

Établissements d'enseignement supérieur à finalité professionnelle

par **Philippe CHARDIN**

Ingénieur ETP

Docteur 3^e cycle

Master of Science

Professeur associé

Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris

1. Développement des grandes écoles	C 4 020 - 2
1.1 Introduction	— 2
1.2 Projets de développement	— 2
2. Études préliminaires à l'opération de construction.....	— 3
2.1 Projet de financement	— 3
2.2 Avant-projet de budget de fonctionnement	— 3
2.3 Organisation interne de l'établissement	— 4
2.4 Optimisation de l'investissement	— 4
3. Programmation	— 4
3.1 Programmation des salles (nombre, surfaces, équipements)	— 4
3.2 Programmation des moyens extra-pédagogiques	— 9
3.3 Programmation des moyens techniques	— 10
3.4 Numérotation des salles	— 14
3.5 Organisation des clés et des passes	— 14
4. Conception du schéma d'organisation et architecture générale du projet	— 14
4.1 Nature et situation de l'espace disponible	— 14
4.2 Fonctionnement interne	— 14
4.3 Intervention des règles de sécurité dans la conception	— 16
4.4 Importance de la conception technique	— 17
5. Déroulement de l'opération de construction	— 17
5.1 Rôle du maître d'ouvrage	— 17
5.2 Rôle de la maîtrise d'œuvre	— 17
5.3 Autres intervenants	— 18
5.4 Rôle des intervenants	— 19
5.5 Équipement de l'établissement	— 19
6. Exploitation et maintenance des équipements	— 19
6.1 Importance de la conception	— 19
6.2 Maintenance interne	— 20
6.3 Logements d'astreinte	— 20
6.4 Interventions extérieures	— 20
6.5 Autres coûts de fonctionnement	— 21
Références bibliographiques	— 21

L'enseignement supérieur technique et professionnel français est composé d'une mosaïque d'institutions extrêmement diversifiées qui diffèrent les unes des autres par la tutelle administrative, la finalité des enseignements, la nature du diplôme délivré, le statut des enseignants...

Chacune de ces caractéristiques se retrouve dans l'organisation et le fonctionnement de l'établissement, donc rejaillit sur le programme. Toute réalisation est donc spécifique.

Les architectes et bureaux d'études maîtrisent en général parfaitement chacune des technologies utilisées dans la construction, et c'est seulement au niveau de la cohérence de l'ensemble avec les objectifs du programme, parfois mal exprimés ou trop implicites, que se rencontrent les difficultés.

Dans ce domaine, une bonne réalisation résulte toujours de la rencontre d'un bon maître d'ouvrage, d'un bon programme et d'un bon architecte. Ce regroupement doit être voulu et assumé dès le départ. Un responsable de projet assurera cette coordination, qui lui sera en général dévolue du fait de sa maîtrise des programmes d'enseignement associée à une bonne expérience de gestionnaire. Aussi, autant que l'architecte et le bureau d'études, aura-t-il besoin d'être informé des questions qui vont se poser tout au long du projet et de sa réalisation. C'est dans cette intention qu'a été établi le présent article, qui, s'il permet aux intervenants d'éviter une quelconque erreur, aura parfaitement rempli son objectif.

Bien entendu, ces pages n'ont pas l'ambition de se substituer au descriptif technique qui sera réalisé par le maître d'œuvre, ni même au cahier des charges à rédiger par le maître d'ouvrage. Ce texte a d'abord pour but de donner aux responsables d'un projet les éléments nécessaires à une première appréciation et un guide de la marche à suivre. Ensuite, il traite des parties spécifiques aux établissements d'enseignement supérieur à finalité professionnelle et tout particulièrement des points habituellement négligés lors de la conception.

1. Développement des grandes écoles

1.1 Introduction

Les grandes écoles ont une histoire bicentenaire marquée par de grandes variétés de statuts. Les autres formations supérieures à finalité professionnelle, qu'elles soient universitaires ou privées, tentent généralement de s'approcher du « modèle grande école », sinon par le statut, du moins par les moyens matériels mis en œuvre.

La politique suivie ces dernières années a pour but d'augmenter considérablement le nombre des élèves dans les formations supérieures techniques, certaines prévisions faisant état d'un doublement des effectifs entre 1990 et l'an 2000.

La figure 1 donne l'évolution actuelle du nombre d'étudiants, donc des surfaces construites, pour les IUT, écoles d'ingénieurs et écoles de commerce.

1.2 Projets de développement

1.2.1 Étendue des besoins

Les projets actuels montrent que les écoles d'ingénieurs ont une surface de 20 à 25 m² par élève (comprenant bibliothèque, restaurant, gymnase), tandis que les universités et les écoles de commerce ont de 10 à 12 m² par élève.

D'ici l'an 2000, l'accroissement de 5 000 diplômés ingénieurs, 5 000 diplômés tertiaire, 10 000 DUT technique et 10 000 DUT tertiaire aboutirait à une demande de près de 1 million de mètres carrés. Cela correspond sensiblement à la surface occupée actuellement par les formations d'ingénieurs, mais est inférieur au

plan Université 2000 (1,5 million de mètres carrés sur 5 ans). Il faut noter que les surfaces que l'Éducation nationale consacre à l'enseignement supérieur occupent plus de 10 millions de mètres carrés.

À titre indicatif, les investissements liés au plan Université 2000 représentent 32 milliards de francs, partagés à égalité entre l'État et les collectivités locales, pour la seule période 1991-1995.

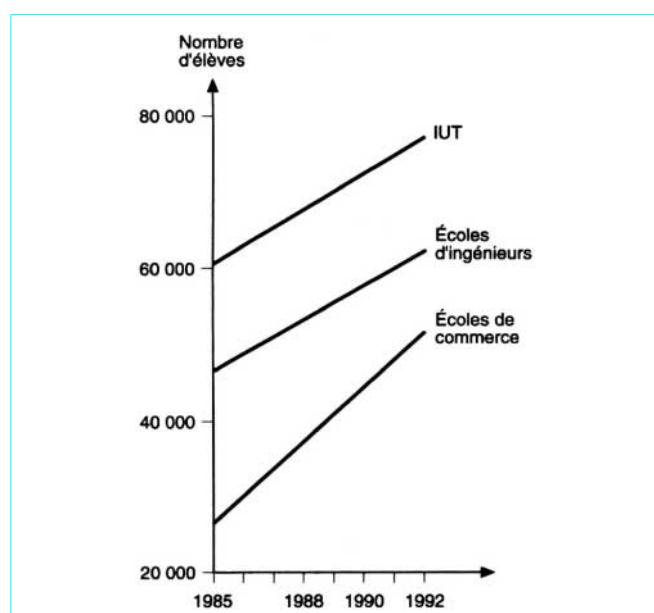


Figure 1 – Accroissement du nombre d'étudiants

1.2.2 Accroissement de l'existant

De nombreuses grandes écoles ont des projets d'accroissement de capacité, soit sur place lorsque l'implantation le permet, soit par redéploiement sur de nouvelles implantations. L'École des Mines est déjà présente à Évry, Fontainebleau et Valbonne, l'École des Ponts et Chaussées à Marne-la-Vallée, l'École Supérieure d'Électricité à Rennes et à Metz. Actuellement, l'École des Mines prévoit de multiplier ses effectifs par 2,3 et crée de nouvelles écoles à Nantes et Albi, l'ENSA (École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers) a en projet la création de 5 nouveaux centres.

Parallèlement les écoles de statut consulaire ou privé créent des filiales comme : l'ESIEE (École Supérieure d'Ingénieurs en Électrotechnique et Électronique) à Amiens, l'ISEN (Institut Supérieur d'Électronique du Nord) à Toulon, l'ESIGELEC (École Supérieure d'Ingénieurs en Génie Électrique) à Fontainebleau et Saint-Nazaire, tandis que des formations universitaires d'ingénieurs migrent sur d'autres universités comme l'ESSTIN (École Supérieure des Sciences et Technologies de l'Ingénieur de Nancy) à Nice.

Dans le tertiaire, HEC fait passer ses effectifs de 900 à 1 500 élèves et, en province, de nouvelles écoles de commerce se créent sur le modèle École Supérieure de Commerce dans les villes qui en étaient jusqu'alors dépourvues.

1.2.3 Créations nouvelles

Les créations de nouvelles grandes écoles, c'est-à-dire avec demande d'habilitation d'un nouveau titre, se font souvent avec l'aide d'une école apparentée. À court terme, ces écoles prendront leur indépendance.

Les formations d'ingénieurs de type universitaire se créent, en général, avec l'aide d'un autre établissement tel qu'université ou institut polytechnique, et ce n'est que lorsque les effectifs sont devenus conséquents que la nouvelle formation acquiert son autonomie et ses moyens propres. Cela est le cas le plus fréquent, qui représente près des 3/4 des demandes d'habilitation de ces dernières années.

Enfin, quelques rares formations d'ingénieurs essaient de naître seules, sous une impulsion purement locale : Ville, Chambre de Commerce ou Conseil général. C'est évidemment le cas de figure le plus difficile qui ne réussit que s'il y a une ressource locale en étudiants (classes préparatoires) et un débouché potentiel. Ce type de projet est vite amené à associer un grand nombre de partenaires, ce qui ne facilite ni la prise de décision, ni le bon fonctionnement. Une variante peut être l'association d'une formation existante à un nouveau projet plus ambitieux dont elle ne sera qu'un des composants.

2. Études préliminaires à l'opération de construction

2.1 Projet de financement

Avant qu'un projet quelconque ne soit présenté, il est important de pouvoir estimer le coût de l'investissement. Celui-ci sera en partie basé sur le coût de construction de l'établissement similaire le plus récent. Les lignes principales en seront les suivantes.

- **Prix du terrain** (comprenant taxes et frais d'acquisition).
- **Coût de la maîtrise d'ouvrage** : ce coût sera estimé en fonction du mandataire habituellement choisi (Direction de l'Équipement ou Société d'économie mixte). S'il n'y a pas de délégation de maîtrise d'ouvrage, il faudra compter au minimum un responsable de projet, un assistant-comptable et une secrétaire depuis le début du projet jusqu'à un an après la fin prévue des travaux.

■ **Coût de la programmation et de la préparation des dossiers** : il est en général indispensable de recourir à un bureau de programmation qui, sous la direction du responsable de projet, mettra en forme le programme et préparera le dossier de consultation. Il faut compter de 300 000 à 500 000 F TTC suivant l'importance et l'originalité du projet.

■ **Frais de concours** : il s'agit de l'indemnité donnée aux participants non retenus. Elle pourra aller de 50 000 F pour un simple concours sur esquisse, à 200 000 F pour un concours APD, voire à 400 000 F pour un concours conception-construction, le coût de la maquette (100 000 F) devant être ajouté.

■ **Honoraires de la maîtrise d'œuvre** : de 6,5 % à 8,5 % (HT) du coût total des travaux (HT) suivant la difficulté du projet et la notoriété de l'architecte et du bureau d'études.

■ **Autres honoraires** :

— *OPC (Organisation, Planification, Contrôle des coûts)* : indispensable en cas de lots séparés. De 0,85 % à 1 % du coût des travaux ;

— *contrôle technique* : il s'agit du contrôle technique obligatoire (solidité, sécurité). De 0,4 % à 0,5 % du coût des travaux ;

— *contrôle des coûts* : dans le cas où un économiste agréé assure le contrôle des coûts et des situations pour le compte du maître d'ouvrage. Environ 0,6 % du coût des travaux.

■ **Provision pour études diverses, frais de procédures** : il faut prévoir l'intervention éventuelle d'un géomètre, d'un huissier, d'un avocat, d'un cabinet de sécurité, soit 500 000 F.

■ **Assurances** : celles-ci entrent dans 3 catégories :

— responsabilité civile du maître d'ouvrage ;

— tous risques chantiers : indemnise immédiatement l'entreprise de tout sinistre pendant le chantier afin de ne pas interrompre celui-ci ;

— dommages ouvrages : assure la réparation immédiate de tout sinistre couvert par la garantie décennale et intervenant après réception de l'ouvrage.

Bien qu'un établissement public puisse être dispensé de prendre l'assurance dommages ouvrages, il est cependant conseillé de couvrir l'ensemble de ces risques. Compter entre 0,6 % et 0,7 % du coût des travaux (article *Assurances lors de la construction et de l'exploitation* [A 8 880] dans le traité L'entreprise industrielle).

■ **Coût des travaux** : celui-ci est estimé en fonction de réalisations récentes de même standing et de conception similaire. En 1991, on estime que la fourchette allait de 8 500 F/m² SHON TTC pour des bâtiments séparés de type R + 1, à 12 000 F/m² SHON TTC pour un bâtiment de plus de 10 niveaux, situé en plein cœur de ville.

Note : SHON : surface hors œuvre nette.

■ **Coût de l'équipement** : le coût total de l'équipement comprenant l'autocommutateur, les équipements pédagogiques, les équipements sportifs, les mobilier (restauration comprise), l'équipement audiovisuel et l'informatique peut être estimé à 17 500 F TTC par élève pour une grande école de gestion, et de l'ordre de 50 000 F TTC par élève pour une école d'ingénieurs (valeur 1991).

2.2 Avant-projet de budget de fonctionnement

Parallèlement au projet d'investissement, il importe d'établir un avant-projet de fonctionnement. Pour ce faire les responsables du projet doivent se calquer sur un établissement similaire dont le mode de fonctionnement sera admis par toutes les parties prenantes du projet.

Il faudra éviter d'occulter les coûts du personnel pris en charge par l'Éducation nationale, et ne pas se satisfaire de l'assimilation du coût de l'heure de cours au prix de l'heure de vacataire.

Le budget de fonctionnement comportera les chapitres suivants.

■ Dépenses :

- salaires et charges des personnels administratifs et techniques ;
- salaires et charges des personnels enseignants ;
- eau, gaz, électricité ;
- dépenses d'entretien ;
- contrats extérieurs ;
- remboursement des emprunts effectués ;
- location de locaux (gymnase...) ;
- subvention éventuelle au restaurant ;
- achats d'ouvrages, abonnements.

■ Recettes :

- subventions ;
- frais de scolarité ;
- contrats de recherche ;
- divers (location de salles).

2.3 Organisation interne de l'établissement

Il arrive souvent que les premières estimations de budget d'investissement et de fonctionnement du futur projet dépassent considérablement les possibilités de financement. Il importe alors de revoir le dossier et d'examiner toutes les possibilités de partage avec d'autres établissements, en commençant par la restauration et les installations sportives, et en poursuivant par l'examen des salles et laboratoires spécialisés qui ne seraient pas utilisés à pleine charge. Ce genre d'examen aboutit souvent à une mise en commun de cours ou programmes spécialisés entre plusieurs écoles.

Dans le budget de fonctionnement, la charge principale provient du coût du personnel et en particulier des enseignants. Aussi importe-t-il de définir clairement la part qui revient à chaque type d'enseignant parmi les tâches suivantes :

- encadrement pédagogique ;
- enseignement (cours, travaux pratiques, interrogations, corrections) ;
- suivi des stages ;
- suivi des projets ;
- recherche.

Les liens entre les congés scolaires et ceux des enseignants doivent être clairement spécifiés.

Cette définition étant faite, il est important de déterminer la part des activités parapédagogiques qui seront assurées par les enseignants dans le cadre de leurs fonctions, et celles qui devront être assurées par des administratifs spécialisés. On peut citer :

- la gestion des notes ;
- la gestion du concours d'admission ;
- la promotion extérieure de l'école ;
- la liaison avec les entreprises locales.

