIPAUX OBJECTIFS DE L'ENSEIGNEMENT EXPERIMENTAL**

Les activités expérimentales de physique doivent avoir pour objet, d'abord, d'apprendre aux élèves à observer, à se poser des questions et à confronter les conséquences de leurs représentations personnelles à la réalité. Elles les aideront aussi à acquérir des connaissances, des savoir-faire et surtout une méthode d'analyse et de raisonnement leur permettant de formuler avec pertinence des jugements critiques.

De tels apprentissages ne peuvent être conduits que par des méthodes actives car sans elles, la plus grande partie des élèves mobilise difficilement ses capacités d'abstraction et de concentration. De ce fait, un enseignement formel et abstrait de physique conduirait de plus en plus à l'échec. C'est aussi pour cela que cet enseignement doit comporter une large part d'activités expérimentales. Un proverbe chinois affirme à ce sujet « ce que j'entends, je l'oublie ; ce que je vois, je le retiens ; ce que je fais, je le comprends mieux ».

Enfin, à côté d'objectifs disciplinaires, il faut faire mention d'autres objectifs, non disciplinaires, qui peuvent être choisis lorsqu'on cherche à mettre au point une séance de travaux pratiques particulière ou que l'on peut se proposer d'atteindre à long terme par la pratique des activités expérimentales.

Parmi ces objectifs non disciplinaires, on peut citer :

- éduquer à la prévention des risques et faire prendre conscience des problèmes liés à la sécurité des personnes et au respect de l'environnement ;
- développer l'autonomie, l'organisation, l'esprit logique ;
- développer le sens du travail en équipe et du respect d'autrui ;
- développer l'initiative, la créativité, l'esprit critique et l'honnêteté intellectuelle ;
- aider à la maîtrise du langage, vecteur privilégié de la communication ;
- développer l'aptitude à lire des schémas et à en proposer (le schéma est un moyen d'expression scientifique moins "socialement sélectif" que le langage) ;
- développer le souci de la précision et du travail bien fait.

**2. ENSEIGNEMENT  
DE LA PHYSIQUE APPLIQUÉE EN  
FILIÈRE  
GÉNIE ÉLECTROTECHNIQUE**

## **2.1. OBJECTIFS SPECIFIQUES**

Avec les principes organisationnels retenus, les salles et une grande partie du matériel préconisés dans ce guide peuvent être utilisés par toutes les sections comportant un enseignement de physique appliquée à l'étude des machines électriques, y compris les sections de techniciens supérieurs. Toutefois la section de techniciens supérieurs électrotechnique nécessite alors un complément d'équipement.

Le guide d'équipement :

- ◆ Prend en compte le référentiel de compétences attendues par la profession. Les choix s'inscrivent dans l'évolution prévisible de l'électrotechnique de façon à assurer la pérennité des matériels.
- ◆ Permet la réalisation d'activités expérimentales de physique appliquée, de façon à mettre les élèves et les professeurs dans les conditions de sécurité prévues par la réglementation en vigueur.

## **2.2. CONTINUITÉ DES ENSEIGNEMENTS**

L'enseignement de sciences physiques et de physique appliquée débute en classe de première et se poursuit en classe de terminale. Les élèves de la filière génie électrotechnique proviennent essentiellement des classes de seconde générale et technologique des lycées ; certains élèves sont issus des classes de terminale BEP, ils sont alors dans une première d'adaptation.

## **2.3. HORAIRES ET ORGANISATION PEDAGOGIQUE**

### **2.3.1. Classe de première**

(Arrêté MEN L9305647A du 15/09/93, annexe 1, B.O.E.N. spécial du 23/09/93 et circulaire 94-165, B.O.E.N. du 02/06/94).

#### **2.3.1.1. Horaire**

Les horaires sont donnés pour une classe divisée en deux groupes pour les travaux pratiques, à savoir :

- 3 heures de cours en salle de cours de physique appliquée.
- 2 fois 3 heures de travaux pratiques en salle spécialisée de travaux pratiques pour une classe divisée en deux groupes (3 heures insécables pour chaque groupe). Les élèves de première d'adaptation peuvent bénéficier de l'aménagement horaire de 2 fois 4 heures insécables pour une classe divisée en deux groupes.

## ***HORAIRES ET ORGANISATION PEDAGOGIQUE***

### **2.3.1.2. Organisation pédagogique**

- ◆ La salle de cours, décrite dans le guide, permet au professeur de réaliser des expériences de cours sur la paillasse.
- ◆ La salle de travaux pratiques est le laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques.

### ***2.3.2. Classe de terminale***

(Arrêté MEN L9305647A du 15/09/93, annexe 1, B.O.E.N. spécial du 23/09/93).

#### **2.3.2.1. Horaire**

Les horaires sont les suivants :

- 3 heures de cours en salle de cours de physique appliquée.
- 2 fois 3 heures insécables de travaux pratiques en salle spécialisée de travaux pratiques pour une classe divisée en deux groupes.

#### **2.3.1.2. Organisation pédagogique**

- ◆ L'organisation pédagogique est identique à celle de la classe de première.

### **3. LE BLOC SCIENTIFIQUE DE PHYSIQUE APPLIQUÉE**

#### **Le bloc scientifique de physique appliquée est constitué**

- de locaux d'enseignement : salle de cours (115 m<sup>2</sup> environ) et laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques (120 m<sup>2</sup> environ).
- de locaux techniques : local de collections (20 m<sup>2</sup> environ), salle de préparation et de rangement (24 m<sup>2</sup> environ), salle de travail et de documentation scientifique (48 m<sup>2</sup> environ).

#### **3.1. LES LOCAUX D'ENSEIGNEMENT**

Situés dans le voisinage des salles spécialisées du secteur des sciences et techniques industrielles, les locaux d'enseignement de la physique appliquée comportent une (ou plusieurs lorsque le nombre de sections le justifie) salle de cours spécialisée et un (ou plusieurs) laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques.

Dans les cités scolaires intégrant un lycée professionnel ayant une section électrotechnique, on peut envisager un laboratoire commun au secteur professionnel et à la physique appliquée ; un compromis entre les équipements respectifs pourra être trouvé.

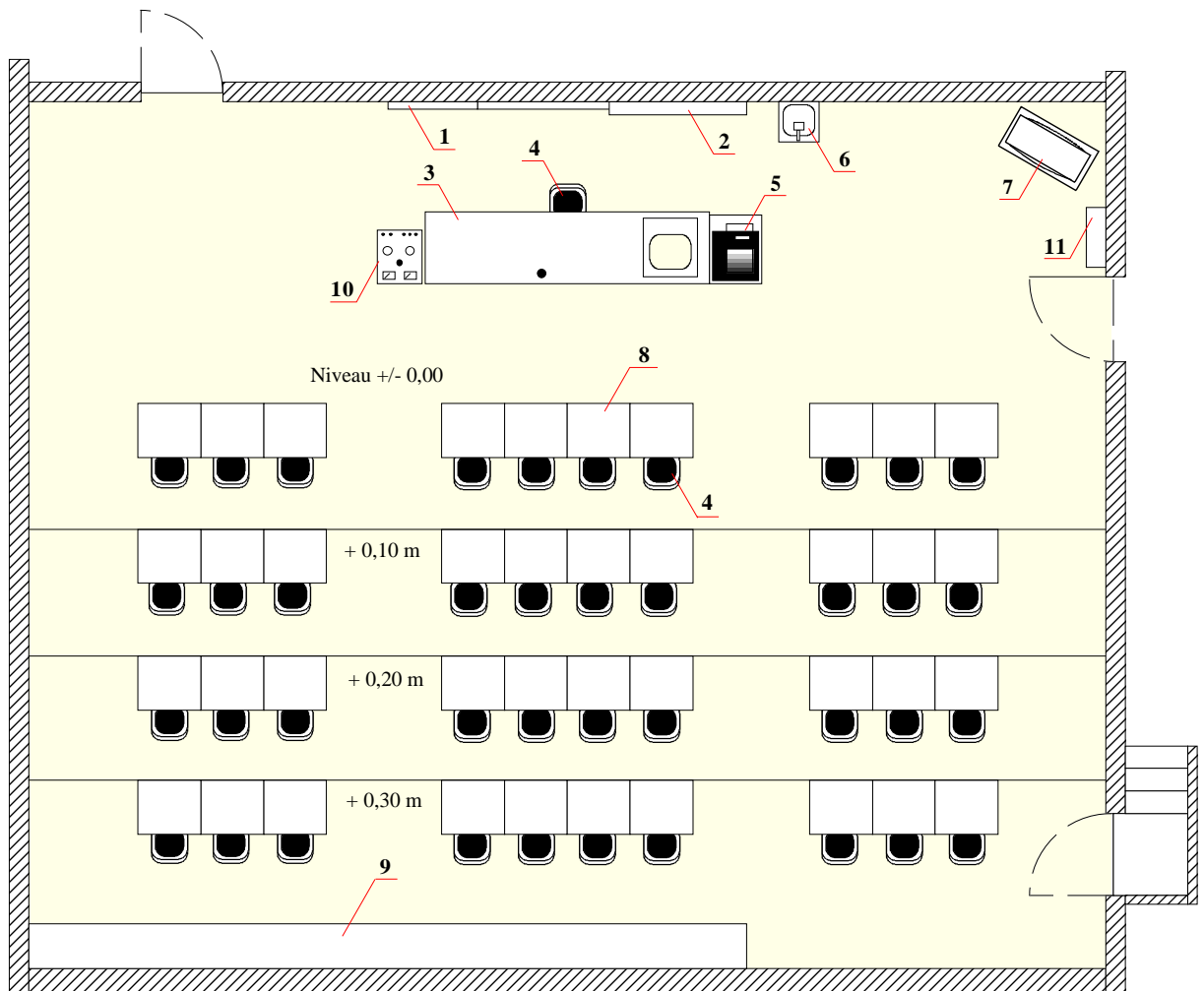
##### **3.1.1. Salle de Cours de Physique Appliquée**

Située au voisinage immédiat du laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques, elle est utilisée pour le cours de physique appliquée. La paillasse professeur est équipée pour permettre la réalisation d'expériences de cours.

## Salle de Cours de Physique Appliquée

### 3.1.1.1. Exemple d'aménagement

Superficie : de l'ordre de 115 m<sup>2</sup> (12 m × 9,60 m)



1	Tableau triptyque	7	Téléviseur
2	Écran mural	8	Table élève 0,70 m × 0,60 m
3	Paillasse du professeur avec poste informatique dédié expérimentation	9	Ensemble de rangement 0,50 m × 6 m - lot d'armoires
4	Chaise	10	Alimentation auxiliaire mobile
5	Imprimante sur table support	11	Armoire électrique (pour mémoire)
6	Rétroprojecteur sur table support	12	

## Salle de Cours de Physique Appliquée

### 3.1.1.2. Équipements conseillés

**Note :** L'espace informatique et vidéo schématisé en page précédente et en pages 12 et 13 est préconisé uniquement pour ce type de salle. Cet espace fait l'objet d'une description particulière en début de cette liste.

Repère	Désignation et caractéristiques minimales	Quantité
<b>ESPACE INFORMATIQUE ET VIDÉO composé des mobiliers et matériels suivants :</b>		
1	<p><b>Tableau triptyque</b>, face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables. Revêtement magnétique et vitrifié. <b>Note : Ce tableau est surmonté par un système d'éclairage.</b></p>	<b>1</b>
2	<p><b>Écran de projection</b> à fixation murale. Enroulement par ressort. Toile de 1,80 m × 1,80 m environ. <b>Note : Cet écran est fixé au-dessus de la moitié droite du tableau afin de pouvoir écrire sur l'autre moitié.</b></p>	<b>1</b>
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 10 sur le schéma et décrite en page 11.</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 camescope au magnétoscope et/ou la télévision.</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 (imprimante, télévision avec encodeur, camescope, réseaux ...).</li> </ul> </li> <li>- Connectique : <ul style="list-style-type: none"> <li>Câblage reliant le poste multimédia aux divers périphériques.</li> <li>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>	<b>1</b>

## Salle de Cours de Physique Appliquée

Repère	Désignation et caractéristiques minimales	Quantité
	<p><b><u>Paillasse sèche pour le professeur (suite)</u></b></p> <p><b>Agencements (voir schémas pages 8, 12 et 13) :</b></p> <p>Le plateau comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une fenêtre avec vitre en verre "sécurité" pour voir l'écran du moniteur logé en position inclinée sous le plateau,</li> <li>- une embase pour potence ou pied de camescope.</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>	
	<p><b><u>Ordinateur multimédia incorporé à la paillasse professeur :</u></b></p> <p>La configuration recommandée est la configuration dite « standard du marché » à la date d'acquisition du matériel.</p> <p>A titre d'information, à la date de publication du guide (Juin 1998) on peut considérer comme standard du marché la configuration :</p> <p style="padding-left: 20px;">Microprocesseur 230 MHz ou plus - RAM : 16 Mo - Mémoire cache : 256 ko - Disque dur : 2 Go ou plus. 1 lecteur de disquette 3 1/2 - 3 slots d'extension libres - Écran 15".</p> <p style="padding-left: 20px;">Un lecteur de cédérom (vitesse × 24). Modem. Logiciels tableur, traitement de texte : dernière version en cours.</p> <p><b>Avec interface d'acquisition de données, capteurs adaptés à l'interface et aux logiciels utilisés.</b></p>	<b>1</b>
4	<b><u>Chaise</u></b> pour le professeur (pour mémoire).	<b>1</b>
5	<b><u>Imprimante sur table support</u></b>	<b>1</b>
6	<b><u>Rétroprojecteur</u></b> , format 30 × 30 cm environ. Sur table support.	<b>1</b>
7	<b><u>Téléviseur avec encodeur</u></b> pour répliquer l'image de l'écran du micro-ordinateur. Sur potence murale pour être visible par tous les élèves.	<b>1</b>
	<b><u>Magnétoscope</u></b>	<b>1</b>
	<b><u>Camescope</u></b>	<b>1</b>

### AUTRES MOBILIERS ET MATÉRIELS

	Couverture anti-feu (pour mémoire).	<b>1</b>
	Vidéoprojecteur <b>Note :</b> Ce matériel peut se substituer au téléviseur prévu dans l'espace informatique et vidéo.	<b>1</b>
4	Chaise d'élève.	<b>40</b>