On tiendra compte du fait que la gestion des notes, des emplois du temps et des concours est désormais grandement facilitée par l'utilisation de l'informatique. Il est désormais possible à l'enseignant de maîtriser toute la gestion périphérique de ses cours, sans que cela lui amène une charge de travail supplémentaire.

Un autre point lourd du budget de fonctionnement est représenté par les charges d'exploitation et de maintenance de l'établissement. Celles-ci comprennent le gardiennage, le nettoyage, le chauffage, les contrats d'entretien des équipements techniques, les contrôles de sécurité...

Pour une école d'ingénieurs construite actuellement, le coût global de la maintenance générale peut être estimé à 180 F TTC/m² · an.

La seule possibilité de minimiser ces coûts est d'avoir constamment à l'esprit, lors de la conception générale de l'établissement, que tout choix a une incidence sur les frais d'exploitation et de maintenance. Cette donnée sera particulièrement prise en compte au paragraphe 3.3 traitant des moyens techniques, et au paragraphe 4 traitant de la conception du schéma d'organisation.

2.4 Optimisation de l'investissement

La plupart des responsables de grandes écoles et de formations universitaires à finalité professionnelle s'accordent pour penser que la taille optimale d'un établissement se situe autour de 1 200 élèves à plein temps. Au-dessous de ce chiffre, il est difficile de rentabiliser les services communs, ainsi que les services techniques et administratifs. Au-dessus de ce chiffre, l'expérience prouve que l'établissement risque de perdre son unité et que le contact direct entre la direction et les enseignants n'est plus possible, d'où la tendance des grands campus à vocation polytechnique à fractionner leurs unités d'enseignement soit par cycles, soit par dominantes.

Le seuil 1 200/1 500 élèves paraît représenter, du moins dans le système français, la frontière entre l'enseignement à encadrement de type grande école, et l'enseignement universitaire traditionnel.

On constate d'ailleurs qu'un grand nombre de projets de construction ou de reconstruction de grandes écoles se situent entre 1 000 et 1 200 élèves.

Ainsi tous les éléments cités dans cette étude feront référence à un projet de type école d'ingénieurs de capacité 1 000/1 200 élèves, dont la surface de planchers sera de l'ordre de 25 000 m² SHON.

Le ratio m²/élève est évidemment variable en fonction de la place consacrée à la recherche. Celui qui est ici considéré ne prend en compte que des laboratoires d'application et des projets de dernière année. Au cas où le programme prévoit explicitement la création de laboratoires de recherches destinés aux 3^e cycles et préparations de thèses, les surfaces nécessaires sont à compter en plus.

Tout programme de grande école doit explicitement envisager les possibilités d'extension que ce soit en effectifs ou en nouveaux domaines d'intérêts. Il doit, en particulier, envisager des évolutions dans le domaine de la recherche. Ces possibilités d'extension devront être prises en compte par le cahier des charges.

Les établissements de type IUT et écoles de commerce peuvent faire l'objet du même traitement que les écoles d'ingénieurs, mis à part les spécificités telles que recherche ou laboratoires de travaux pratiques.

3. Programmation

3.1 Programmation des salles (nombre, surfaces, équipements)

Ce paragraphe est consacré à la définition des salles faite par le maître d'ouvrage, avec le concours éventuel d'un *programmiste*. Sur les bases des descriptifs ainsi réalisés le maître d'œuvre établira les cahiers des charges, CCAP (Cahier des Clauses Administratives Particulières) et CCTP (Cahier des Clauses Techniques Particulières), relatifs à chacun des lots.

En ce qui concerne les aménagements de second œuvre et les éléments caractéristiques suivants :

- éclairage ;
- isolation acoustique ;
- peinture ;
- revêtement de sols ;
- cloisons et faux plafonds ;

les programmes d'enseignement supérieur n'ont pas de spécificités autres que celles qui sont communes à tous les établissements scolaires. Aussi, tant la maîtrise d'ouvrage que la maîtrise d'œuvre feront-elles référence au Cahier des Recommandations Techniques : Constructions scolaires, publié par le ministère de l'Éducation nationale [3]. Les descriptifs techniques s'inspireront de ce document, ou du moins lui feront expressément référence.

En ce qui concerne les surfaces des locaux, une tentative de normalisation avait été faite par la Direction des enseignements supérieurs en 1976 [4], mais ce document, qui exclut les IUT et les écoles d'ingénieurs de son champ d'application, n'est plus à considérer en tant que norme.

3.1.1 Salles de cours

La salle de cours est le premier support de la pédagogie. À la différence des lycées où chaque section possède sa propre salle, l'enseignement supérieur utilise en général les salles de cours de manière banalisée à l'aide d'une programmation centralisée. Les grandes écoles ont un module de base compris entre 20 et 30 élèves, le plus souvent 24. Les travaux dirigés, les travaux pratiques et certains cours spécialisés se font donc avec un effectif limité, alors que les amphithéâtres accueillent pour les cours magistraux l'ensemble ou une partie seulement de la promotion totale.

Pour fixer le nombre de salles de cours, il est nécessaire de connaître avec précision le nombre d'heures d'utilisation sur la totalité de l'année universitaire, soit au moins 32 semaines. Il importe également de bien connaître le mode de fonctionnement de l'école afin de pouvoir éventuellement l'influencer par cette fixation du nombre de salles. Ainsi, une école dont tous les élèves passeraien le même trimestre soit en stages, soit à l'étranger, aurait un mode de fonctionnement inacceptable. Compte tenu des contraintes particulières à l'enseignement supérieur, le taux d'occupation des salles de cours sur 32 semaines, en journée, et du lundi matin au vendredi soir, doit se situer entre 60 et 80 %. C'est au responsable du projet d'apprécier et de justifier le taux obtenu. Si celui-ci diffère du taux demandé par l'école, il devra entamer une concertation en vue d'améliorer son mode de fonctionnement.

Avant de prendre cette décision, il prendra en compte la charge des salles en cours du soir et la possibilité de location à des groupes extérieurs durant les périodes d'inoccupation, en veillant toutefois à ce que cet argument ne soit pas utilisé de manière indue.

En ce qui concerne la capacité des salles, l'Éducation nationale conseille, dans le cas du **second degré**, les valeurs du tableau 1.

Toujours pour le second degré, l'Éducation nationale préconise des tables pour deux élèves de $1,30 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ et pour un élève de $0,70 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$. Compte tenu des besoins propres à l'enseignement supérieur (par exemple : travaux dirigés avec micro-ordinateur portatif), il est conseillé de retenir un type de table de dimension $1,30 \text{ m} \times 0,65 \text{ m}$ ou $1,40 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$. Les éventuelles tables individuelles correspondantes auront une largeur de $0,65 \text{ m}$ ou $0,70 \text{ m}$. Ces tables seront à dégagement latéral, c'est-à-dire avec un seul piétement de chaque côté (§ 5.5.2). Dans cette hypothèse il faut retenir pour l'**enseignement supérieur** le premier chiffre de la colonne de droite du tableau 1 soit :

Capacité (élèves)	Surface (m^2)
30	60
24	50
18	35
10	25

Toutes les salles de cours recevront un tableau, $4 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$ par exemple, à feutre ou à craie. Un écran de $1,50 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$ environ sera placé dans chaque salle pour la rétroposition, si possible sur le côté du tableau. Une prise téléphone et une prise informatique seront à proximité de l'enseignant et au minimum 4 prises de courant 16 A seront réparties aux angles de la salle, une prise se trouvant de chaque côté du tableau.

Tableau 1 – Capacité des salles d'enseignement du second degré

Désignation des locaux	Surface indicative (m^2)	Effectif (personnes)
Salles d'enseignement général (salles banalysées) :		
Salles de cours	60	30 à 40
Salles de cours	50	24 à 30
Salles de cours	35	18 à 24
Salles de cours	25	10 à 12

Il ne faut pas oublier que, pour un nombre d'occupants supérieur à 19, toute salle doit disposer de deux sorties ou dégagements (art. C 038 du Règlement de sécurité contre l'incendie dans les établissements recevant du public et article *Sécurité contre l'incendie dans les établissements recevant du public (ERP)* [C 3 280] du présent traité). Un de ces dégagements peut être une porte de communication avec la pièce voisine [5].

3.1.2 Amphithéâtres

Les amphithéâtres sont un élément essentiel du programme pédagogique. Dans le système universitaire, leur utilisation est nécessaire pour rentabiliser les cours magistraux et leur emploi permet de réduire le coût du corps enseignant. Comme pour les salles de cours, la programmation d'un amphithéâtre ne doit se faire qu'en regard d'une utilisation minimale. Celle-ci peut être estimée à 32 h par semaine en journée tout au long de l'année scolaire, sans compter une utilisation éventuelle le samedi matin pour interrogations, devoirs surveillés ou examens. Cependant, certaines grandes écoles ont conservé le principe d'une utilisation pour les cours magistraux uniquement le matin, ce qui ramène à une occupation de 16 h par semaine en journée. Dans ce cas, il faut qu'un arbitrage soit rendu et clairement explicité par le maître d'ouvrage.

Dans tout projet, les amphithéâtres posent un problème spécifique à l'architecte du fait qu'ils n'acceptent pas la trame de poutres normalisée, la présence de poteaux étant évidemment exclue. De plus, à partir d'une certaine capacité, les amphithéâtres nécessitent l'utilisation au moins partielle de deux niveaux. Cette limite peut être fixée aux alentours de 150 places. Jusqu'à cette taille il est possible d'insérer sur un seul niveau un amphithéâtre, soit plan, soit avec gradins, à condition d'avoir une hauteur sous plafond d'un peu plus de 3 m. La disposition plane nécessite une estrade haute de 40 cm environ pour l'enseignant, mais il est préférable de recourir à des gradins de 10 cm rapportés en béton léger qui supporteront les tables d'élèves. Pour la hauteur de plafond précédemment citée, 8 à 9 gradins peuvent être installés. En aucun cas il ne faut installer plusieurs rangs de tables sur un même gradin. En cas de difficulté, la solution peut être de mettre seulement quelques gradins en fond de salle, le reste étant traité à plat, avec une estrade pour l'enseignant.

Le fait de disposer de 2 niveaux du bâtiment permet d'obtenir une pente plus forte donc une meilleure visibilité pour des capacités de 100 à 300 places. La hauteur de gradin sera égale ou multiple de la hauteur de marche autorisée (10 à 20 cm).

Avant de débuter toute étude d'un amphithéâtre, il importe de connaître parfaitement le contenu de l'article L du Règlement de sécurité contre l'incendie [5].

Bien que contraignantes, ces dispositions laissent à l'architecte une latitude extrême dans les formes et l'aménagement des locaux. Il convient donc de les compléter par un certain nombre de dispositions propres aux objectifs de l'enseignement. Pour être utilisé aux maximum, c'est-à-dire jusqu'à 4 h d'affilée par les mêmes élèves, un amphithéâtre doit offrir un confort équivalent sinon supérieur à

celui des salles de cours. Il est donc recommandé d'avoir une largeur aux coudes comprise entre 60 et 65 cm et une largeur de tablette de 40 à 45 cm. Pour ce faire, les gradins doivent avoir une largeur de 1 m, ce qui donne une emprise de 0,60 à 0,65 m² par personne. Compte tenu des circulations et des dégagements, la surface totale d'un amphithéâtre de ce type sera comprise entre 1,15 n et 1,65 n, n étant la capacité en sièges de l'amphithéâtre. Cette surface peut être ramenée à n m² pour une largeur aux coudes de 55 cm. Les sièges sont, bien entendu, relevables de manière à laisser le passage horizontal obligatoire de 35 cm entre le siège et l'aplomb de la tablette. Toujours dans un souci de confort, il est recommandé de les recouvrir de mousse et de tissu, l'écart de prix avec le siège non recouvert étant relativement faible. En ce qui concerne le nombre de sièges par rangée, celui-ci doit être aussi limité que possible afin d'éviter que les derniers arrivés ne dérangent un grand nombre de personnes, et pour permettre une sortie facile durant le cours afin que tout élève puisse être interrogé au tableau. La solution idéale est de n'avoir que 4 sièges entre deux circulations, ce qui permet l'entrée et la sortie en ne déplaçant qu'une personne qui pourra s'écarte dans l'allée.

Les gradins peuvent avoir une forme linéaire ou circulaire. La forme circulaire est évidemment plus conviviale, mais a l'inconvénient d'imposer un nombre important de sièges par rangée pour placer convenablement les allées, contrariant ainsi les déplacements. Cela implique un coût de fabrication plus élevé, chaque rangée de tablettes devant avoir un rayon différent.

Tout amphithéâtre sera doté d'un tableau faisant au minimum 4 m × 1,20 m. Un double tableau coulissant exige une hauteur minimale sous plafond de 3,60 m, mais il est inutile d'en prévoir l'électrification. L'écran de projection sera soit fixé derrière le tableau s'il est coulissant, soit placé en avant avec une commande électrique. Un deuxième écran plus petit pourra être fixé sur le côté afin de pouvoir utiliser le rétroprojecteur pendant le cours.

Au-delà de 100 places il faut envisager l'installation d'une amplification sonore à partir d'un micro portable, en fonction des qualités acoustiques de la salle. Cette installation servira également lors de vidéoprojections. Pour ce faire, il est conseillé de mettre deux enceintes acoustiques en avant de la salle et une autre au fond. À défaut de régie, un placard abritera l'amplificateur, le récepteur micro et éventuellement le lecteur de cassettes vidéo.

Dans toute école, au moins un amphithéâtre sera complètement équipé en matériel audio et vidéo, à moins qu'il n'existe un auditorium. Dans ce cas un local régie sera prévu ([§ 3.2.2](#)). Tous les autres amphithéâtres doivent être aménagés pour recevoir des équipements mobiles tels que rétroprojecteur, projecteur diapo, projecteur vidéo. Aussi des prises de courant doivent-elles être prévues non seulement à proximité de l'écran, mais également aux niveaux du premier rang, du dernier rang et en milieu de salle. La prise informatique et la prise coaxiale vidéo seront à proximité de l'enseignant.

Dans chaque amphithéâtre, une table-chaise sera prévue pour l'enseignant. Dans le cas où il y aurait un jury de soutenance de thèse ou pour toute autre manifestation, plusieurs de ces tables-chaises pourront être juxtaposées.

3.1.3 Salles d'enseignements spécialisés

3.1.3.1 Salle informatique

Dans toutes les écoles, cette discipline exerce un très grand attrait sur les élèves et, de ce fait, ces salles demandent un traitement particulier permettant l'accès en dehors des heures de cours, et éventuellement le soir et le week-end.

Le domaine de l'informatique est en perpétuelle évolution et, en quelques années, les universités et grandes écoles sont passées du gros ordinateur aux mini-ordinateurs, puis des mini-ordinateurs aux micro-ordinateurs. À l'heure actuelle, sauf exceptions liées à la recherche, les projets pédagogiques ne prennent plus en compte que les micro-ordinateurs avec, pour les formations scientifiques de haut niveau, les *stations de travail*, qui sont des micro-ordinateurs très puissants reliés en réseau.

Les évolutions actuelles vont, d'une part, vers le micro-ordinateur individuel portatif qui pourrait minimiser le rôle de salles informatiques spécifiques et, d'autre part, vers l'arrivée de micro-ordinateurs intégrant le disque compact interactif (CDI) qui pourrait créer un nouveau besoin en salles équipées pour l'informatique, mais avec une vocation pédagogique plus universelle.