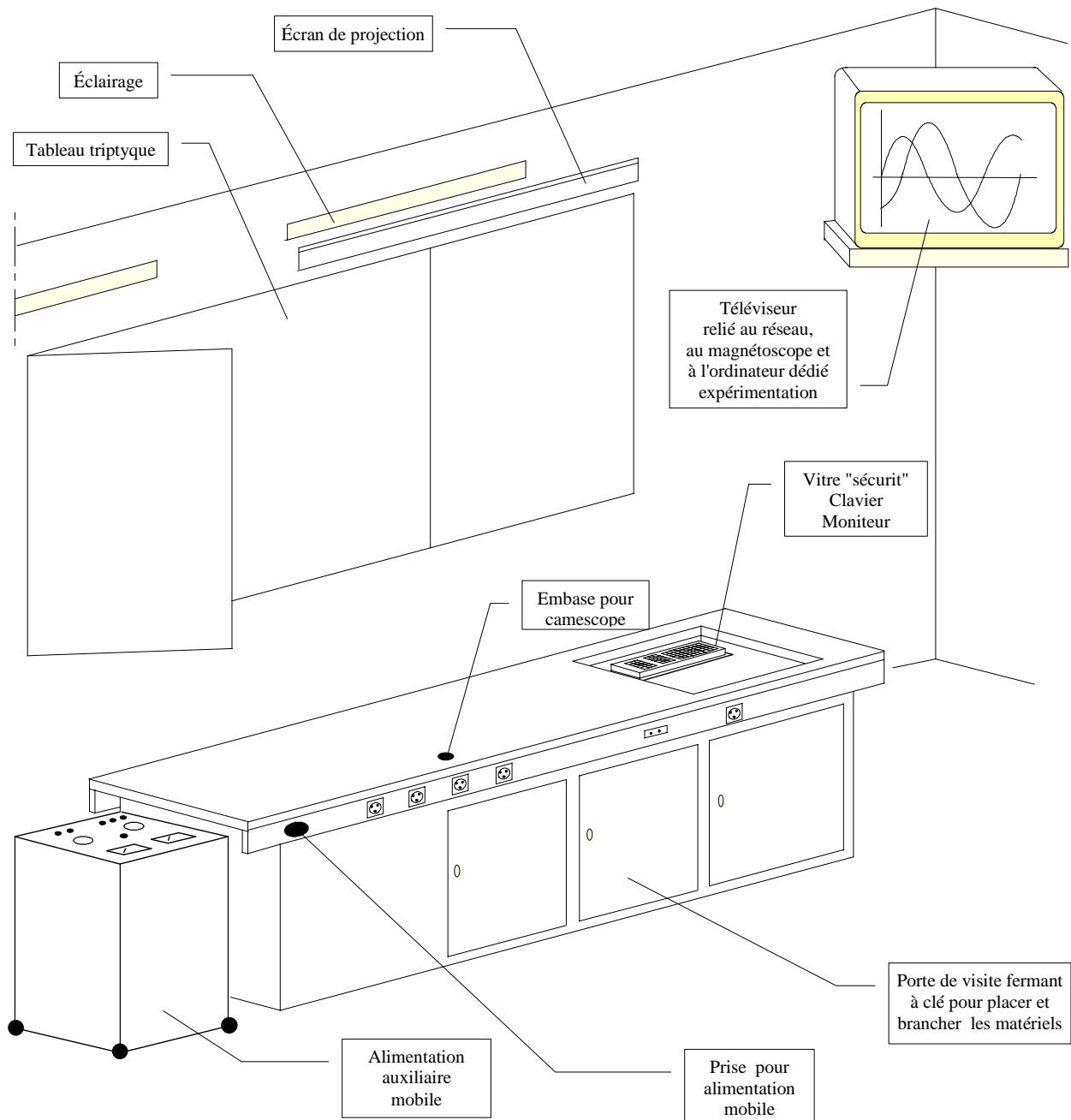
**Salle de Cours de Physique Appliquée**

<i>Repère</i>	<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
8	Table pour un élève de 0,70 m x 0,60 m environ.	<b>40</b>
9	Ensemble de rangement (lot d'armoires). Encombrement au sol : environ 0,50 m x 6 m.	<b>1</b>
10	<p><b>Alimentation auxiliaire mobile</b> Alimentation auxiliaire mobile : 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> <p style="padding-left: 20px;">Tension continue variable de 0 à 270 V ; 4 A. Tension continue variable de 0 à 240 V ; 8 A. Tension triphasée variable de 0 à 400 V ; 5 A.</p> <p>Ces trois 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.</p>	<b>1</b>
11	Armoire électrique (pour mémoire).	<b>1</b>

	<p><b>Ensemble complet permettant l'acquisition des caractéristiques d'une machine de petite puissance (au maximum 500 W)</b> Cet ensemble comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 support de machines permettant l'accouplement d'au moins 2 machines et système d'accouplement associé.</li> <li>• 1 machine à courant continu à polyexcitation.</li> <li>• 1 machine asynchrone triphasée.</li> <li>• 1 machine synchrone triphasée.</li> <li>• 1 frein de charge.</li> <li>• 1 système d'acquisition de mesure de vitesse et de couple.</li> <li>• Des logiciels d'acquisition et de traitement des caractéristiques des machines.</li> </ul> <p><b>Note :</b> Dans le cas où il y aurait plusieurs salles de cours, 1 seul ensemble suffira.</p>	<p><b>1</b></p> <p>(ensemble placé dans le local de collections ou en salle de préparation et de rangement)</p>
--	---	---

## Salle de Cours de Physique Appliquée

### 3.1.1.3. Espace informatique et vidéo



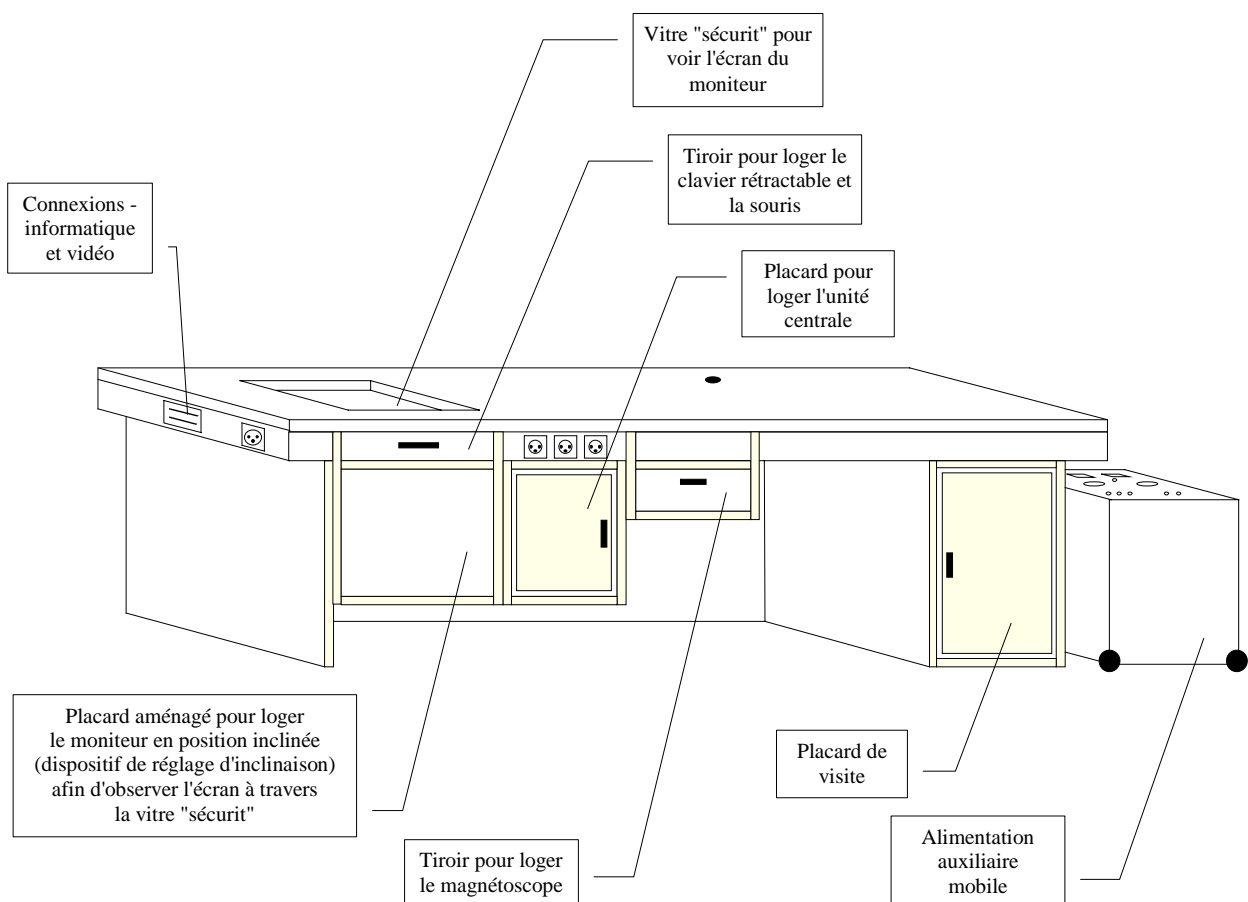
Le dessous du plateau de la paillasse du professeur est aménagé pour recevoir les matériels informatiques et vidéo : placard pour loger le moniteur (écran) de l'ordinateur en position inclinée et réglable, tiroir pour loger le clavier rétractable et la souris, placard pour loger l'unité centrale avec carte d'acquisition de mesures et tiroir pour loger le magnétoscope (voir en page suivante schéma de la paillasse vue côté professeur).

En bandeau : prises de courant judicieusement réparties et connectique adaptée aux matériels informatiques et vidéo.

## Salle de Cours de Physique Appliquée

### Espace informatique et vidéo

#### Exemple d'aménagement de l'espace Informatique et vidéo - Paillasse vue côté professeur -



## Salle de Cours de Physique Appliquée

### 3.1.1.4. Fiche signalétique du local

<b>Effectif usuel</b> : 36 élèves en séance de cours.	<b>Charge d'exploitation</b> : 350 daN/m <sup>2</sup> .
<b>Surface</b>	115 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>	Cette salle fait partie du bloc scientifique de physique appliquée.
<b>Revêtement de sol</b>	Antidérapant. Anti-poussière. Antistatique. Classement U4 P3 E3 C0.
<b>Éclairage artificiel - Occultation</b>	450 lux. Prévoir des rideaux d'occultation contre l'ensoleillement.
<b>Alimentation électrique</b>	<p><b><u>Alimentation en 230/400 V</u></b> - 3 P + N + PE. Conformité aux normes en vigueur et protections adaptées à chacun des circuits. Bouton d'arrêt d'urgence général.</p> <p>L'armoire électrique est conçue de manière à permettre une identification <b>des trois circuits suivants</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>Circuit 400 V triphasé (3 P + N + PE)</u></b> 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><u>Circuits 230 V (1 P + N + PE)</u></b> pour usage général : 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><u>Circuit 230 V (1 P + N + PE)</u></b> pour usage informatique : 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><u>Protections électriques</u></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 <b>sur chacun des trois circuits</b>).</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><b><u>Installation</u></b> conforme à la norme NF C 15-100.</p>

## Salle de Cours de Physique Appliquée

<b>Alimentation électrique (suite)</b>	<b>Connectique en bandeau et connectique :</b> Connexions : voir rubrique pour la paillasse professeur. Connectique, câblage : voir rubrique pour la paillasse professeur. Installation conforme à la norme NF C 15-100. <b>Autre circuit 230 V</b> (1 P + N + PE) pour usage général domestique : prises de courant à obturateur judicieusement réparties sur les murs de la salle.
<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>Ventilation/extraction</b>	La ventilation naturelle doit être suffisante.
<b>Protections</b>	Anti-effraction + alarme.
<b>OBSERVATION : 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.</b>	

### **3.1.2. Laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques**

#### **3.1.2.1. Les principes organisationnels**

Textes de références :

- Loi n° 91-1 du 3 janvier 1991 soumettant les ateliers des établissements dispensant un enseignement technique ou professionnel à l'application des chapitres II, III et IV du titre III, livre II du Code du travail.
- Décret 88-1056 du 14 novembre 1988 définissant, pour exécution du livre II du Code du travail, les mesures à mettre en œuvre pour assurer la protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques.
- Arrêté du 13 décembre 88 fixant des dispositions particulières applicables à certains laboratoires, plates - formes d'essais et ateliers pilotes.
- Circulaire 93-306 du 26 novembre 1993 (B.O.E.N. n° 37) : la notion d'atelier s'étend à tout lieu où est dispensé un enseignement pratique.
- Note de service n° 97-018 du 15 janvier 1997 (B.O.E.N. n° 4) : formation à la protection des risques électriques.

#### **3.1.2.2. Classement du laboratoire de physique appliquée**

L'analyse des activités réalisées dans les zones laboratoires de physique appliquée (électronique de puissance et machines électriques) conduit à classer ces locaux selon l'article 22 du décret 88-1056 ; de ce fait, ils sont soumis aussi aux articles 23 à 27 de ce décret.

Ces locaux se voient également appliquer l'arrêté du 13 décembre 1988 (notamment articles 5, 6, 8 et 9).

Certains des travaux demandés dans ces locaux sont des travaux au voisinage de la basse tension (B.T.A.) (Publication UTE C 18-510 § 2.5.3.).

Il est rappelé que l'arrêté du 13 décembre 1988 dans son article 6. - III. mentionne que :

*"Des dispositifs lumineux doivent signaler en permanence la présence ou l'absence de tension sur chacun des points d'alimentation. ..."*

#### **3.1.2.3. Spécifications fonctionnelles**

La Section III du décret 88-1056 précise en matière de locaux et d'emplacement de travail à risques particuliers de choc électrique que ces locaux et emplacements de travail :

*"doivent être désignés et délimités clairement. ..."* (article 23).

*"que leur accès est strictement réservé aux personnes autorisées. ..."* (article 24).

*"que des pancartes signalent l'existence de parties actives sous tension ..."* (article 26-1°).

*"qu'ils sont organisés de manière à laisser une aisance en rapport avec les travaux réalisés ..."* (article 26-3°).

## ***Laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques***

### **3.1.2.4. Caractéristiques ergonomiques du laboratoire**

Les contraintes évoquées ci-dessus conduisent à proposer un laboratoire d'environ 120 m<sup>2</sup> pour 8 postes de travail.

Un espace de préparation et de rangement d'environ 24 m<sup>2</sup> et une salle de travail et de documentation scientifique doivent être prévus en sus.

### **3.1.2.5. Poste de travail en physique appliquée**

Pour la physique appliquée de la section STI génie électrotechnique, chaque poste de travail est constitué :

- . d'une table technique de travail pourvue d'un équipement électrique,
- . d'une table de rédaction séparée.

Les locaux étant organisés dans les conditions de l'article 26-3° du décret 88-1056, chaque table technique de travail est prévue pour 2 élèves seulement.

### **3.1.2.6. Protection contre les risques d'incendie**

L'activité inhérente au laboratoire induit l'application du Code du Travail pour ce qui concerne le respect des règles de sécurité des conditions de travail sur les matériels mis à disposition des élèves.