Une salle informatique de 24 postes de travail pour élèves doit faire 75 m². Elle comportera également un poste de travail pour l'enseignant et au minimum 2 imprimantes, plus éventuellement un serveur de réseau ([§ 3.3.7](#)). Chaque élève disposera d'une table de 1,20 m × 0,80 m, de hauteur 0,70 m, à piétement latéral. Le siège tournant n'est pas nécessaire mais une chaise confortable à dossier peu incliné est recommandée. La salle sera équipée d'un tableau à feutre de 2 m × 1,2 m et d'un écran qui pourra recevoir une image informatique rétroprojectée.

3.1.3.2 Salle de langues

Une salle de langues de 60 m² est conçue pour recevoir jusqu'à 24 élèves en laboratoire. Chaque élève dispose d'un poste individuel composé d'un magnétocassette et d'un casque reliés à une console centrale permettant de les connecter à un ou deux appareils maîtres et à l'enseignant d'intervenir sur chacun des postes.

Les cabines individuelles fixes sont maintenant rejetées au profit de cloisons séparatives amovibles en verre et en matériau absorbant, permettant ainsi une utilisation polyvalente de ces salles. Les fournisseurs de l'appareillage assurent eux-mêmes le câblage et l'installation de l'ensemble. Une moquette ainsi qu'un bon amortissement acoustique sont recommandés.

La salle sera dotée d'un tableau à feutre de 4 m × 1,2 m ainsi que d'un écran pour rétropédition, diapositives et vidéo.

3.1.3.3 Salle de dessin

L'enseignement du dessin technique a beaucoup évolué au cours des dernières années et toutes les écoles tirent maintenant fierté de leurs équipements de DAO (dessin assisté par ordinateur). Cependant, dans beaucoup d'écoles, la présence d'au moins une salle de dessin traditionnelle est indispensable. Dans sa configuration habituelle, cette salle aura 20 à 24 postes de travail composés d'une planche au format A0 minimum munie d'un appareil à dessiner, d'un tabouret, et éventuellement d'une desserte et d'une petite table. Il faut donc compter 100 m² pour la salle, veiller à la qualité de l'éclairage et penser à la munir d'un tableau à craie possédant des repères visibles du seul enseignant. L'estrade est conseillée si la hauteur de plafond est suffisante.

Il est intéressant d'avoir une salle de DAO attenante en libre service ([§ 3.1.3.1](#)), permettant une utilisation conjointe.

3.1.4 Laboratoires de travaux pratiques et de recherches

Ne seront traités ici que les laboratoires couramment utilisés dans la plupart des grandes écoles et universités, c'est-à-dire les laboratoires de physique, de chimie, d'électronique et d'électrotechnique qui peuvent se situer à l'intérieur même des bâtiments d'enseignement. Dans ces établissements, les laboratoires destinés à l'enseignement de 2^e cycle doivent pouvoir abriter également des travaux de recherche ou des projets de fin d'études. Ils seront donc conçus en tenant compte de cette spécificité. Si l'occupation de ces laboratoires tout au long de l'année ne permet pas d'y inclure les projets, ces activités seront reportées sur de petites salles avoisinantes. Un laboratoire occupé par des groupes d'élèves plus de la moitié des heures ouvrables ne peut recevoir de projet ou d'activité de recherche appliquée.

Les laboratoires conçus spécifiquement pour la recherche ne seront pas considérés ici, car ils sont particuliers à chaque discipline. Néanmoins, ils entreront dans le cadre général des équipements définis ci-après et s'inséreront normalement dans la trame de construction.

Les ateliers ou halles relevant des domaines de la mécanique, de l'énergétique, du génie chimique ou des travaux publics nécessitent des constructions particulières. Ils ne seront pas traités ici car leur taille et leurs équipements seront différents pour chaque projet. Pour chaque type d'atelier tel que machines-outils, commande numérique, robotique, forge, fonderie, matières plastiques, mécanique des fluides, résistance des matériaux, métrologie, mécanique des sols, hydraulique, thermique, génie chimique, etc., il convient de se livrer à une réflexion et à une étude approfondie avec les équipes d'enseignants.

Signalons les cahiers techniques publiés dans les années 70 par l'Unesco qui traitent de la disposition et des équipements de laboratoire des écoles d'ingénieurs [6] [7] [8] [9] [10].

3.1.4.1 Laboratoires de physique, électricité générale, automatismes...

Ce type de laboratoire est le plus souvent lié aux enseignements de base. Il peut comporter des équipements relativement lourds ou volumineux.

Le poste de travail est conçu pour 2 personnes et les élèves doivent pouvoir manipuler debout. Les tables auront donc un plateau de 2×1 m recouvert d'un matériau dur et incombustible. Une demi-etagère d'environ $1 \times 0,30$ m est en général demandée par les enseignants. Elle est positionnée de manière à ne pas gêner la vue du tableau. L'extrémité du plateau recevra un bloc de prises électriques avec disjoncteur. Le plateau aura une hauteur d'environ 0,92 m et chaque table sera accompagnée de 2 tabourets de 0,62 m de hauteur environ.

À chaque poste de travail correspondra un volume de rangement placé le long d'un mur, large d'au moins 1 m sur 0,50 m de profondeur et équipé de portes coulissantes.

La pièce sera équipée sur ses deux faces principales de plinthes en métal recevant électricité, informatique et air comprimé. Seule l'électricité sera reliée aux tables, chaque table disposant de 3,5 kW, les fils passant sur le sol avec, comme protection, un chemin de câbles dos d'âne en caoutchouc. Cette disposition permet une plus grande souplesse d'aménagement.

Chaque ensemble de laboratoires doit disposer d'une réserve qui sert également d'atelier au technicien. Il faut compter 10 % de la surface des laboratoires, avec un minimum de 20 m².

Pour un groupe type de 24 élèves, la dimension du laboratoire sera de 100 m². L'équipement comportera un tableau à feutre de $4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$, et un écran de projection. Dans le cas où le laboratoire ferait des travaux d'optique une occultation complète serait nécessaire.

Pour des raisons de sécurité, on évitera de mettre des points d'eau à l'exception de la salle de physique générale qui peut nécessiter un bac de remplissage.

3.1.4.2 Laboratoire d'électronique, courants faibles...

Le laboratoire d'électronique diffère du laboratoire de physique par le fait qu'il doit permettre un travail soit individuel, soit en groupes de 2 élèves, soit en groupes de taille supérieure pour les projets. Les élèves travaillent toujours assis. À la différence des centres de formation professionnelle où le poste de travail est immuable, l'enseignement supérieur se doit de disposer d'équipements extrêmement polyvalents, permettant en particulier de faire des cours dans ces salles.

La table de travail doit être à la fois robuste et facilement déplaçable. Elle comportera en extrémité de plateau ou en sous-face une rampe électrique avec un disjoncteur et environ 6 prises. Le fil d'alimentation pourra soit être relié à la table contiguë, soit passer le long du piétement de la table pour rejoindre la plinthe électrique. Celle-ci sera placée sur les côtés latéraux de la salle et recevra électricité, informatique et éventuellement air comprimé. Il y aura au moins une prise de courant de puissance 3,5 kW au niveau de chaque rangée de tables 1,50 m \times 0,75 m.

Une table multiusage avec plateau stratifié de 1,50 m \times 0,75 m à 1,60 m \times 0,80 m, sur cadre métallique soudé, chants arrondis et si possible moulés, piétements latéraux acier, barre transversale de rigidité répond parfaitement au problème posé. C'est à l'utilisateur de décider du regroupement des tables en limitant autant que possible les cheminements au sol, qui seront toujours protégés par des chemins de câbles dos d'âne en caoutchouc.

Ce type d'équipement convient aussi bien à des laboratoires d'enseignement qu'à des laboratoires de recherche.

Une salle de travaux pratiques recevant 24 élèves aura 25 tables sur une surface d'environ 100 m². Cela lui permettra d'accueillir jusqu'à 50 élèves en cours. Elle possédera un tableau à feutre de 4 m \times 1,20 m et un écran de projection. La surface d'un laboratoire de recherche se situera, en général, entre 25 et 50 m² et pourra ainsi accueillir de 6 à 12 chercheurs ou élèves.

En dehors des rangements prévus dans chaque salle, il y aura un local de réserves avec atelier et poste de technicien pour chaque groupe de laboratoires, toujours à raison de 10 % de la surface des laboratoires, avec un minimum de 20 m².

3.1.4.3 Laboratoire d'électrotechnique

Un laboratoire d'électrotechnique de conception moderne peut s'inscrire dans le cadre d'un bâtiment normal d'enseignement à la condition d'avoir un plancher supportant 500 kg/m².

La première question qui se pose lors d'un projet est de déterminer le nombre de postes de travail et la quantité d'équipements affectée à chacun des postes. En effet, le souhait des enseignants est d'avoir le nombre maximal d'élèves effectuant simultanément la même manipulation, et que cette manipulation suive d'au plus près que possible le cours. Ce qui est possible dans un laboratoire d'électronique ne l'est plus dans un laboratoire lourd comme le laboratoire d'électrotechnique. Aussi un compromis devra-t-il être trouvé entre le responsable du projet et le corps enseignant.

À titre d'exemple, une école d'ingénieurs devant assurer 500 h par an de travaux pratiques d'électrotechnique avec des groupes de 24 élèves travaillant par groupes de 2 a décidé d'installer 20 tables de travail sur une surface de 185 m², l'électronique de puissance bénéficiant d'une salle annexe de 50 m².

La table de travail, 2 m \times 1 m \times 0,85 m environ, comprend les appareils de transformation et de commande situés dans un de ses piétements. Les équipements de mesure et boutons de commande sont situés sur un pupitre intégré à la table. L'alimentation en 220/340 V triphasé se fait de préférence par un fourreau noyé à l'avance dans le sol, les descentes depuis le plafond étant inesthétiques. Chaque station doit disposer de 10 kW, la puissance moyenne étant de 3,5 kW, toutes stations en service.

L'équipement centralisé se limite donc à une armoire de distribution.

Celle-ci possède un contacteur commandé par des interrupteurs « coup de poing » situés en divers points de la salle et en particulier sur chacune des tables, ainsi qu'à proximité immédiate du poste de l'enseignant.

Les machines électriques seront de préférence montées sur des rails munis de roulettes de déplacement avec dispositif de blocage. Chaque berceau sera conçu pour recevoir 3 machines facilement désaccouplables.

Le sol sera en ciment revêtu d'une peinture résistante ou de carrelage. Un tableau à feutre de 2 m \times 1,20 m s'avère suffisant. Deux tabourets seront placés devant chaque table de travail.

3.1.4.4 Laboratoire de chimie

La disposition du laboratoire de chimie amène quelques contraintes particulières, car il nécessite une alimentation en fluides et une évacuation d'eau à l'emplacement de chaque groupe de postes de travail, ainsi qu'une évacuation directe vers l'extérieur à partir d'un certain nombre de hottes. L'alimentation en fluides viendra de la pièce située au-dessous, et les évacuations d'air se feront par le faux plafond.

Dans le cas d'une école spécialisée en chimie, il peut être admis que la destination des locaux est immuable, et une installation lourde au niveau des fluides sera envisagée. Lorsque la chimie n'est pas une matière dominante, on se contentera de carreler la pièce et, en sus des conduits habituels, de lui adjoindre une gaine d'évacuation de l'air vers l'extérieur.

Pour 24 élèves, la surface du laboratoire sera de 75 m² environ avec une réserve-atelier de 25 m². Il sera toujours préférable d'installer des meubles standards préfabriqués comportant hotte, paillasse et évier et sur lesquels il ne reste qu'à brancher des fluides par des raccords souples. La hauteur des paillasses est de 0,90 m et des tabourets seront prévus [21].

La distance entre les tables sera d'au moins 1,20 m et, à partir d'un certain niveau d'études, il pourra être préférable de placer les surfaces de travail en vis-à-vis et en partie le long des murs. Les rangements devront être d'un volume suffisant.

Le stockage des gaz comprimés, solvants et autres substances dangereuses devra faire l'objet d'une étude par un bureau spécialisé, de même que l'évacuation de l'air pollué. La conception des plans de détails devra se faire avec l'équipe d'enseignants.

3.1.5 Salles

3.1.5.1 Salles de travail. Cellules

Les étudiants effectuant un projet de fin d'études ou un travail de recherche doivent disposer de locaux spécifiques. Ce sont en général des pièces pouvant accueillir 3 personnes, c'est-à-dire de 15 à 18 m², possédant 3 tables, un tableau, un ou plusieurs meubles de rangement. Les tables d'environ 1,60 m × 0,80 m pourront être munies d'un bloc de prises électriques.

Pour les étudiants qui ne sont pas en fin d'études, il peut s'avérer nécessaire de disposer de quelques salles de travail ayant le même mobilier que les salles de cours. 6 étudiants au maximum peuvent être admis dans une pièce de 15 à 18 m².

Il est évidemment intéressant d'utiliser, pour les salles de travail et les cellules, la même trame que pour les bureaux, afin de permettre tout réaménagement ultérieur ou changement dans l'affectation des locaux.

3.1.5.2 Salles spéciales pour la formation continue

La formation continue d'adultes exige de petites salles pourvues d'un plus grand confort que les salles de cours habituelles. Ces locaux, parfois considérés comme des salles de réunion, doivent faire l'objet d'une considération particulière dans le projet. Il est recommandé de leur donner une taille standard, 25 m² par exemple, avec un revêtement de sol en moquette. 6 tables de 1,30 m × 0,65 m à 4 pieds, 12 chaises, 1 tableau de 2 m × 1,20 m et 1 écran de 1,50 m × 1,50 m constitueront l'équipement de base.

3.1.6 Bureaux

3.1.6.1 Bureaux des enseignants

Dans tout établissement d'enseignement supérieur, chaque enseignant permanent doit avoir accès à un bureau. Suivant les possibilités, les enseignants seront regroupés par 2 ou 3. Les responsables de département devront posséder un bureau individuel. Le bureau individuel fera 15 à 18 m², le bureau de 2 personnes 18 à 25 m² et le bureau de 3 personnes 25 m².

L'aménagement normal consistera en un bureau de 1,60 m × 0,80 m avec 2 caissons, 1 fauteuil et 1 armoire par personne. S'y ajouteront 1 table informatique et 2 chaises pour visiteurs par bureau. Le responsable de département disposera d'un bureau de 1,80 m × 0,80 m plus d'une table de réunion et éventuellement d'un meuble bibliothèque.

L'intégration éventuelle d'un placard sur une face du bureau, en remplacement de l'armoire, devra être envisagée au départ du projet.

3.1.6.2 Bureaux administratifs

La plupart des bureaux administratifs seront occupés par une seule personne, à l'exception des secrétaires qui pourront être deux dans un bureau de 25 m².

Il est conseillé d'utiliser la même qualité d'équipement de bureau pour les bureaux administratifs et pour les bureaux des enseignants. La maintenance et l'organisation générale en seront facilitées.

Pour plus de détails, il est recommandé de consulter les articles *Agencement mobilier* [C 3 230] et *Conception des bureaux* [C 4 070] de ce traité.

3.1.7 Salles de réunion

Compte tenu de l'existence d'une grande salle de réunion généralement appelée salle du Conseil, d'une capacité de 20 à 50 places, et de la disponibilité des salles d'enseignement, le nombre de salles de réunion sera maintenu à un minimum. En effet, on ne peut réunir un ensemble d'enseignants qu'en dehors des heures de cours, ce qui s'accorde avec une disponibilité de salles. Ainsi, pour une grande école de taille moyenne, deux salles de 20 places pourront suffire aux besoins des administratifs et enseignants, en dehors des salles spécialisées. Ces salles pourront occuper le même module qu'une salle de cours, mais le sol et les murs seront traités de manière différente.

L'équipement pourra être composé de 12 tables de 1,30 m × 0,65 m à deux ou quatre pieds, 24 sièges garnis de tissu, 1 tableau de 2 m × 1,20 m et 1 écran de 1,50 m × 1,50 m.