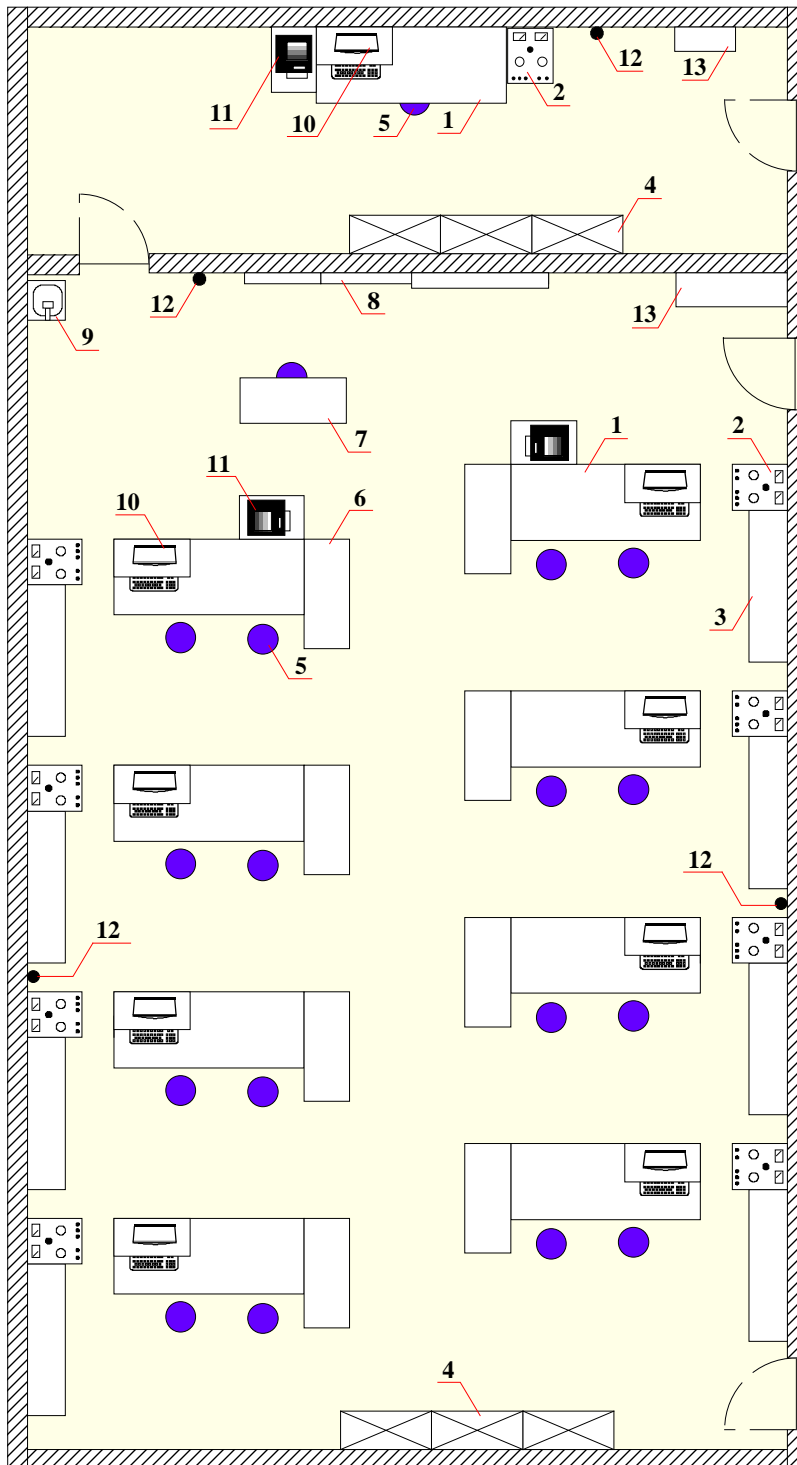
En outre le local étant inclus dans un établissement recevant du public et accueillant lui-même des élèves est soumis à l'arrêté du 25 juin 1980 modifié relatif à la protection contre l'incendie dans les établissements recevant du public complété par l'arrêté du 4 juin 1992 modifié pour ce qui concerne les établissements d'enseignement.

**Laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques**

**3.1.2.6. Exemple d'aménagement du laboratoire et du local technique**

Superficie du laboratoire : de l'ordre de 116 m<sup>2</sup> (8,40 m × 13,80 m)

Superficie de la salle de préparation et de rangement : de l'ordre de 24 m<sup>2</sup> (8,40 m × 2,80 m)



NOMENCLATURE GÉNÉRALE	
1	Table technique de travail 2,5 m × 1 m
2	Alimentation auxiliaire
3	Banc de machine électrique - 1,60 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
10	Ordinateur dédié expérimentation
11	Imprimante
12	Dispositifs de coupure d'urgence (pour mémoire)
13	Armoire électrique (pour mémoire)

## Laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques

### 3.1.2.7. 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. <b>Note :</b> l'étagère de la table technique reçoit, entre autres l'outil informatique, notamment l'unité centrale, le clavier et l'écran.</p> <p><u>Alimentation électrique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur bandeau (ou murale suivant disposition) : ⇒ <b>1 circuit 400 V, 3P + N + PE</b> : 1 prise de courant à obturateur 400V - 3 P + N + PE - 16 A (prise femelle - Indice de protection : IP 44-7).</li> <li>• Sur bandeau : ⇒ <b>1 circuit 230 V, 1P + N + PE</b>, circuit à usage général : 8 prises 16 A à obturateur, régulièrement réparties sur le bandeau. ⇒ <b>1 circuit 230 V, 1P + N + PE</b>, pour matériel informatique : 4 prises 10/16 A à obturateur, différenciées de celles du circuit à usage général et situées au niveau de l'étagère.</li> </ul> <p><u>Commande / protection</u></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 <b>sur chacun des 3 circuits.</b></li> <li>• Boutons d'essais des lampes signalant la présence et l'absence de tension <b>sur les 3 circuits.</b></li> <li>• Coupure d'urgence, à sécurité positive, à clef condamnant l'ensemble du poste.</li> <li>• 1 disjoncteur différentiel <b>sur chacun des 3 circuits.</b></li> <li>• 1 disjoncteur magnéto-thermique <b>sur chacun des 3 circuits.</b></li> </ul>	8
2	<p><b>Alimentation auxiliaire mobile :</b> Alimentation auxiliaire mobile : 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> <p style="padding-left: 40px;">Tension continue variable de 0 à 270 V ; 4 A. Tension continue variable de 0 à 240 V ; 8 A. Tension triphasée variable de 0 à 400 V ; 5 A.</p> <p>Ces trois 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.</p> <p><b>Note :</b> Pour information ces alimentations sont identiques à celle décrite en salle de cours</p>	8
3	<p>Banc de machines électriques. <b>Note :</b> Les machines électriques sont décrites en page 29.</p>	8
4	Armoire de rangement. Encombrement au sol : 1,20 m × 0,50 m environ.	3
5	Chaise	17
6	Table de rédaction pour 2 élèves 1,20 m × 0,60 m.	8
7	Bureau du professeur.	1

**Laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques**

Repère	Désignation et caractéristiques minimales	Quantité
8	<b>Tableau triptyque</b> , face centrale d'environ 2 m × 1,20 m avec deux volets rabattables. Revêtement magnétique et vitrifié. <b>Note</b> : 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.	<b>1</b>
9	<b>Rétroprojecteur</b> , format 30 × 30 cm environ. Sur table support.	<b>1</b>
10	<b>Ordinateur dédié expérimentation pour 2 élèves</b> : La configuration recommandée est la configuration dite « standard du marché » à la date d'acquisition du matériel. A titre d'information, à la date de publication du guide (septembre 1998) on peut considérer comme standard du marché la configuration : Microprocesseur 230 MHz ou plus - RAM : 16 Mo - Mémoire cache : 256 ko - Disque dur de 2 Go ou plus. Un lecteur de disquette 3 1/2 - 3 slots d'extension libres - Écran 15". Un lecteur de cédérom (vitesse × 24). Logiciels tableur, traitement de texte : dernière version en cours.  <b>Avec système d'acquisition de données</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plusieurs entrées analogiques.</li> <li>• Plusieurs sorties analogiques.</li> <li>• E/S logiques.</li> <li>• Et logiciels de commande et d'acquisition des caractéristiques des machines électriques.</li> </ul>	<b>8</b>
11	Imprimante. Avec boîtiers de partage.	<b>4 de préférence.</b>
12	Dispositifs de coupure d'urgence (pour mémoire).	<b>3</b>
13	Armoire électrique (pour mémoire).	<b>1</b>

**3.1.2.8. Fiche signalétique du local**

<b>Effectif usuel</b> : 16 élèves selon la configuration proposée.	<b>Charge d'exploitation</b> : 350 daN/m <sup>2</sup> .
<b>Surface</b>	115 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 communication</b>	1 porte simple (0,93 m × 2,04 m) donnant sur la salle de préparation et de rangement.
<b>Relation de proximité</b>	Cette salle fait partie du bloc scientifique de physique appliquée.
<b>Revêtement de sol</b>	Antidérapant. Anti-poussière. Antistatique. Classement U4 P3 E3 C0.

**Laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques**

<b>Éclairage artificiel</b>	Réglable de 250 à 450 lux sur les tables techniques.
<b>Alimentation électrique</b>	<p><b><u>Alimentation en 230/400V</u></b> - 3 P + N + PE. Conformité aux normes en vigueur et protections adaptées à chacun des circuits. Bouton d'arrêt d'urgence général.</p> <p>L'armoire électrique est conçue de manière à permettre une identification des circuits suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>Circuit 400 V triphasé (3 P + N + PE)</u></b> pour alimenter les prises de courant triphasé situées en bandeau sur les tables techniques. Commande séparée par bouton poussoir à clé. Double signalisation permettant de connaître l'état (sous tension/hors tension) de la ligne.</li> <li>- <b><u>Circuits 230 V (1 P + N + PE)</u></b> pour usage général : 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> <li>- <b><u>Circuit 230 V (1 P + N + PE)</u></b> pour usage informatique : 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><u>Protections électriques</u></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> </ul> <p>Une double signalisation permettra de connaître l'état (sous-tension / hors tension) de chaque ligne.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un disjoncteur différentiel sur chacun des trois circuits.</li> <li>• Un disjoncteur magnéto-thermique chacun des trois circuits.</li> </ul> <p><b><u>Autre circuit 230 V</u></b> (1 P + N + PE) pour usage général domestique : prises de courant à obturateur judicieusement réparties sur les murs de la salle.</p> <p><b><u>Installation</u></b> conforme à la norme NF C 15-100.</p>
<b>Réseaux</b>	<p>Prises pour relier les postes informatiques aux réseaux télématique, informatique et vidéo, internes ou externes à l'établissement, en particulier l'Internet.</p> <p>Une ligne téléphonique et un poste téléphonique sont obligatoires.</p> <p>Un interphone permet la liaison directe avec les autres locaux du bloc scientifique.</p>
<b>Protections</b>	Anti-effraction + alarme.
<b>OBSERVATION : Aucune discipline autre que la physique appliquée ne doit être enseignée dans ce laboratoire.</b>	

## 3.2. LES LOCAUX TECHNIQUES

### 3.2.1. Salle de Préparation et de Rangement

#### 3.2.1.1. Exemple d'aménagement

Cette salle d'une superficie d'environ 24 m<sup>2</sup> est contiguë au laboratoire d'électronique de puissance et de machines électriques. Voir schéma de la salle en page 18.

#### 3.2.1.2. Équipements conseillés

Repère	Désignation et caractéristiques minimales	Quantité
1	<b>Table technique de préparation</b> (avec chaise) Table identique aux 8 tables techniques de travail équipant le laboratoire (cf. page 19).	<b>1</b>
2	<b>Alimentation auxiliaire mobile</b> Matériel identique aux 8 alimentations auxiliaires équipant le laboratoire (cf. page 19).	<b>1</b>
4	Armoire de rangement avec serrure de sûreté. Encombrement au sol : 1,20 m × 0,50 m environ.	<b>3</b>
10	Ordinateur dédié expérimentation (caractéristiques voir page 20).	<b>1</b>
11	Imprimante.	<b>1</b>
12	Dispositifs de coupure d'urgence (pour mémoire).	<b>1</b>
13	Armoire électrique (pour mémoire).	<b>1</b>
	Une perceuse et un lot d'outillage de maintenance (clés, tournevis, fer à souder, ...).	

#### 3.2.1.3. Fiche signalétique du local

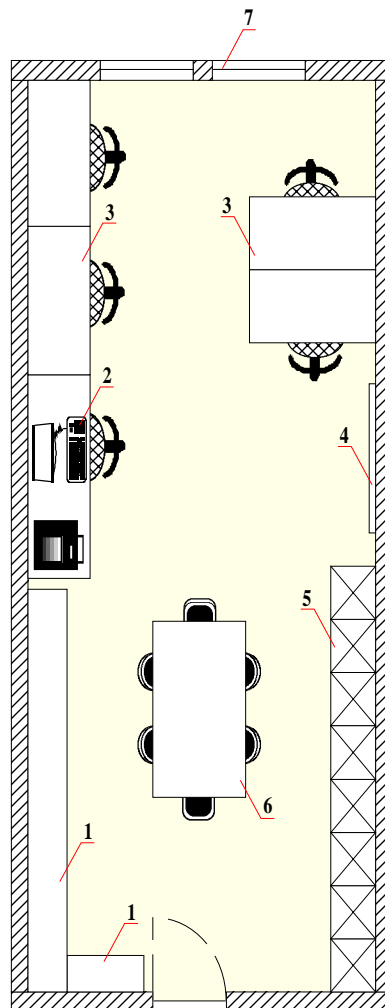
<b>Effectif usuel</b> : 2 personnes	<b>Charge d'exploitation</b> : 350 daN/m <sup>2</sup> .
<b>Surface</b>	24 m <sup>2</sup> environ.
<b>Hauteur sous plafond</b>	2,50 m à 3 m.
<b>Accès</b>	1 porte (0,93 m × 2,04 m).
<b>Relation de communication</b>	1 porte simple (0,93 m × 2,04 m) donnant sur le laboratoire.
<b>Relation de proximité</b>	Cette salle fait partie du bloc scientifique de physique appliquée.
<b>Revêtement de sol</b>	Antidérapant. Anti-poussière. Antistatique. Classement U4 P3 E3 C0.
<b>Éclairage artificiel</b>	450 lux sur la table de préparation.
<b>Alimentation électrique</b>	<u>Les caractéristiques de l'alimentation électrique de ce local sont similaires à celles du laboratoire (cf. page précédente).</u>
<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.
<b>Protections</b>	Anti-effraction + alarme.

### 3.2.2. SALLE de TRAVAIL et de DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE

Le bloc scientifique de physique appliquée doit enfin comporter une salle de travail et de documentation scientifique dans laquelle un professeur peut s'isoler, mettre au point un document, corriger des copies ou recevoir une ou deux personnes sans être trop éloigné des salles où il travaille habituellement. La salle est équipée d'étagères, d'une bibliothèque, d'un présentoir à revues et d'un bureau sur lequel se trouve un poste informatique. Un petit meuble fermant à clef conserve des documents en toute sécurité (dossiers d'élèves, disquettes, ...).

#### 3.2.2.1. Exemple d'aménagement

Superficie : de l'ordre de 48 m<sup>2</sup> (12 m × 4 m)



#### NOMENCLATURE

1	Rayonnages pour documentation	5	Placards individuels
2	Poste informatique bureautique relié au réseau	6	Table de réunion + chaises 2 m × 1,20 m
3	4 bureaux 1,60 m × 0,80 m	7	Fenêtres (pour mémoire)
4	Panneau d'affichage	8	

**SALLE de TRAVAIL et de DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE**

**3.2.2.2. Liste des équipements conseillés**

Pour ce local la liste des équipements n'est pas détaillée, se reporter à la description générale de la salle et à la nomenclature générale de la page précédente.