La planification devra se garder de suivre l'inflation des demandes, chaque département ou groupe d'enseignants éprouvant en général le besoin d'être doté d'une salle de réunion affectée en propre.

3.1.8 Centre de documentation

Autrefois négligé dans les grandes écoles françaises, le centre de documentation a retrouvé dans les projets récents la place qui lui est due, sachant qu'elle n'atteindra jamais celle que lui confèrent les institutions anglo-saxonnes. Tout le monde s'accorde désormais pour reconnaître que ce centre doit être placé au cœur même de l'établissement et constituer si possible le nœud ou le point de passage obligé entre les différents blocs pédagogiques.

Le centre de documentation, essentiellement consacré aux livres et aux périodiques, doit être conçu pour attirer le maximum d'étudiants et d'enseignants vers la lecture, l'approfondissement des connaissances et la culture générale. Cela veut dire que le centre doit perdre la fonction de réserve d'ouvrages tenue par la bibliothèque traditionnelle au profit de l'accès immédiat de chacun au type de connaissance désiré. La notion de prêt d'ouvrage doit s'effacer devant celle de disponibilité permanente.

La conception architecturale tiendra compte de plusieurs zones d'utilisation, accessibles par une entrée unique mais dont l'utilisation pourra être limitée à certaines heures.

La banque d'accueil, de renseignements et de prêt se trouvera près de l'entrée, elle-même munie d'un dispositif de protection contre le vol, et communiquera facilement avec les bureaux des documentalistes. La première zone accessible comportera d'une part un petit espace de lecture-détente avec journaux et périodiques d'information, et d'autre part une grande salle de lecture où seront répartis tables de travail et rayonnages de livres. Des salles de travail indépendantes, mais aisément contrôlables, pourront permettre le travail en groupe sans sortir les documents du centre. Enfin, le dernier espace sera consacré à la consultation des collections de revues. Placé sous le contrôle d'un documentaliste gérant l'accès aux banques de données, son accès pourra être limité à certaines tranches horaires.

Le centre pourra être disposé sur plusieurs niveaux à condition que l'ensemble soit inclus dans un même volume dont les issues de secours pourront être bien contrôlées.

L'emplacement de caméras vidéo devra être prévu pour faciliter la surveillance. Des prises informatiques judicieusement réparties devront permettre l'accès au catalogue et la recherche bibliographique. Un certain nombre de postes seront équipés pour la lecture de documents audio-vidéo et en particulier de CD-ROM. Au moins un lecteur de microfiches sera prévu.

Pour une école de 1 200/1 500 élèves, le centre de documentation couvrira entre 1 000 et 1 200 m². Il faut prévoir au départ le rangement de 10 000 ouvrages, soit l'équivalent de 150 m d'éléments de rayonnages double face à 5 tablettes. Pour les collections de revues, une longueur de 100 m de rayonnages en éléments double face à 5 tablettes permettra un archivage sur plusieurs décennies.

Une attention particulière devra être apportée aux dimensions des tables de travail qui n'ont pas la même utilisation que celles des bibliothèques de lecture publiques. Pour des étudiants avancés et des chercheurs, la table de 4 places doit faire 1,80 m × 1,20 m. Pour des étudiants de 1^{er} cycle, la dimension de 1,60 m × 1 m peut suffire. Ainsi l'école type de 1 200/1 500 élèves pourra-t-elle être équipée de 20 tables de 1,80 m × 1,20 m et 20 tables de 1,60 m × 1 m, plus 10 tables individuelles de 0,80 m × 0,80 m pouvant servir de support aux micro-ordinateurs. Les 170 chaises correspondantes seront de préférence revêtues de tissu afin de permettre un travail de longue durée, et si possible empilables pour le cas où le centre abriterait une manifestation culturelle.

Des renseignements supplémentaires sont donnés dans l'article *Bibliothèques* [C 4 060] du présent traité.

3.1.9 Activités sportives et culturelles

3.1.9.1 Gymnase. Installations sportives

L'investissement dans un gymnase ou dans des installations sportives n'est possible que si le projet dispose d'une surface de terrain suffisante pour les recevoir. Il n'est souhaitable que s'il n'y a pas d'équipement sportif à proximité et si l'école entend réellement promouvoir le sport et dispose de personnel à cet effet.

Le prix de revient d'un gymnase comportant 2 000 m² de planchers était de l'ordre de 4 MF TTC en 1991. Son équipement en matériels sports peut être estimé à 800 000 F TTC.

Tous les détails relatifs à la conception et à la réalisation d'un gymnase d'une part et d'un stade d'autre part pourront être trouvés dans des numéros spéciaux du Moniteur [11] [12].

Étant donné le coût d'une piscine (3,2 MF pour un bassin de 25 m × 12 m sans difficulté particulière), sa réalisation paraît devoir entrer dans le cadre d'un complexe sportif inter-établissements, cela permettant d'obtenir les subventions prévues par l'État et les collectivités locales [13].

3.1.9.2 Activités culturelles et associatives

Les activités culturelles et associatives tiennent une grande place dans la vie des écoles. Aussi faut-il prévoir, dès le départ, des locaux pour les bureaux d'élèves, junior entreprises, associations sportives... en sus des locaux syndicaux destinés aux représentants du personnel.

Il est prudent de prévoir un local consacré exclusivement au rassemblement d'élèves en dehors des heures de cours. Ce local est ordinairement un foyer avec distributeurs automatiques et télévision. Il est préférable que ce local soit dissimulé au regard des visiteurs.

Les manifestations les plus sérieuses peuvent utiliser les locaux destinés normalement à l'enseignement, mais les soirées organisées par les élèves doivent pouvoir disposer d'un cadre adapté si l'on

souhaite éviter une dégradation trop rapide des lieux. Dans certaines écoles, le gymnase ou le restaurant ont cette fonction secondaire, mais dans les nouvelles réalisations la qualité des sols et des équipements rend cette utilisation problématique.

Aussi le projet architectural doit-il prévoir le traitement d'une certaine surface devant se prêter à l'organisation de manifestations. Une grande galerie de circulation ou un patio couvert peuvent être des réponses à ce problème.

3.2 Programmation des moyens extra-pédagogiques

3.2.1 Restauration

La situation de l'école par rapport aux facilités offertes aux étudiants déterminera la nécessité d'une restauration propre à l'établissement. Si la formule est retenue, il faudra envisager rapidement le type d'exploitation, soit gérance, soit sous-traitance, avec éventuellement recours à une cuisine centrale [14].

3.2.1.1 Cuisines et réserves

L'investissement nécessité par une cuisine et ses réserves frigorifiques est très important, se situant entre 5 000 et 6 000 F TTC par repas servi (valeur 1991). Cela ne comprend pas le coût du bâtiment lui-même, ni l'installation des fluides et de la ventilation.

Pour servir 1 500 repas le midi, l'équipe de restauration devra compter environ 25 personnes. La cuisson et la préparation des plats occuperont 150 m², les réserves 50 m², la laverie 100 m², auxquels il faudra ajouter les circulations, vestiaires et sanitaires.

3.2.1.2 Distribution et restaurant

La distribution en ligne est de plus en plus abandonnée au profit de comptoirs séparés qui permettent à l'utilisateur un choix plus rapide et le contournement de certaines files d'attente, à la grillade par exemple. Les comptoirs sont en général au nombre de cinq : entrées, plats chauds, grillades, desserts, boissons, plus le comptoir caisse. L'école de 1 200/1 500 élèves nécessitera deux ensembles de distribution pour les élèves et un pour le personnel. La surface nécessitée par un ensemble de distribution est de 100 m² au minimum. La salle de restaurant devra avoir une surface de 1,1 à 1,2 m² par place assise, circulation comprise. Il faudra tenir compte du fait que, en raison de la rigidité des horaires dans une école, il n'est en général pas possible de faire plus de 2 services entre 11 h 30 et 13 h 30. Le nombre de places sera donc égal à la moitié du nombre de repas servis. Les tables, prévues de préférence pour quatre personnes, feront 1,20 m × 0,80 m. Quelques tables à deux personnes, de 0,80 m × 0,80 m, seront prévues en fonction de la disposition de la salle. Les tables seront à piétement latéral. Les chaises seront soit empilables, soit du type traîneau accrochable sur les tables, afin de faciliter le nettoyage. Le dessus du siège devra éviter la rétention de débris alimentaires.

3.2.1.3 Salons

Traditionnellement, toute grande école dispose d'une salle à manger où la direction ou les enseignants reçoivent leurs collègues d'autres établissements et leurs correspondants de l'étranger.

À l'heure actuelle, le développement des actions de formation continue vers une clientèle de haut niveau avec des tarifs de prestation élevés, d'une part, et la nécessité de multiplier les contacts tant avec le monde de l'industrie et des affaires qu'avec les décideurs politiques, d'autre part, entraînent une forte demande pour des prestations de qualité en matière de restauration et de réception. Cette question devra être soigneusement étudiée lors de la programmation afin qu'une insuffisance dans ce domaine ne puisse handicaper le développement de l'école. Suivant les cas, la gestion pourra être soit liée au restaurant, soit indépendante.

3.2.1.4 Cafétéria

Il n'est pas nécessaire que la cafétéria soit liée au restaurant. Une gestion séparée, éventuellement par les étudiants, lui permettra de rendre davantage de services. Elle doit être située à proximité du cœur de l'établissement, avec de larges dégagements, dans un environnement de qualité qui évite désordre et salissures. Outre la machine à café, la cafétéria sera équipée de placards réfrigérés et de stockages fermés à clés et situés sous les comptoirs. Des tables et des chaises, en aluminium de préférence, seront disposées en fonction de la place nécessaire. L'investissement dans une cafétéria n'est pas à négliger, se situant entre 200 000 et 500 000 F. La présence d'une cafétéria avec comptoir n'exclut pas la présence de machines automatiques en d'autres points de l'établissement. Quelques points de rassemblements seront ainsi équipés, dès le départ, d'arrivée et d'évacuation d'eau à cet effet, ainsi que d'une prise de courant.

Il convient cependant d'être vigilant sur les implantations des cafétérias et des points de distribution. En effet, ces endroits favorisent l'usage du tabac et leur entretien devient vite difficile. À ce sujet, il faut noter qu'un relatif isolement des cafétérias peut faire beaucoup dans l'amélioration de la propreté de l'école.

3.2.2 Grand amphithéâtre ou auditorium

3.2.2.1 Définition

Toutes les grandes écoles disposent en général d'un « grand amphithéâtre » qui leur permet d'accueillir une promotion complète d'élèves ou davantage. Cet amphithéâtre sert à de nombreuses manifestations centrées autour de la vie de l'école ainsi qu'à des conférences, concerts et projections.

La prise de notes devenant tout à fait secondaire dans ce type d'utilisation, la tablette filante fixe disparaît et est remplacée par une tablette écritoire fixée dans le bras du fauteuil. Le confort qui en résulte et la qualité des équipements amènent souvent à dénommer cette salle « auditorium ».

Pour le type d'école de 1 200/1 500 places projeté, la capacité du grand amphithéâtre va de 350 à 450 places. Les gradins faisant 1 m de largeur, l'occupation au sol est de 0,6 m² par siège. Compte tenu des circulations, estrade, régie et cabines de traduction, il est finalement nécessaire de disposer de 0,9 m² par occupant. Une telle salle doit se situer sur deux niveaux d'étage courant, ce qui permettra de disposer à l'emplacement de l'écran d'au moins 7 m sous plafond. Comme dans le cas des petits amphithéâtres, une disposition linéaire des sièges permettra de mieux fractionner les rangées. Les dispositions du Règlement de sécurité pour les établissements de type L (salle de spectacle) devront être respectées ainsi que l'arrêté modificatif paru au Journal Officiel du 21 juillet 1991 [15].

Les équipements complémentaires consisteront en une estrade et en un ensemble de tables-chaises permettant d'accueillir un jury.

3.2.2.2 Équipements techniques

Il est bien évident que le conférencier n'utilisera plus la craie et le tableau noir, mais l'ensemble des moyens audiovisuels qui existent actuellement :

- rétroposition à partir d'un ou plusieurs appareils ;
- projection de diapositives sur un ou deux écrans ;
- projection d'écran informatique par rétroposition ;
- projection d'écran informatique par vidéoprojection ;
- projection de cassette ou de vidéodisque par vidéoprojection ;
- projection de documents par caméra et vidéoprojection.

Il en résulte que l'écran de projection devra être de la plus grande dimension possible et qu'il pourra accepter simultanément 3 images au format 2 × 3. La meilleure qualité de projection sera donnée par un écran fixe tendu sur un support métallique qu'il n'est plus nécessaire de cacher par un rideau. Un accrochage sera cependant prévu pour des calicots ou banderoles occasionnelles. Parallèlement, une ou plusieurs rampes bien dissimulées permettront d'accrocher temporairement des projecteurs éclairant la scène.

Certains grands amphithéâtres sont équipés d'un écran inclinable qui permet d'avoir une image rétroprojectée qui n'est pas déformée. Dans ce cas, le vidéoprojecteur se trouve placé au plancher. Aussi ces amphithéâtres sont-ils exclusivement réservés aux cours et conférences.

Les équipements audio et vidéo seront les suivants (rubrique Son et image dans le traité Télécoms).

■ En salle :

- projecteur vidéo acceptant les normes informatiques ;
- enceintes acoustiques de part et d'autre de l'écran ;
- enceintes acoustiques à l'arrière de la salle ;
- micros fixés sur tables (3) et micros sans fil (3) avec récepteurs, préamplis et mixage ;
- interphone scène-régie.

■ En régie :

- tuner vidéo pour câble et satellites ;
- lecteur de vidéodisque PAL – NTSC ;
- lecteur de vidéocassette U-matic ;
- lecteur de vidéocassette VHS PAL/SECAM Hifi ;
- lecteur de cassette vidéo ;
- lecteur de disque compact audio ;
- table de mixage simplifiée ;
- amplificateurs pour canaux droite, gauche et arrière ;
- ampli et enceintes monitoring.

■ En cabine de traduction simultanée : le coût d'équipement de 2 cabines avec 100 casques revient à 300 000 F. Aussi, seuls le câblage et les équipements fixes doivent-ils être prévus d'origine. Les équipements de traduction simultanée pourront être acquis ou loués, la décision devant être prise en fonction de la fréquence d'utilisation.

À l'heure actuelle, il ne paraît plus raisonnable d'installer des appareils de projection cinématographique, qu'ils soient 35 mm, 16 mm ou 8 mm, les films étant plus facilement disponibles sous la forme de vidéocassettes. Un projecteur portable fera éventuellement l'affaire.

Il faudra tout spécialement veiller à ce qu'un chemin de câbles facilement accessible relie la régie à l'arrière de la scène, permettant de passer ultérieurement tout type de câble de raccordement. Il faudra aussi veiller particulièrement à la disposition des commandes d'éclairage courant en régie, sur scène et aux portes. Un ensemble de spots commandé par un variateur constituera l'éclairage de fond au moment des projections.

3.3 Programmation des moyens techniques

3.3.1 Chauffage. Ventilation

Nota : on se reporterà à la rubrique Climatisation. Conditionnement d'air froid du traité Génie énergétique.

Ce poste est extrêmement important tant du point de vue investissement que fonctionnement. Il mérite donc une attention toute particulière.

Durant ces dernières années de nombreuses études ont été faites, particulièrement sous l'égide de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie, sur les coûts d'exploitation de différents types de chauffage dans les immeubles d'habitation. Malheureusement, rien n'a encore été fait en ce qui concerne les immeubles à occupations discontinues et en particulier les immeubles dévolus à l'enseignement.

En l'absence de données de base, il faut prendre le problème de la manière la plus élémentaire. Cela permettra au responsable de projet de déterminer quelques pistes qui pourront être ensuite explorées par le bureau d'études.

Les établissements d'enseignement posent deux problèmes particuliers :

- ils ne sont occupés que durant 20 à 30 % de la période de chauffe ;
- l'accueil de grandes quantités d'élèves nécessite un fort taux de renouvellement d'air en période d'occupation.

En conséquence, le bâtiment devra avoir une très faible inertie thermique et le volume interne devra pouvoir être mis rapidement en température.

La première solution qui mérite d'être examinée est la solution traditionnelle de chauffage par radiateurs à eau et ventilation naturelle par ouverture des fenêtres. Cette solution est acceptable dans les bâtiments anciens où la hauteur de plafond se situe pratiquement au double de ce qui se fait actuellement et compense l'absence de circulation d'air. Par ailleurs, ces bâtiments possèdent une forte inertie thermique, compensant la ventilation occasionnelle, mais nécessitent un chauffage pratiquement continu qui les rend très énergivores.

Compte tenu des remarques précédentes, cette solution ne peut être actuellement recommandée que dans les régions où la période de chauffe est courte et où la quiétude de l'environnement permet l'ouverture des fenêtres.

Les conditions actuelles font que les nouvelles écoles se trouvent pour la plupart en zone urbaine ou périurbaine, nécessitant un isolément acoustique et, de ce fait, une ventilation des salles. Comme il serait délicat de souffler en permanence de l'air à sa température de prélevement extérieur, il faut que l'air soit au préalable traité avant d'être envoyé dans les salles.

Se pose alors la question fondamentale qui devra être résolue dans chaque cas par le bureau d'études : faut-il amener les calories nécessaires :

- par l'air de la ventilation ;
- par un chauffage statique, l'air n'étant pas traité ;
- par une solution mixte ?

La première solution, tout air, induit un fonctionnement permanent de la ventilation en période froide afin de maintenir le bâtiment à une température minimale. Or le coût de la ventilation est élevé et peut atteindre jusqu'à deux fois celui des calories transportées si les longueurs de conduites sont importantes.

La deuxième solution n'est envisageable que dans une zone à climat doux, soit l'extrême sud de la France.

La dernière solution implique un double système de chauffage plus économique en fonctionnement car demandant une moindre puissance de ventilation. En effet le chauffage statique ne sera mis en route que par grand froid, ce qui rend cette solution indiquée pour les zones à climat rude.

Le choix étant fait se pose inévitablement la question de savoir si un rafraîchissement de l'air de ventilation doit être prévu en période estivale.

Les écoles étant, en général, vides de la plupart de leurs élèves à partir de la fin du mois de juin, la ventilation directe à partir d'air extérieur paraît être une bonne solution, à condition que la protection solaire du bâtiment soit convenablement traitée. Cependant certains laboratoires, comme ceux équipés de matériel informatique, ont besoin d'évacuer une grande quantité de chaleur, laquelle est compensée par l'apport de froid. Parallèlement, les utilisateurs souhaitent que certains lieux, comme le grand amphithéâtre, soient maintenus dans des conditions de confort permanent, ce qui implique un rafraîchissement.

Aussi, la présence d'un groupe de production de froid étant nécessaire, les concepteurs ont-ils tendance à proposer désormais une certaine capacité de rafraîchissement à partir du même groupe. En effet l'investissement supplémentaire lié en grande partie à l'augmentation de puissance du groupe froid, ainsi que le supplément de coût d'exploitation, s'avèrent relativement modérés.

À l'heure actuelle, les systèmes de soufflage « à débit variable », qui permettent de fortes économies sur le soufflage, sont le plus couramment utilisés. Une étude récente du COSTIC [16] examine tous les schémas d'installation de conditionnement de l'air utilisés actuellement. La fiche TA6 qui traite des systèmes à débit variable avec réchauffage terminal a été publiée dans la revue Promoclim du mois de février 1991.

Pour qu'une installation de ce type puisse fonctionner dans les conditions optimales, elle pourra être connectée à une GTC (Gestion Technique Centralisée). Sans être indispensable, ce dispositif permet d'observer et de relever tous les paramètres instantanés de fonctionnement d'une installation et de programmer de la manière la plus fine les différentes phases de fonctionnement. Dans le cas d'une école, la mise en route de la ventilation de chaque salle en fonction de son emploi du temps peut amener une économie importante.

En conclusion, il faut souligner que le traitement thermique du bâtiment avec la conception de sa ventilation est d'abord un problème d'architecture avant d'être un problème de bureau d'études.

Le projet qui minimise l'apport solaire et la longueur des conduits de soufflage, sans multiplier exagérément le nombre des centrales de traitement d'air, est un bon projet de ce point de vue.

Dans le cas particulier d'établissement ayant un internat ou d'établissement ayant du personnel logé, il est important de traiter séparément la partie habitat, qui nécessite un chauffage continu. L'inertie thermique ainsi que le renouvellement d'air ne sont plus, dans ce cas, des facteurs déterminants.

Quelques renseignements utiles

Renouvellement d'air par occupant (non fumeur) 8 m³/h
soit approximativement :

- pour un bureau 1 vol/h
- pour une salle de cours 6 à 8 vol/h

Débit d'air maximal en conduite 4 m/s × section

Débit d'air maximal en soufflage 2 m/s × section

■ Investissement (en région Ile-de-France, 1991) :

- chauffage tout air avec rafraîchissement 1 000 F/m²
- chauffage mixte, avec radiateur,
plus rafraîchissement 850 F/m²

(Dans le cas d'un immeuble de bureaux, le coût d'investissement serait de 600 F/m²)

■ Fonctionnement (école de 25 000 m² en Ile-de-France, 1991) :

- chauffage au gaz naturel de 300 000 à 400 000 F/an
- électricité pour ventilation
et climatisation de 500 000 à 700 000 F/an

3.3.2 Gestion technique centralisée

Nota : on se reportera à l'article Domotique [C 3 781] de ce traité.

La gestion technique centralisée (GTC) est un concept qui fait l'objet d'une publicité intensive depuis quelques années. En fait les propos tenus dans de nombreux articles ou communications s'appliquent à des techniques souvent expérimentales et en avance de plusieurs années sur la réalité. Aussi les objectifs qui seront fixés à la gestion technique centralisée devront-ils être déterminés avec la plus grande prudence et estimés avec le plus grand soin. Le coût de l'investissement supplémentaire et celui de son entretien devront être comparés aux facilités attendues et à l'économie d'exploitation susceptible d'être réalisée.

Il faut tout d'abord renoncer à l'idée séduisante, mais irréaliste, de vouloir regrouper dans un même système toutes les fonctions de gestion technique de l'établissement (§ 3.3.4). En fait, la GTC n'assurera que la gestion du chauffage-ventilation, la sécurité incendie et les autres alarmes étant gérées par des systèmes séparés. Elle permettra d'intervenir directement sur la régulation des sous-ensembles de traitement (chaudières, groupes froid,

centrales de traitement d'air) et sur la régulation de température finale dans les pièces. Elle permettra également la visualisation instantanée de tous les paramètres sur des schémas de fonctionnement.

Pour un projet avec chauffage-ventilation-climatisation tel qu'évoqué au paragraphe 3.3.1, le coût de l'installation de GTC proprement dite avec ses matériels et son logiciel sera de l'ordre de 1 MF. Par ailleurs, des suppléments sont à prévoir sur l'équipement des sous-ensembles afin qu'ils deviennent compatibles avec le système central, de l'ordre de 1 MF également. Si l'utilisateur souhaite tirer parti de tous les avantages offerts par le système, il devra encore investir sur les points de mesure supplémentaires et créer ensuite lui-même les logiciels d'exploitation correspondants. En effet, le marché n'offre pas encore de système interactif analysant en détail le traitement de l'air et les consommations d'énergie que l'exploitant serait en droit d'attendre. Le conseil d'un bureau d'études spécialisé est donc requis.

3.3.3 Ascenseurs

Nota : on se reporterà aux articles *Circulation mécanique des personnes à l'intérieur des bâtiments* [C 3 720] [C 3 721] [C3 722] du présent traité.

Toute école a besoin de monte-chARGE pour l'approvisionnement des laboratoires, mais également pour permettre les transferts des mobilierS. Il faut aussi considérer qu'un handicapé doit avoir accès à tout type de salle ou d'enseignement. Aussi, au moins un ascenseur sera-t-il en général nécessaire.

Le coût d'un appareil se situe entre 300 000 et 500 000 F, et il faut compter dépenser chaque année l'équivalent de 10 % du prix pour l'entretien. Il convient d'en minimiser le nombre par la conception architecturale du projet. L'existence de galeries ou passerelles entre bâtiments peut être une réponse à cette question.

Dans les bâtiments de plus de 4 niveaux où les élèves peuvent utiliser les ascenseurs, il convient de bien étudier les flux de pointe, le trafic risquant d'être paralysé à certains moments de la journée. Une réponse à ce problème peut être donnée par l'adjonction d'un dispositif de régulation programmable qui permet de condamner des niveaux à certaines heures de la journée.

Dans le cas où l'accès aux locaux de stockage se ferait par un monte-chARGE, celui-ci devra accepter des palettes de 1,20 m × 1,20 m ou 1,20 m × 1,80 m, avec une garde de 0,20 m entre la palette et les parois. La hauteur conseillée est de 2,10 m s'il doit y avoir transport d'armoires.

3.3.4 Poste de sécurité

La réglementation, telle qu'elle figure au chapitre XI « Moyens de secours contre l'incendie » du Règlement de sécurité contre l'incendie applicable aux ERP [5], implique l'existence d'un poste de sécurité occupé en permanence pendant la présence du public dans l'établissement.

Ce poste de sécurité tel que défini à l'article MS50 recevra donc les contrôles des appareillages requis par la réglementation :

- systèmes d'alarme (voir IT 247) ;
- dispositifs de fermeture résistant au feu (voir IT 246) ;
- dispositifs de désenfumage (voir IT 246) ;
- liaison téléphonique avec les sapeurs pompiers ;
- contrôle du groupe de secours éventuel.

À ces fonctions seront ajoutés tout ou partie des contrôles suivants :

- contrôle des entrées (par détecteurs d'ouvertures, caméras, interphones...) ;
- contrôle de l'allumage des parties communes et des extérieurs ;
- contrôle de fonctionnement du réseau électrique ;
- contrôle de fonctionnement du chauffage-ventilation ;
- contrôle de fonctionnement des ascenseurs.

Bien que de nombreux articles se fassent les avocats de systèmes centralisés effectuant toutes les opérations relatives à la gestion technique d'un établissement, les expériences faites actuellement incitent à gérer séparément les fonctions qui ne sont pas apparentées.

En premier lieu, les appareillages de sécurité exigés par la réglementation doivent être homologués, ce qui exclut tout appareillage commun si ce n'est en aval pour afficher ou imprimer le détail des anomalies ou alarmes.

L'affichage et l'impression des entrées-sorties, en dehors des heures d'ouverture, se fera en liaison directe avec les images vidéo prises par les caméras concernées, ces images pouvant être enregistrées.

Le contrôle de fonctionnement des ascenseurs est un dispositif spécifique à certains constructeurs qui ne peut être que totalement autonome.

En ce qui concerne le fonctionnement du réseau électrique et l'éclairage des parties communes, il est préférable de s'en tenir à une solution traditionnelle dans le cas des établissements traités ici. Il suffira donc qu'une ou plusieurs baies signalent par des diodes le fonctionnement des différentes armoires et reçoivent les contacts d'enclenchement des éclairages.

Dans le cas où le fonctionnement de l'installation de chauffage-ventilation-climatisation est contrôlé par un micro-ordinateur, celui-ci se trouve en général dans le poste de sécurité. Bien que l'agent de permanence n'ait pas compétence pour modifier les réglages des paramètres, l'écran lui permettra d'être informé des anomalies de fonctionnement et de prévenir le technicien compétent.

Le poste de sécurité abritera également le système d'amplification destiné aux appels urgents ainsi que le système de distribution de l'heure. Il recevra également le registre de sécurité réglementaire.

3.3.5 Autocommutateur et réseau téléphonique

Nota : on se reporterà à la rubrique *Télécommunications* du traité Télécoms.

Du fait du développement de la communication et de la bureautique, l'autocommutateur avec son réseau et ses postes individuels est un outil qui doit être privilégié, compte tenu de la modicité relative de l'investissement et du coût de fonctionnement en comparaison de ceux liés aux techniques de communication basées sur l'utilisation de l'informatique en particulier. Mais surtout, la simplicité d'accès et d'utilisation des fonctions liées au téléphone n'est plus à démontrer.

Deux fonctions de base doivent être assurées par le réseau téléphonique :

- la communication vocale directe sans passer par un standard [lignes SDA (sélection directe à l'arrivée)], avec possibilité de mémoire des messages par boîte vocale ;

— la communication écrite par télecopie à laquelle s'ajoutent deux fonctions secondaires :

- la communication par écran Minitel,
- la communication informatique (*via* modems).

La messagerie vocale est particulièrement importante dans une école car l'enseignant n'est que peu de temps dans son bureau. L'enregistrement du message évite le temps passé à une recherche infructueuse tant par une secrétaire que par une standardiste.

La définition de l'autocommutateur devra donc prévoir un numéro direct SDA ainsi qu'une boîte vocale pour chaque enseignant ou administratif. Tout département disposera d'une télecopie. Bien entendu, toutes les fonctionnalités actuelles du RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) seront demandées, même si elles ne sont pas encore d'usage courant.

Le réseau téléphonique, installé en parallèle mais non confondu avec le réseau informatique, prévoira au minimum une prise téléphonique dans chaque pièce, avec dans les bureaux un nombre de prises supérieur d'une unité au nombre d'occupants. Le câblage sera effectué soit en 2 paires de type PTT, soit en 4 paires de type informatique, cette dernière solution ménageant l'avenir.

Coût d'un autocommutateur numérique avec deux liaisons MIC (Modulations par Impulsions Codées), boîtes vocales et 400 postes individuels : 1,3 à 1,5 MF TTC (1991).

Coût du câblage complet (téléphone, informatique) d'une école de 25 000 m² : 1,2 à 1,6 à MF TTC (1991).

3.3.6 Distribution électrique

Les problèmes de la distribution électrique sont parfaitement maîtrisés par les bureaux d'études et les installateurs.

Les installations électriques doivent être conformes aux règles du Code du travail et, si elles sont plus exigeantes, aux recommandations édictées par l'Éducation nationale [3]. On choisira un raccordement à la terre de type TT dans tous les cas où cela sera possible.

Dans le cas particulier des écoles, il faut remarquer qu'un très grand nombre de prises de courant est toujours demandé afin de permettre divers types d'aménagement et d'utilisation des salles, mais que la puissance globale utilisée par ces prises est relativement faible. Aussi, le bureau d'études devra-t-il veiller particulièrement au bon choix des coefficients de foisonnement et, si besoin est, faire des relevés dans un établissement comparable.

En dehors des laboratoires qui ont été traités au paragraphe 3.1.4, toute prise de courant doit pouvoir supporter un ensemble informatique, ou une photocopieuse, ou un petit radiateur électrique. Là encore il semble que les prises de courant peuvent être regroupées en parallèle, la moyenne étant de 1,5 kW par prise en utilisation simultanée.

La question du secours de certaines prises alimentant des stations informatiques peut se poser. La réponse dépendra des cas particuliers, mais en général il sera préférable de protéger et de secourir localement seulement les points importants tels les serveurs de réseaux.