**3.2.2.3. Fiche signalétique du local**

	<b>Charge d'exploitation : 350 daN/m<sup>2</sup>.</b>
<b>Surface</b>	40 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>	Voir exemple d'implantation en page suivante (plan de masse).
<b>Relation de proximité</b>	Cette salle fait partie du bloc scientifique de physique appliquée.
<b>Revêtement de sol</b>	Antidérapant. Anti-poussière. Antistatique. Classement U4 P3 E3 C0.
<b>Éclairage artificiel</b>	Réglable de 300 à 450 lux.
<b>Fluides</b>	Néant.
<b>Alimentation électrique</b>	<p><b>Alimentation en 230 V monophasé</b> (phase + neutre + protecteur équipotentiel).</p> <p>Prises de courant à obturateur 10/16 A - 1 P + N + PE :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réparties en fonction de l'implantation des matériels informatiques.</li> <li>- sur chaque mur prévoir une ou deux prises supplémentaires.</li> </ul> <p>Protections adaptées aux différents circuits.</p> <p>L'installation doit permettre la mise en fonctionnement ou non de chacun des différents circuits électriques.</p> <p><b>Autre circuit 230 V</b> (1 P + N + PE) pour usage général domestique : prises de courant à obturateur judicieusement réparties sur les murs de la salle.</p> <p>Installation conforme à la norme NF C 15-100.</p>
<b>Réseaux</b>	<p>Prises pour relier le postes informatique aux réseaux télématique, informatique et vidéo, internes ou externes à l'établissement, en particulier l'Internet.</p> <p>Une ligne téléphonique et un poste téléphonique.</p> <p>Un interphone permet la liaison directe avec les autres locaux du bloc scientifique.</p>
<b>Ventilation/extraction</b>	La ventilation naturelle doit être suffisante.
<b>Protections</b>	Anti-effraction + alarme.
<b>OBSERVATION :</b>	
Ce local peut être utilisé par des professeurs de physique-chimie ou par des professeurs de techniques industrielles de la filière.	

### 3.3. EXEMPLE d'ORGANISATION du BLOC SCIENTIFIQUE de PHYSIQUE APPLIQUÉE

Avec une hypothèse de 2 divisions de première et de 2 divisions de terminale STI génie électrotechnique, dans le cadre des programmes actuels et dans l'hypothèse de 2 groupes par division, l'horaire hebdomadaire d'enseignement de physique appliquée est de 36 heures dont 24 heures de travaux pratiques organisées sur 8 demi-journées au laboratoire.

Dans le cadre de cette hypothèse, le bloc scientifique de physique comprend :

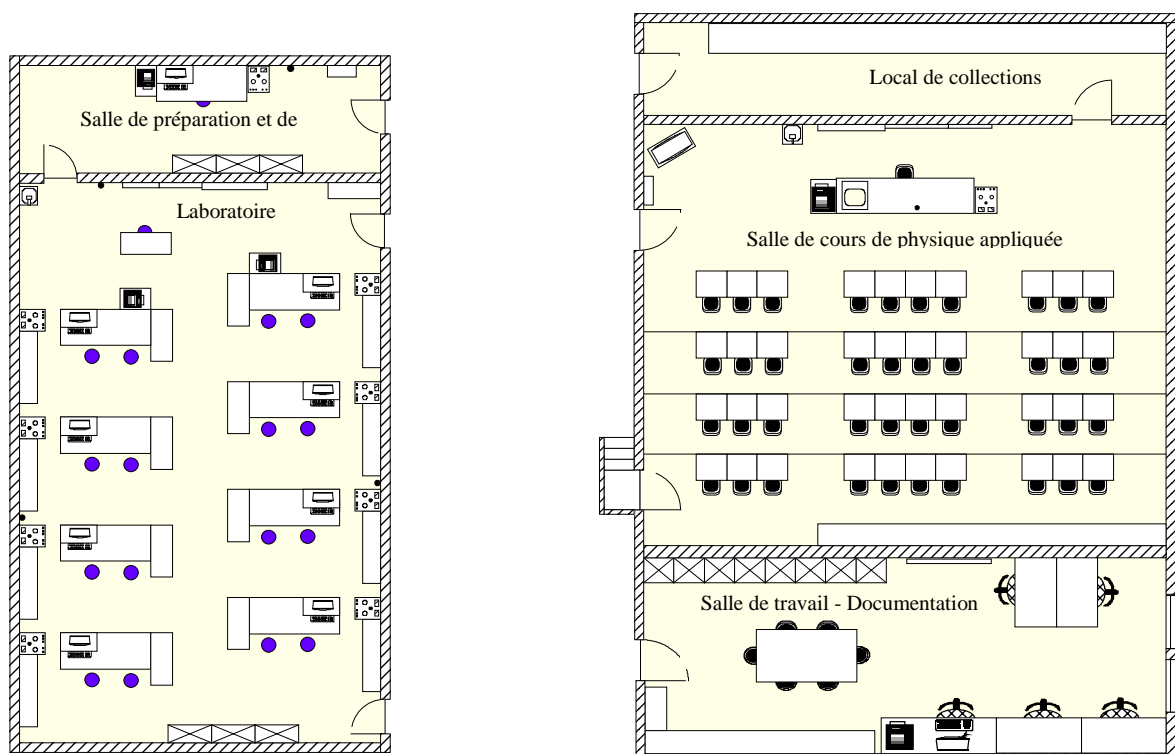
- Une salle d'enseignement de 110 à 115 m<sup>2</sup> avec un local de collections de 20 m<sup>2</sup> environ
- Un laboratoire d'électronique de puissance et de machine électrique de 120 m<sup>2</sup> environ
- Une salle de préparation et de rangement de 24 m<sup>2</sup> environ
- Une salle de travail et de documentation de 48 m<sup>2</sup> environ.

Selon cette hypothèse, les locaux d'enseignement restent disponibles pour accueillir :

- en salle de cours toute autre filière STI de l'établissement pour les cours de physique appliquée,
- au laboratoire toutes les filières nécessitant un laboratoire d'électronique et de machines électriques (filières STI génie mécanique, génie civil, génie énergétique et aussi les classes de BTS correspondantes).

#### PLAN DE MASSE

Exemple de disposition



## **4. LISTE DES ÉQUIPEMENTS MATÉRIEL pour l'ENSEIGNEMENT de la PHYSIQUE APPLIQUÉE**

Cette liste correspond au matériel nécessaire à la réalisation de travaux pratiques et d'expériences de cours. Certains de ces équipements peuvent déjà être présents dans le bloc de physique-chimie.

Lorsque d'autres sections STI existent dans l'établissement, une bonne partie du matériel peut déjà être présent, néanmoins une adaptation sera sans doute nécessaire, notamment en ce qui concerne la puissance des machines électriques.

**Il va de soi que ce matériel doit répondre aux normes en usage au moment de l'acquisition ; en particulier tous ces matériels possèdent, entre autres, des bornes de sécurité.**

Elle comprend :

- les matériels de connectique
- les instruments de mesure et appareils de physique
- les machines électriques.
- les charges
- les éléments de réglage
- les matériels d'électronique de puissance
- les maquettes d'étude d'électronique.