L'importance des équipements de sécurité et le classement de l'établissement peuvent justifier l'installation d'un groupe de secours réservé à cet usage. Celui-ci alimentera directement les organes à secourir (désenfumage, ascenseurs, alarmes...) par des câbles protégés.

L'installation de groupes électrogènes pour l'écrêttement des jours de pointe (EJP), permettant d'obtenir un rabais de 50 % sur les tarifs EDF (article *Système tarifaire de l'électricité en France* [D 4 930]), est préconisée par certains. Mais en dehors de l'investissement supplémentaire, cette installation entraîne des coûts élevés de maintenance afin de la rendre en permanence disponible.

3.3.7 Câblage informatique

Différents principes et systèmes de câblage sont proposés par les fournisseurs. La technique de câblage étant désormais indépendante de l'architecture du réseau, il importe de choisir le câblage le plus universel et le moins coûteux.

Le BCS (*Bull Cabling System* ou *Building Cabling System*) développé conjointement par Bull, CTM et France Télécom a l'avantage de permettre de hauts débits (10 Mbit) en utilisant la paire torsadée et des composants semblables à ceux utilisés en téléphonie classique [17]. C'est le système qui a été adopté par la région Ile-de-France pour tous les nouveaux lycées [18].

La donnée principale à prendre en compte est la distance maximale de 100 m entre la prise et le local de répartition ou baie de brassage.

Les locaux de répartition devront être judicieusement répartis sur des alignements verticaux de telle sorte qu'ils soient à faible distance et à moins de 100 m l'un de l'autre, tous les locaux desservis étant distants de moins de 100 m du sous-répartiteur. Les liaisons entre différents locaux de répartition se font par des raccades soit verticales, soit horizontales. En dehors des sous-répartiteurs sur lesquels aboutissent les câbles, ces locaux abritent les boîtiers qui constituent les nœuds des réseaux, et éventuellement les serveurs de ces réseaux avec leur alimentation régulée. Ils doivent donc être équipés d'arrivées de courant et d'une ventilation.

Les écoles d'ingénieurs ayant une utilisation intensive des logiciels de CAO ou DAO, ou encore de la transmission d'images, s'équiperont en réseaux plus performants (100 Mbit/s) à base de câble coaxial ou de fibre optique.

3.3.8 Vidéodistribution

Le câblage de type BCS peut dès à présent distribuer des images par le biais de techniques numériques de compression. Ces techniques étant encore loin d'être figées, il importe de disposer, en un certain nombre de points du bâtiment, de la modulation en provenance des chaînes hertziennes, du câble ou des antennes satellite. Les points desservis seront les amphithéâtres, salles de langues, salles audiovisuelles, halls et cafétéria. Il s'agira d'une simple distribution de type immeuble collectif, qui pourra également supporter un canal vidéo interne.

3.3.9 Autres moyens

3.3.9.1 Imprimerie. Reprographie

Les grandes écoles disposent actuellement pour la plupart de petites imprimeries intégrées utilisant conjointement l'offset et la reprographie pour produire essentiellement des supports de cours et quelques brochures en une ou deux couleurs. Il a été démontré que le coût de ces petites imprimeries pouvait être prohibitif, l'offset demandant du personnel qualifié et du temps de préparation, les brochures de qualité et la quadrichromie étant la plupart du temps sous-traitées à l'extérieur.

Par ailleurs, la souplesse et la facilité offertes par la reprographie ont entraîné une augmentation de la demande de tirages qui atteignent plusieurs milliers de feuilles par étudiant et par an. Aussi, la réponse à cette demande ne peut-elle être donnée que par une machine de reprographie à très haut débit (200 copies/minute) qui trie, insère les couvertures, agrafe ou colle les documents. Le personnel n'a plus pour tâche que de régler la machine et d'assurer son alimentation en originaux et en feuilles vierges.

Un local de 75 m² muni d'une évacuation d'air pour la photocopieuse (3,5 kW) et pour l'encolleuse suffit pour abriter la machine, ainsi qu'un massicot, une plieuse, une colleuse et une agrafeuse pour des formats particuliers. La puissance électrique installée sera de 30 à 50 kW. Il faudra un autre local de 50 m² pour stocker les palettes de feuilles A4, ces deux locaux étant facilement accessibles de l'extérieur comme de l'intérieur de l'établissement.

Pour les copies en faible nombre, les administratifs, enseignants et étudiants doivent pouvoir utiliser des photocopieuses de proximité dont le fonctionnement est commandé par carte magnétique. Une personne devra être chargée de la surveillance et de l'alimentation en papier des machines, les chargeurs de feuilles blanches devant être protégés des convoitises.

Si la quantité de travaux particuliers à sous-traiter est importante, il est souhaitable d'avoir un professionnel assurant la liaison avec les imprimeurs et faisant l'élaboration des maquettes, dont le bureau sera à proximité du centre de reprographie.

3.3.9.2 Infirmerie

La présence d'une infirmière-assistante sociale est souhaitable dans une école pour assurer les soins courants, le suivi des carnets médicaux et l'assistance morale aux élèves. Sur 100 m² environ, l'infirmier sera composée d'un salon d'attente, d'une salle d'examen avec cabines d'accès, d'une salle de soins, du bureau du médecin, d'un cabinet d'analyses, d'un ensemble sanitaire avec une douche et de deux chambres de repos avec lit et lavabo.

3.3.9.3 Économat

Un économat d'au moins 50 m² doit rassembler les stocks de fournitures diverses nécessaires à la vie de l'établissement. Cette pièce abrite également le responsable de l'achat et de la gestion des fournitures.

3.4 Numérotation des salles

La numérotation des salles est un travail extrêmement important qui doit être entrepris le plus tôt possible, c'est-à-dire dès la phase APS (avant-projet sommaire), sous l'égide du responsable du projet. En effet, du choix qui sera fait dépendra la facilité avec laquelle des générations d'étudiants et d'enseignants utiliseront les locaux. Cette numérotation doit se faire au départ du projet pour que tous les plans d'architecte et d'entreprises utilisent les mêmes repères. Tout projet qui n'effectue pas au départ cette démarche juxtaposera le plus souvent des repères de salles établis par l'architecte avec d'autres établis par les bureaux d'études et les entreprises, lesquels en fin d'opération devront être remplacés par ceux des utilisateurs. Il s'ensuit toujours une grande confusion qui risque de perturber au moins l'exploitation technique durant toute la vie de l'établissement.

La numérotation des salles doit être aussi naturelle que possible afin que les utilisateurs puissent les retrouver autant par le raisonnement que par la mémoire. S'il y a plusieurs bâtiments le premier caractère (lettre ou chiffre) caractérisera le bâtiment. Le deuxième caractère caractérisera le niveau, en évitant si possible les valeurs négatives qui entraînent des confusions. Les deux derniers caractères, allant de 01 à 99, permettront de repérer toutes les pièces d'un même niveau et d'un même bâtiment.

Lorsque les niveaux sont identiques et à plus forte raison si plusieurs bâtiments sont identiques, les mêmes positions se traduiront par les mêmes numéros. En cas de trame régulière, la solution peut être de prendre comme unité la trame de la pièce la plus petite. Cela signifie que les numéros ne sont pas forcément consécutifs, mais que les numéros manquants peuvent être utilisés lors d'un recloisonnement.

La différenciation pair-impair selon le côté du couloir, communément utilisée dans les hôtels et bâtiments publics, est déconseillée. Des tranches décimales complètes doivent être appliquées à des segments de couloirs bien déterminés.

3.5 Organisation des clés et des passes

Il est très important que le numéro de chaque porte soit lié au numéro de la pièce correspondante, le canon de la serrure étant identique lorsqu'il y a deux portes. Un choix doit donc être fait pour chaque porte de communication entre pièces, la liant à l'une seulement des deux pièces.

L'organisation des passes est une question qu'il faut absolument éviter de lier à des problèmes d'affectation de pièces ou de territoires tels ceux des départements. Procéder ainsi va à l'encontre de l'évolution et de la souplesse de l'organisation pédagogique.

Les seuls passes organisationnels doivent être ceux liés à des groupes de locaux particuliers dont l'implantation est inamovible, tels que cuisines, locaux techniques et éventuellement des ensembles pédagogiques autonomes tels que bibliothèque ou salle informatique.

Les passes destinés aux équipes de nettoyage doivent couvrir les zones susceptibles d'être traitées par une même personne ou une même équipe. Ils couvrent en général les bureaux et salles d'un même niveau.

Avec les précédents, les passes destinés aux équipes pédagogiques sont les seuls à être véritablement fonctionnels. Ils couvrent toutes les salles de cours, tous les amphithéâtres, toutes les salles de travail... ouverts aux élèves. Pour les équipes pédagogiques, il peut y avoir un passe général et des passes par niveaux qui seront confiés aux secrétariats.

4. Conception du schéma d'organisation et architecture générale du projet

Une fois que la maîtrise d'ouvrage a diffusé les données générales du programme, avec le concours éventuel d'un cabinet de programmation, il est nécessaire de définir les principes d'architecture et d'organisation du projet qui seront introduits dans le cahier des charges.

Cette architecture générale du projet doit prendre en compte trois types de données dans l'ordre suivant :

- la nature et la situation de l'espace disponible ;
- le fonctionnement interne souhaité ;
- l'application des règles de sécurité ;
- la facilité et le coût du fonctionnement technique.

Tous ces éléments sont évidemment interdépendants mais il est possible de les examiner un par un.

4.1 Nature et situation de l'espace disponible

Il est évident que le fait de disposer d'un vaste terrain permettra de juxtaposer plusieurs bâtiments de faible hauteur, alors qu'une surface plus réduite imposera une plus grande cohésion et qu'une parcelle située en ville imposera une construction en hauteur.

Chaque solution a ses avantages et ses inconvénients qui devront être pris en compte par la maîtrise d'ouvrage du projet.

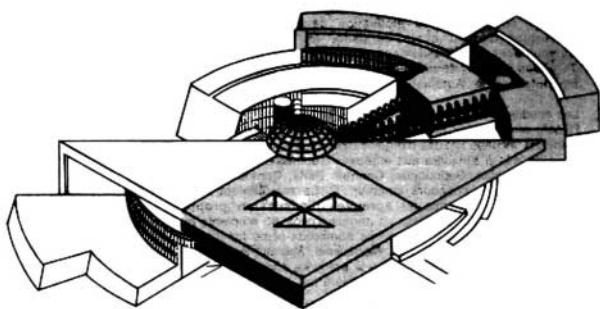
La situation du ou des bâtiments doit prendre en compte deux impératifs contradictoires, à savoir l'obligation de disposer de nombreuses sorties de secours (art. C038 du Règlement de sécurité [5]) et la nécessité d'assurer une surveillance constante des entrées et sorties. Il faut donc pouvoir ceinturer l'espace disponible de manière à assurer le contrôle en un point de passage obligé.

4.2 Fonctionnement interne

Les projets considérés comme une réussite du point de vue fonctionnement ont en général un pôle s'il s'agit de bâtiments séparés sur un campus, ou un axe s'il s'agit d'un ensemble groupé.

Le premier cas de figure pourrait être illustré par plusieurs exemples d'Universités technologiques construites ces dernières années dans des pays étrangers. Une réalisation plus proche et plus récente (1992) est l'institut Français de Mécanique Avancée (IFMA) de Clermont-Ferrand (figure 2). Celui-ci offre 13 200 m² de surface utile nette.

Articulés autour d'une sphère centrale, nœud de liaison de l'Institut, et reposant sur le centre de documentation, trois bâtiments d'enseignement se développent sur cinq niveaux dans un mouvement concentrique et hélicoïdal qui aboutit à un quatrième bâtiment linéaire abritant les ateliers spécialisés et une halle technique. Chacun des trois premiers bâtiments abrite un pôle d'enseignement



L'usine-pilote ou halle technique et deux des trois bâtiments constituent la première phase du projet (en gris) achevée en 1992. La seconde partie sera livrée courant 1995

Figure 2 – Institut Français de Mécanique Avancée (IFMA) à Clermont-Ferrand (Architectes : Cabinets AMEIL et JALICON)

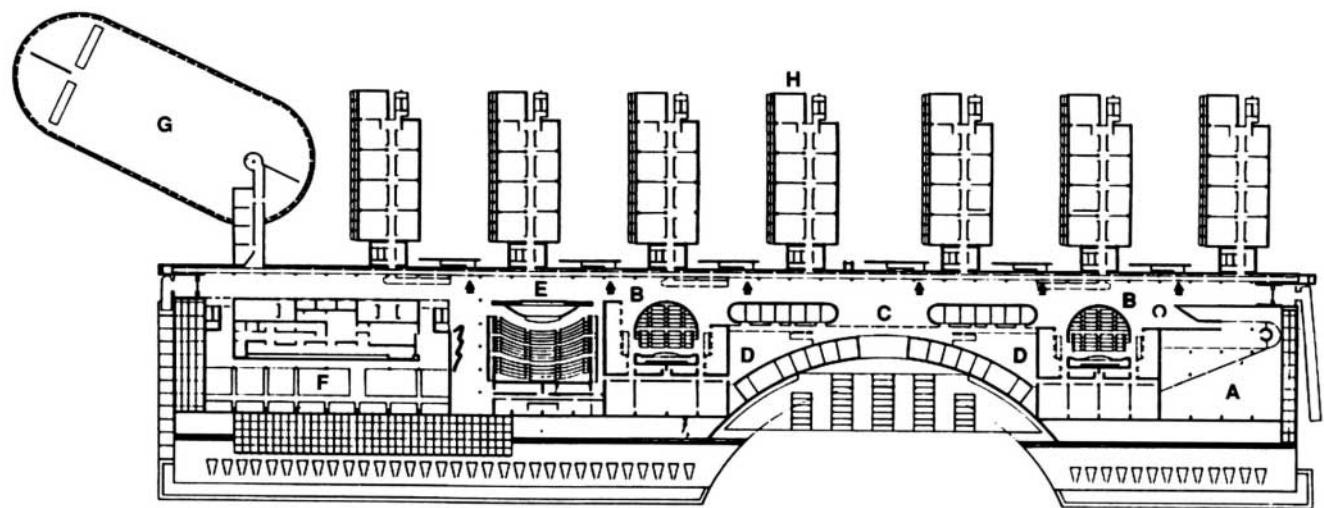
spécifique situé à une distance de la halle technique proportionnelle à son degré de complémentarité dans la formation :

- systèmes de production automatisés ;
- mécanismes, machines et systèmes ;
- produits et structures.

Ils font de 2 000 à 2 200 m² environ de surface utile nette, tandis que le quatrième bâtiment appelé centre de transfert technologique offre 2 800 m² utiles nets. Ce dernier est conçu pour être utilisé indépendamment des autres bâtiments. Un cinquième bâtiment associé à 3 amphithéâtres accueille les enseignements banalisés.

Le rassemblement de plusieurs bâtiments permet à la fois d'alléger les exigences de la sécurité incendie et de maîtriser parfaitement le contrôle des accès, évitant en particulier l'installation d'une clôture. Les logements des étudiants et la restauration sont installés à proximité.

Le deuxième cas est représenté par l'ESIEE (1978), à Marne-la-Vallée (figure 3), construit sur 4 ha, où une galerie de 230 m bordée de coursives fait communiquer, d'un côté, des bâtiments d'enseignements spécifiques avec, de l'autre côté, les moyens communs à toute l'école : bibliothèque, amphithéâtres, informatique, administration, auditorium, cafétéria, restaurant. L'ensemble fait 19 000 m² de surface utile nette pour 29 000 m² de surface hors œuvre nette (SHON).



A bibliothèque	C accueil	E auditorium (350 places)	G gymnase
B amphithéâtres (4)	D administration	F restaurant	H départements enseignement

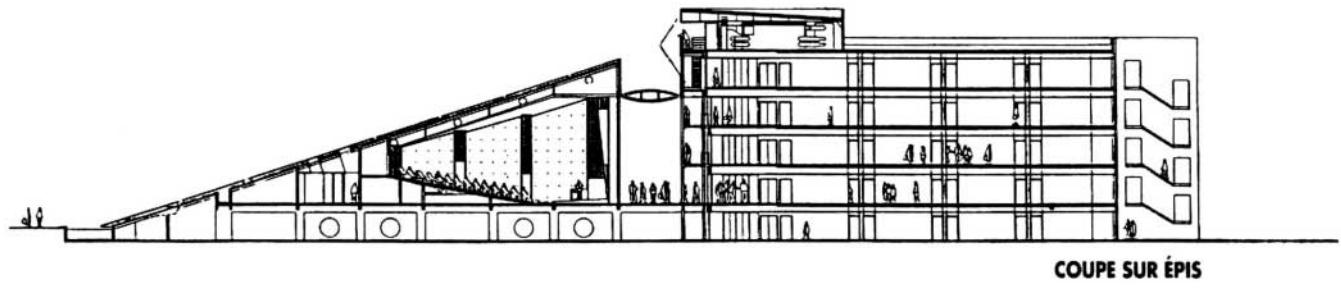


Figure 3 – École Supérieure d'Ingénieurs en Électrotechnique et Électronique (ESIEE) à Marne-la-Vallée (Architecte : Dominique PERRAULT)

Un certain nombre de réalisations récentes parmi les écoles de commerce, IUT et même lycées adoptent une topologie de ce type.

La troisième illustration est celle d'une construction récente (1992) de 26 500 m² SHON (17 000 m² utiles nets) située à Paris sur un terrain de 5 000 m² (figure 4) ! Les concepteurs se sont efforcés de situer sur deux rez-de-chaussée, haut et bas, les principaux nœuds de communication mais n'ont pu y réussir qu'en partie étant donné la faiblesse de l'emprise au sol.

Dans tous ces établissements les règles générales suivantes sont respectées :

- salles à fort taux d'occupation à proximité immédiate du nœud ou de l'axe principal ;
- accueil des populations les plus jeunes dans un premier rayon à partir de ces points ;
- accueil des laboratoires et enseignements spécifiques dans un deuxième rayon ;
- accueil des populations plus âgées (formation continue et recherche) dans un troisième rayon ;
- bureaux d'enseignants répartis sur tout l'établissement mais en retrait (étages supérieurs) des zones les plus agitées.

Plus l'établissement est compact, plus les flux de circulation doivent être régis par les dispositions imposées par le Règlement de sécurité contre l'incendie, qui sont traitées au paragraphe suivant.

4.3 Intervention des règles de sécurité dans la conception

Les règles de sécurité contre l'incendie dans les établissements recevant du public (ERP) sont étudiées dans l'article *Sécurité contre l'incendie dans les établissements recevant du public (ERP)* [C 3 280] de ce traité. Un autre article de ce traité traite des immeubles de grande hauteur (IGH), mais ce cas ne sera pas abordé car l'IGH est pratiquement déconseillé pour des « disciplines autres que littéraires, juridiques ou humaines » (art. GHR2).

Nota : toutefois, il faut savoir que la réalisation d'un ERP dont la hauteur approche 28 m au dernier niveau de plancher peut être plus contraignante que s'il s'agissait d'un IGH. Cet élément est une raison supplémentaire pour que l'aspect sécurité de tout nouveau projet fasse l'objet d'une étude spécifique.

L'importance du Règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux ERP, tel qu'il est applicable aux constructions nouvelles, est encore mal perçue par les responsables et concepteurs de projet. Il est impératif qu'au départ de tout projet le responsable prenne une parfaite connaissance du chapitre Construction (art. CO1 à CO56) du règlement en question [5].

Le premier point à prendre en considération est l'accessibilité des bâtiments par les façades qui est fonction de leur hauteur. Bien que cela ne soit pas explicité dans les textes, il faut savoir que les pièces recevant des élèves et équipées d'ouvrants autres que les fenêtres à la française seront considérées comme inaccessibles par les pompiers. Cela entraîne des mesures compensatoires telles que détection individuelle dans chaque pièce et percement de baies d'accès dans les façades (art. CO1 à CO10).

Le deuxième point est le classement de l'établissement. Celui-ci peut être divisé en plusieurs établissements de catégorie inférieure si les bâtiments sont éloignés de plus de 8 m, ou séparés par des parois coupe-feu 2 h (art. GN1 à GN3).

Le troisième point est le regroupement obligatoire des niveaux en secteurs ou en compartiments, qui a des conséquences sur la conception de certaines zones homogènes (bibliothèque, halls, restaurant...) et sur l'équipement de désenfumage (art. CO23 à CO26).

Le quatrième point est le calcul des dégagements : couloirs, escaliers, sorties. L'application des règles rejâillit évidemment sur les flux de circulation et les communications à l'intérieur de l'établissement (art. CO38).

La conception du désenfumage telle qu'elle est demandée par l'Instruction technique n° 246 ne pourra être effectuée que par un bureau d'études spécialisé.

Cette instruction demande :

- la mise à l'abri des fumées ou le désenfumage des escaliers ;
- la mise à l'abri des fumées ou le désenfumage des circulations ;
- le désenfumage des locaux accessibles au public.

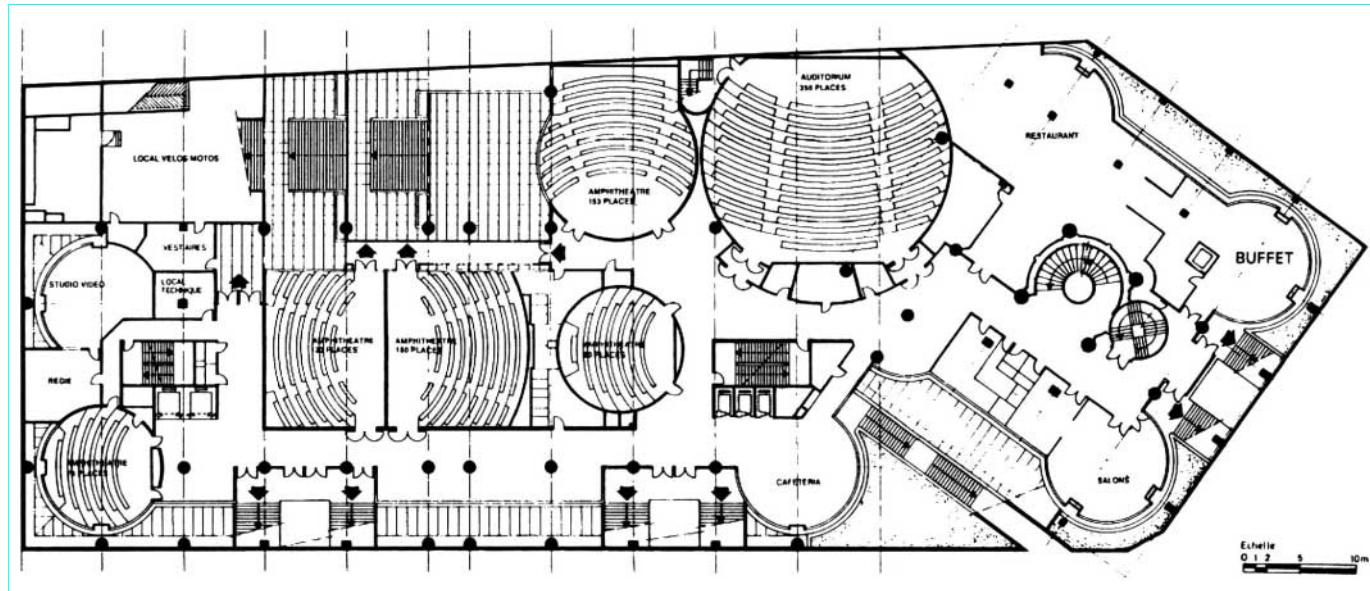


Figure 4 – Centre de formation Champerret (NEGOCIA - EAP - CPA) (Architecte : ANDRAULT PARAT)

Néanmoins, il faut avoir toujours présent à l'esprit que les solutions faisant appel au désenfumage naturel sont préférables aux solutions mécaniques et qu'il faut toujours s'efforcer de ne pas avoir à implanter de réseau de gaines supplémentaire pour effectuer ce désenfumage. Si ce réseau doit exister, il faut prévoir, dès le départ, les trémies verticales qui assureront la collecte et le rejet des fumées, ainsi que les arrivées d'air extérieur.

Il faut insister sur la nécessité de prendre en compte lors du tracé des circulations et des cloisonnements la présence des installations de lutte contre l'incendie (extincteurs, dévidoirs, colonne sèche), des panneaux de sécurité, des sirènes d'alarme, des éclairages de secours et de sécurité. Dans la plupart des projets, ces équipements sont ajoutés au dernier moment, préjudicier l'esthétique intérieure de l'établissement.

4.4 Importance de la conception technique

Au stade de l'avant-projet, les contraintes de l'exploitation technique du bâtiment passent trop souvent au second plan. C'est à ce moment qu'il faut obtenir du bureau d'études une estimation des coûts de fonctionnement avec la prise en compte de quelques variantes.

Le détail des principaux points est repris au paragraphe 6.

5. Déroulement de l'opération de construction

5.1 Rôle du maître d'ouvrage

La définition des rôles respectifs de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre ainsi que celle des rapports entre maîtrise d'ouvrage publique et maîtrise d'œuvre privée fait l'objet de la loi 85-704 du 12 juillet 1985 complétée par la circulaire 86-24 du 4 mars 1986 et modifiée par la loi 88-1090 du 1^{er} décembre 1988 [19].

La maîtrise d'ouvrage d'un établissement d'enseignement supérieur implique presque toujours l'État, un établissement public ou une collectivité territoriale. Aussi l'application du code des marchés publics est-elle requise.

Des textes récents ont rappelé à plusieurs reprises l'étendue des responsabilités du maître d'ouvrage et les limites des tâches qu'il peut déléguer. En effet, bien que les responsabilités des intervenants à l'opération soient clairement situées par les textes et bien qu'ils soient tous couverts par des assurances obligatoires, le préjudice final de toute erreur ou défaillance de l'un quelconque des intervenants incombera toujours au maître d'ouvrage. Les indemnités ou retenues, toujours obtenues à l'issue d'un long contentieux, ne peuvent en effet jamais compenser les coûts entraînés par une erreur de conception.

Bien que le rôle de la maîtrise d'ouvrage soit étudié extensivement dans l'article *Marchés et concessions de travaux publics* [C 71] du présent traité, il est nécessaire de préciser son objet et l'accomplissement de ses fonctions dans le cadre d'un projet de grande école. En effet, la définition classique du maître d'ouvrage : « *personne pour le compte de laquelle sont exécutés les travaux* », est insuffisante dans ce cas. La maîtrise d'ouvrage est, le plus souvent, le regroupement d'un certain nombre d'intervenants publics et parfois privés, lesquels pourront déléguer une part de leurs responsabilités à un organisme spécialisé qui jouera le rôle de maître d'ouvrage délégué.

À de nombreuses reprises le législateur et la Commission des marchés publics ont rappelé aux maîtres d'ouvrage l'étendue de leurs responsabilités et l'impossibilité qu'il y a de les déléguer en totalité à un tiers.

À partir de la définition complète qui est :

« *Le maître d'ouvrage est la personne physique ou morale pour le compte de laquelle sont exécutés les travaux. Son rôle est de définir le but à atteindre (programme), d'organiser son financement, de passer les marchés et de s'assurer du respect de leurs dispositions* ».

Le contenu de la maîtrise d'ouvrage a été explicité dans les termes suivants qu'il est nécessaire d'apprécier avant le lancement de toute opération, et plus particulièrement lorsqu'il s'agit d'un projet d'enseignement :

— « *Dire d'une personne physique (ou privée) qu'elle a la maîtrise d'ouvrage de telles ou telles constructions n'est donc pas seulement constater que ces constructions sont réalisées pour son compte, mais affirmer que cette personne morale assume la charge et la responsabilité de l'ensemble des décisions qui concourent à la production de l'ouvrage et à son affectation, à savoir :*

- définir les besoins ;
- définir et mettre en place les moyens de financement ;
- choisir le site ;
- choisir le maître d'œuvre et l'œuvre ;
- désigner et animer les exécutants ;
- veiller au bon déroulement de l'opération et recevoir l'ouvrage ;
- remettre l'ouvrage au service affectataire ;
- s'informer de la façon dont l'ouvrage fonctionne et en tirer des leçons pour l'avenir.

Ce contenu constitue un tout nécessaire. Le fait que le maître d'ouvrage public, comme le maître d'ouvrage privé, doive respecter telles ou telles règles générales et qu'il recoure à des mandataires responsables devant lui ne porte en rien atteinte à ses responsabilités propres de décideur.

Tout maître d'ouvrage doit avant de décider de construire, et au cours de la période préparatoire à l'élaboration du programme, réfléchir, pour autant qu'elle relèvera de lui, à la politique d'entretien.

5.2 Rôle de la maîtrise d'œuvre

5.2.1 Choix de la maîtrise d'œuvre

Une fois que le maître d'ouvrage a déterminé, avec une assistance éventuelle, le programme et son enveloppe financière, il doit passer un contrat de maîtrise d'œuvre avec une personne physique ou morale, ou un groupement pluridisciplinaire qui a vocation à concevoir l'ouvrage en respectant les objectifs et contraintes du programme, ainsi qu'à coordonner l'exécution des marchés de travaux et à proposer leur réception.

Le maître d'ouvrage peut confier à la maîtrise d'œuvre tout ou partie des éléments de mission suivants :

- les études d'esquisse ;
- les études d'avant-projets ;
- les études de projet ;
- l'assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation des contrats de travaux ;
- les études d'exécution, ou l'examen de la conformité du projet et le visa de celles qui ont été faites par l'entrepreneur ;
- la direction de l'exécution du contrat de travaux ;
- l'ordonnancement, le pilotage et la coordination du chantier ;
- l'assistance apportée au maître d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement.

Tous les éléments de mission sont parfaitement définis et détaillés dans le Code des marchés publics – marchés d'architecture et d'ingénierie [20]. Celui-ci fixe également la procédure des concours d'architecture. Trois procédures de concours sont envisageables :

- concours sur esquisse ;
- concours APS (avant-projet sommaire) ;
- concours conception-construction.

Le concours sur esquisse est encore le plus utilisé. Il est adapté lorsqu'il n'y a pas de difficulté technique dans le projet, par exemple lorsqu'il consiste en bâtiments séparés de faible hauteur sur un campus.

Le concours APS est plus lourd mais est maintenant très utilisé pour des projets scolaires et universitaires. Il permet au maître d'ouvrage de vérifier l'adaptation des projets au programme et de juger, entre autres, de la façon dont le concepteur a intégré les prescriptions du Règlement de sécurité.

Le concours conception-construction, autorisé par l'article 18 de la loi de 1985, est maintenant utilisé par les collectivités territoriales pour la construction de lycées, après l'avoir été par l'État pour la construction d'établissements pénitentiaires. La préparation du programme est plus lourde pour le maître d'ouvrage, mais cette procédure lui offre des garanties financières et de bon achèvement que les dispositions traditionnelles ne peuvent apporter. Cependant la complexité de mise en œuvre en réserve l'utilisation à des opérations bien définies et répétitives comme les vingt lycées annuels construits actuellement en Ile-de-France, ou bien à des opérations de faible envergure qui doivent être menées très rapidement.