## LISTE DES ÉQUIPEMENTS

### 4.1. CONNECTIQUE

<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
<b>Lot 10 cordons de sécurité</b> avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de Ø à reprise arrière, fourreau non rétractable (double puits) - longueur : 0,25 m.	<b>15</b>
<b>Lot 10 cordons de sécurité</b> avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de Ø à reprise arrière, fourreau non rétractable (double puits) - longueur : 0,50 m.	<b>15</b>
<b>Lot 10 cordons de sécurité</b> avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de Ø à reprise arrière, fourreau non rétractable (double puits) - longueur : 1 m.	<b>10</b>
<b>Lot 10 cordons de sécurité</b> avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de Ø à reprise arrière, fourreau non rétractable (double puits) - longueur : 1,50 m.	<b>5</b>
<b>Lot 10 cordons de sécurité</b> avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de Ø à reprise arrière, fourreau non rétractable (double puits) - longueur : 2 m.	<b>5</b>
<b>Râtelier</b> pour cordon de sécurité.	<b>10</b>

### 4.2. MESURAGE et APPAREILS

<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
<b>Tube à déflexion magnétique et électrostatique :</b> Appareil complet avec tube, statif, bobines d'Helmoltz et <b>une alimentation 5 kV continu - 3 mA</b> , avec point milieu.	<b>1</b>
<b>Solénoïde :</b> Solénoïde dit "infiniment long" à deux enroulements dont l'un comporte plusieurs sorties intermédiaires.	<b>8</b>
<b>Teslamètre avec sonde de Hall</b>	<b>8</b>
<b>Appareil pour l'étude de la loi de Laplace :</b> Ensemble complet comprenant un fil vertical, deux rails avec cylindre et deux aimants en U.	<b>1</b>
<b>Chronomètre</b>	<b>8</b>
<b>Luxmètre</b>	<b>2</b>
<b>Fluxmètre</b>	<b>2</b>
<b>Lot d'aimants</b>	<b>1</b>

## LISTE DES ÉQUIPEMENTS

### 4.2. MESURAGE et APPAREILS (suite)

Désignation et caractéristiques minimales	Quantité
<b>Thermomètre avec capteurs de contact</b>	2
<b>Pince numérique multifonctions (wattmètres), RMS vrai</b>	9
<b>Pince ampèremétrique (sondes de courant) calibre minimal 50 mA</b>	9
<b>Oscilloscopes numériques :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Entrées avec sondes différentielles intégrées ou non intégrées.</li><li>• Sortie pour traceur.</li><li>• Bande passante 0 - 20 MHz.</li><li>• Déclenchement sur chacune des voies.</li></ul>	9
<b>Générateur de fonctions :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Multifonctions.</li><li>• Fréquence 0,1 Hz - 2 MHz.</li><li>• Offset réglable.</li><li>• Rapport cyclique variable, à fréquence constante.</li><li>• Vobulation interne.</li><li>• Affichage numérique de la fréquence.</li></ul>	9
<b>Alimentation stabilisée double :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 0 - 30 V.</li><li>• 0 - 2 A.</li><li>• contrôlée en tension et en courant.</li><li>• avec affichage numérique</li></ul>	12
<b>Alimentation de puissance :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 0 - 15V.</li><li>• 0 - 10 A.</li></ul>	1
<b>Multimètre numériques de table TRMS :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 2000 points.</li><li>• Bande passante : 10 Hz - 10 kHz.</li></ul>	9
<b>Multimètre portable :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 2000 points.</li><li>• Bande passante : 10 Hz - 10 kHz.</li></ul>	18
<b>Traceur numérique</b> pour oscilloscope numérique et ordinateur.	2
<b>Stroboscope électronique</b>	1
<b>Tachymètre électronique</b>	1

**Note :** Les choix des appareils de mesure privilégieront les appareils pourvus d'une sortie pour les connecter à un ordinateur.

## LISTE DES ÉQUIPEMENTS

### 4.3. MACHINES ÉLECTRIQUES

<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
<b>Machine à courant continu à excitation séparée</b> de puissance comprise entre 1 et 2 kW	<b>4</b>
<b>Machine à excitation série</b> de puissance comprise entre 1 et 2 kW	<b>1</b>
<b>Frein à poudre ou de Foucault</b>	<b>4</b>
<b>Capteur de couple et module d'affichage</b>	<b>4</b>
<b>Moteur asynchrone triphasé, à cage</b> , de puissance comprise entre 1 et 2 kW	<b>4</b>
<b>Machine synchrone triphasée</b> de puissance comprise entre 1 et 2 kW	<b>4</b>
<b>Support de machines</b> (3 machines)	<b>8</b>
<b>Système d'accouplement</b>	<b>16</b>
<b>Chaise de transport à roulettes</b> pour 3 machines	<b>8</b>
<b>Dynamo tachymétrique avec module d'affichage</b>	<b>8</b>
<b>Variateur C. A./C. C. monophasé pilotable</b> , de puissance compatible avec celle des machines ci-dessus.	<b>2</b>
<b>Variateur C. A./C. A. à fréquence variable</b> , de puissance compatible avec celle des machines ci-dessus.	<b>2</b>
<b>Transformateur monophasé</b> 400 VA 230 V / 110 V avec disjoncteur différentiel associé.	<b>8</b>
<b>Transformateur à secondaire variable isolé 0 à 250 V - 400 VA</b> avec disjoncteur différentiel associé.	<b>1</b>
<b>Transformateur triphasé</b> 400 VA, 230/110 V par colonne, avec disjoncteur différentiel triphasé associé.	<b>1</b>
<b>Pour mémoire</b> : Banc mobile d'acquisition des caractéristiques de machines de petite puissance (500 W maximum) pour salle de cours (voir fiche équipement de la salle de cours).	<b>1</b>

### 4.4. CHARGES

<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
<b>Inductance triphasée variable</b> 1,5 kvar	<b>4</b>
<b>Charge capacitive</b> 2 kvar	<b>1</b>
<b>Inductance de lissage</b> lot : 0,03 - 0,1 - 0,3 - 1 H 5 A	<b>2</b>
<b>Banc de charges résistives</b> 2 kW, triphasé	<b>4</b>

## LISTE DES ÉQUIPEMENTS

### 4.5. ÉLÉMENTS de RÉGLAGE

<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
<b>Inductance variable 0,1 H à 1 H</b>	<b>4</b>
<b>Rhéostat environ 650 W - 4,5 A environ.</b>	<b>1</b>
<b>Boîtes de condensateurs :</b> à décades, 100 pF à 10 µF. Tensions maximales : 400 V en continu et 250 V en alternatif.	<b>4</b>
<b>Série de boîtes de résistances à décades :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Décade de 0,1 Ω à 1 Ω - intensité maximale : 1 A environ.</li> <li>. Décade de 1 Ω à 10 Ω - intensité maximale : 750 mA environ.</li> <li>. Décade de 10 Ω à 100 Ω - intensité maximale : 250 mA environ.</li> <li>. Décade de 100 Ω à 1 kΩ - intensité maximale : 75 mA environ.</li> <li>. Décade de 1 kΩ à 10 kΩ - intensité maximale : 25 mA environ.</li> <li>. Décade de 10 kΩ à 100 kΩ - intensité maximale : 7,5 mA environ.</li> <li>. Décade de 100 kΩ à 1 MΩ - intensité maximale : 2 mA environ.</li> <li>. Décade de 1 MΩ à 10 MΩ - intensité maximale : 0,2 mA environ.</li> </ul>	<b>4</b>

### 4.6. ÉLECTRONIQUE de PUISSANCE

<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
<b>Bancs didactiques permettant les études suivantes :</b>	
• Redressement monophasé non commandé.	<b>8</b>
• Redressement monophasé commandé.	<b>8</b>
• Alimentation à découpage.	<b>8</b>
• Hacheur (compatible avec les charges prévues dans la salle).	<b>8</b>
• Onduleur (compatible avec les charges prévues dans la salle).	<b>8</b>
<b>Banc didactique sur un asservissement de vitesse</b>	<b>2</b>

### 4.7. ÉLECTRONIQUE (maquettes d'étude)

<i>Désignation et caractéristiques minimales</i>	<i>Quantité</i>
<b>Maquette d'étude :</b> Platine électronique et composants permettant l'étude des fonctions électroniques du programme.	<b>8</b>