5.2.2 Constitution des équipes

Les équipes appelées à concourir doivent être choisies avec le plus grand soin. À ce choix est naturellement liée la réussite du projet de construction.

En ce qui concerne l'architecte, il faut tout d'abord établir une liste des agences ayant réalisé, dans les années qui précédent, un projet à finalité d'enseignement et de taille similaire. De cette liste on retiendra les trois noms dont la motivation pour le projet apparaît la plus solide, après s'être assuré que l'architecte de projet et d'exécution aura bien occupé la même place dans le projet précédent. À ces trois noms pourra être ajouté celui d'un jeune architecte qui se sera fait remarquer par une première réalisation.

Parallèlement une liste des bureaux d'études à vocation généralistes acceptables par le maître d'ouvrage sera dressée en tenant compte de critères locaux et nationaux. S'ils n'ont pas encore réalisés d'établissement d'enseignement supérieur, les bureaux d'études devront avoir une très bonne expérience des établissements recevant du public (ERP).

Le maître d'ouvrage demande alors à chaque architecte retenu de se rapprocher de l'un des bureaux d'études figurant sur la liste. C'est conjointes et solidaires que les deux équipes associées répondront à l'appel d'offres.

Dans le cas de la conception-construction on s'efforcera autant que possible d'associer les entreprises retenues à une équipe de conception offrant les garanties citées précédemment.

5.2.3 Jugement du concours

La composition du jury dépendra des règles imposées à la maîtrise d'ouvrage par son statut particulier.

Dans tous les cas les dossiers devront faire l'objet d'une étude extrêmement détaillée par les concepteurs du projet, assistés éventuellement d'un cabinet spécialisé, qui remettront leur rapport aux membres du jury.

L'examen des honoraires demandés sera fait par référence aux décompositions données par les Instructions annexées au Code des marchés publics.

Le projet choisi peut impliquer un taux d'honoraires plus élevé que celui des concurrents. La qualité ou l'économie du projet devront justifier l'écart.

Pour avoir toutes les garanties nécessaires le maître d'ouvrage devra faire chiffrer ou vérifier par un économiste le coût du projet retenu.

L'ordre de grandeur de la rémunération du concours a été indiqué au paragraphe 2.1.

5.2.4 Missions de la maîtrise d'œuvre

On ne donne pas en général à la maîtrise d'œuvre l'ensemble des missions définies par les textes. Les éléments suivants sont le plus souvent pris en considération :

- études de projet : (éventuellement APS), APD, dossier permis de construire et notice de sécurité, dossiers marchés ;
- assistance au maître de l'ouvrage pour passation des contrats de travaux ;
- examen de la conformité des études d'exécution faites par la ou les entreprises ;
- direction de l'exécution du ou des contrats de travaux ;
- ordonnancement, pilotage et coordination du chantier (voir ci-après) ;
- assistance au maître d'ouvrage lors des opérations de réception.

La mission Ordonnancement, Pilotage et Coordination du chantier (OPC) est une mission très spécifique qui revêt une importance particulière si les travaux sont effectués en lots séparés. Aussi le maître d'ouvrage a-t-il tout intérêt dans ce cas à traiter directement avec un bureau de pilotage qui soit accepté par la maîtrise d'œuvre, mais non lié avec elle.

Même si l'intention du maître d'ouvrage est de traiter l'ensemble de la construction à une entreprise unique, dite entreprise générale, l'étude et la préparation des dossiers doivent toujours être faites, par précaution, en lots séparés.

5.3 Autres intervenants

5.3.1 Bureau de contrôle technique

L'intervention d'un bureau de contrôle technique est obligatoire dans le cas de la construction d'un immeuble recevant du public (plus de 500 personnes). Cette question est traitée dans l'article Contrôle technique [C 68] de ce traité.

Il est nécessaire de souligner que la mission du bureau de contrôle technique se borne au contrôle des plans d'exécution et notes de calcul, à la vérification du dimensionnement des équipements et à la vérification des essais de fonctionnement. Cela signifie que le maître d'ouvrage ne peut compter sur le bureau de contrôle pour avoir un avis sur une solution retenue dans le cadre du projet tant qu'elle est en conformité avec la réglementation. Il doit donc prévoir l'éventualité du recours à un autre conseil technique.

5.3.2 Contrôle des coûts

Le maître d'ouvrage public est entièrement responsable du respect des engagements financiers. Aussi lui est-il conseillé de se faire assister d'un économiste agréé qui vérifiera en permanence la conformité des pièces avec la réglementation, l'exactitude des situations et décomptes, et confirmera les sanctions éventuelles des défaillances selon la réglementation des marchés publics.

5.3.3 Assurances

Ce sujet est traité de manière extensive dans l'article *Assurances lors de la construction et de l'exploitation* [A 8 880] du traité L'entreprise industrielle. La passation des contrats étant du ressort du maître d'ouvrage, celui-ci devra procéder à un appel d'offres et passer un marché pour la couverture des trois risques suivants ([§ 2.1](#)) :

- responsabilité civile du maître d'ouvrage ;
- tous risques chantiers ;
- dommages ouvrages.

Bien qu'un établissement public puisse être dispensé de l'obligation d'être couvert par une assurance dommages ouvrages, il est conseillé de couvrir ce risque.

5.4 Rôle des intervenants

La responsabilité du maître d'ouvrage dans un projet éducatif est telle qu'il doit être impliqué dans tous les choix de l'architecte et de l'équipe de maîtrise d'œuvre.

Pendant la phase d'études, une réunion hebdomadaire doit se tenir entre le maître d'ouvrage, l'architecte et le bureau d'études, afin de suivre leur déroulement et d'examiner les choix proposés ainsi que leurs conséquences tant sur la construction que sur l'exploitation future. Pour être certain que les études seront aussi complètes que possible, il pourra imposer que les travaux supplémentaires ne soient pas accompagnés de rémunération à la maîtrise d'œuvre.

Au fur et à mesure de l'avancement des études, le maître d'ouvrage doit pouvoir apprécier l'évolution des coûts établis par le bureau d'études en faisant, si besoin est, appel à un économiste.

Durant la phase de construction, le maître d'ouvrage doit être tout aussi présent. C'est à lui qu'il revient d'apprecier les demandes de travaux supplémentaires proposées par l'architecte, le bureau d'études ou le contrôleur technique. Pour ce faire, il doit pouvoir être représenté aux réunions de chantier, où se décident de nombreux aménagements ou modifications de détails.

Il suivra directement l'évolution des paiements avec le concours éventuel d'un économiste, tout en exigeant de la maîtrise d'œuvre la mise à jour permanente des plannings de travaux et de dépenses. Il veillera à ce que les retenues nécessaires soient bien effectuées et que les sanctions prévues par le cahier des charges soient bien appliquées aux entreprises défaillantes.

C'est au maître d'ouvrage qu'il appartient de réceptionner l'ouvrage. Il assistera donc, avec les experts de son choix, à la réception de chacun des lots et ne donnera son aval que lorsque la quasi-totalité des réserves auront été levées.

5.5 Équipement de l'établissement

5.5.1 Équipements des laboratoires

La définition des équipements spécifiques des laboratoires et salles d'enseignement spécialisé est le fait d'équipes d'enseignants connaissant parfaitement leurs domaines. Le risque est d'aboutir à des budgets dépassant de très loin les possibilités financières. Il importe donc, dès le début du projet, de chiffrer les besoins pour chaque type de laboratoire et salle spécialisée, et de s'en tenir ensuite au montant prévu.

Une première définition des équipements et un schéma général d'installation seront confiés au bureau d'études pour la mise en place des branchements et canalisations de fluides. Dans le cas d'une installation importante ou complexe, le dossier des équipements de laboratoire sera confié à un bureau d'études spécialisé qui établira les descriptifs techniques et le cahier des charges des installations.

Le responsable de projet devra suivre les listes d'équipements depuis l'instant de leur définition jusqu'à celui de leur livraison. Cette action doit être centralisée, même si les financements sont d'origines différentes, de manière à pouvoir remettre aux utilisateurs un inventaire unique, complet et exhaustif.

5.5.2 Équipements mobiliers

Le choix des équipements mobiliers est un élément important du projet. Il intéresse évidemment l'ensemble des parties prenantes, tout d'abord celles qui en assurent le financement, ensuite les futurs utilisateurs et également l'architecte intéressé à l'harmonie de l'ensemble.

Là encore il reviendra à la maîtrise d'ouvrage de concilier les demandes des uns et des autres, et d'orienter les choix vers des articles fonctionnels et robustes qui ne poseront pas de problème de maintenance.

Les listes de mobiliers seront établies à partir de la nomenclature des salles figurant dans le programme. Elles préfigureront et seront la base de l'inventaire qui sera remis à l'utilisateur en même temps que les clés. Chaque type de mobilier fera l'objet d'un lot séparé qui sera soumis à appel d'offres.

Pour la préparation du budget initial, un instrument indispensable est le catalogue annuel publié par l'Union des Groupements d'Achats Publics (UGAP) ([22](#)). Les prix doivent naturellement être affectés d'un rabais pour les grandes quantités.

6. Exploitation et maintenance des équipements

6.1 Importance de la conception

Comme cela a été répété tout au long de cet article, les coûts d'exploitation et de maintenance de la construction réalisée dépendront de la bonne conception du projet. Il faut rappeler les principaux points déjà mentionnés précédemment qui influent fortement sur le coût d'exploitation.

6.1.1 Gardiennage et surveillance

L'accès au site par une entrée unique permet d'y placer le poste de sécurité et de minimiser la dépense en personnel affecté à ces fonctions. Un réseau de caméras reliées au poste surveille les points sensibles et un réseau d'appels directs relie le poste aux personnels techniques.

6.1.2 Chauffage et ventilation

Outre l'utilisation d'un combustible bon marché (gaz naturel), le coût de l'entretien du chauffage-ventilation sera minimisé par un regroupement des installations techniques.

La chaufferie, les groupes de froid et leurs dispositifs de condensation devront être aussi proches que possible. Les centrales de traitement d'air devront avoir la taille maximale compatible avec la proximité des salles et un faible éloignement de la production d'énergie. Ces dispositions non seulement minimisent les tâches d'entretien, mais réduisent les coûts souvent importants occasionnés par le transport de l'énergie et qui peuvent devenir très importants dans le cas de l'air.

Une installation de GTC simplifie les tâches de conduite et de régulation de l'installation et pour se justifier doit induire au minimum l'économie d'un poste de travail.

6.1.3 Nettoyage et entretien

Le choix des sols doit être effectué en considérant la facilité d'entretien qu'ils procurent et des sociétés de nettoyage peuvent être consultées dès cet instant pour fournir des éléments comparatifs.

Les revêtements des murs intérieurs doivent être choisis pour résister aux traces de doigts et aux chocs et ne nécessiter de rafraîchissement qu'au terme de 5 à 10 années d'utilisation.

Une attention spéciale doit être prêtée aux murs extérieurs dans le but d'éviter, à l'exception des vitres, toute nécessité de nettoyage en dehors de ravalements périodiques tous les dix ans.

On devra veiller spécialement, dès l'APS, à ce que tout point de la façade puisse être accessible par un moyen bien déterminé, tant pour le nettoyage que pour l'entretien.

L'équipement des sanitaires doit prendre en compte la facilité d'entretien (dérouleurs grande capacité, sèche-mains électriques, carrelage généralisé).

6.1.4 Électricité, câblage

Une puissance installée suffisante doit permettre de faire face à de nouvelles utilisations. La densité des prises de courant, des prises informatiques et de téléphone doit permettre tout changement d'affectation des pièces sans que cela nécessite des transformations coûteuses.

Les locaux techniques de brassage seront suffisamment vastes pour recevoir des équipements de réseaux et de sécurité électrique (onduleurs).

Des dispositifs automatiques d'extinction de lumière seront prévus dans tous les locaux communs (couloirs, sanitaires, salles de cours...) dans le but d'éviter tout gaspillage d'énergie.

Les luminaires doivent être standardisés au maximum et choisis pour un remplacement aisément des tubes ou lampes par le personnel de l'établissement.

Les armoires électriques seront disposées de façon rationnelle et intégralement étiquetées, de manière que toutes les interventions courantes soient effectuées par le personnel de l'établissement.

6.1.5 Téléphone

Le choix d'un autocommutateur moderne et puissant n'induit pas de surcoût important par rapport à une version de base. La mise en place de numéros directs (SDA) permet de supprimer le poste de standardiste et celle d'une messagerie vocale diminue considérablement la charge des secrétariats.

L'équipement généralisé en télécopieurs allégera à terme la charge du courrier et les besoins en huissiers ou courriers.

6.1.6 Ascenseurs

Dans ce domaine également l'investissement en appareils modernes (article *Circulation mécanique des personnes à l'intérieur des bâtiments. Ascenseurs*[C 3 722] de ce traité), rapides et de bonne capacité, se retrouvera au niveau du rendement et de la fiabilité, le coût d'entretien restant le même dans tous les cas.

6.1.7 Autres équipements

Étant donné la fréquentation que reçoivent les établissements d'enseignement, certains équipements doivent être particulièrement robustes et leur choix ne se prêtera à aucune mesure d'économie.

Il s'agit en premier lieu de la serrurerie qui doit être de première qualité, tout comme les portes elles-mêmes. Les serrures, poignées, ferme-portes, gonds et huisseries seront des modèles conçus pour un usage intensif.

La robinetterie et toute la plomberie devront être de qualité afin d'éviter des interventions permanentes sur robinets et joints. L'utilisation de robinets à fermeture automatique et de chasses d'eau à pression est justifiée par la sécurité et l'économie de fonctionnement.

Les miroirs devront être situés hors de portée des éclaboussures afin que l'entretien en soit facilité.

6.2 Maintenance interne

La plupart des établissements d'enseignement supérieur disposent de personnels statutaires d'entretien. Cela se traduit par une absence de souplesse de fonctionnement et des coûts réels élevés, bien qu'ils ne soient pas toujours à la charge de l'établissement. Aussi, dans la plupart des cas, la maintenance spécialisée peut-elle être avantageusement sous-traitée et seules les opérations simples seront effectuées par le personnel permanent.

Une solution est de constituer un groupe d'ouvriers polyvalents possédant chacun une spécialité. Ils effectueront les tâches courantes de leur spécialité la moitié du temps, et les tâches d'intérêt général requises par le fonctionnement de la partie pédagogique de l'établissement l'autre moitié du temps. Tout établissement se doit de posséder les spécialités suivantes parmi son personnel de maintenance générale : 1 électricien, 1 plombier, 1 serrurier, 1 peintre, 1 menuisier.

Si la conduite du chauffage-ventilation n'est pas sous-traitée, il faut ajouter un thermicien.

Le suivi et la maintenance de l'installation téléphonique sera du ressort d'un technicien proche de l'équipe informatique.

Les ouvriers seront dirigés par le responsable des services techniques, qui aura également la charge du suivi de l'exécution des contrats de surveillance-gardiennage, nettoyage, maintenance des équipements techniques, etc.

6.3 Logements d'astreinte

Le terme « logement de fonction » étant devenu inapproprié, il apparaît indispensable que dans le cadre de tout nouveau projet soit prévu le logement de personnel d'astreinte, sinon dans l'école, du moins à proximité immédiate.

Le nombre de trois logements paraît être un minimum. Ils seraient occupés par un responsable technique et deux ouvriers polyvalents. Lorsque ces personnes sont logées à l'intérieur de l'école, cela peut économiser un poste de gardien de nuit.

6.4 Interventions extérieures

Les prestations qui sont désormais sous-traitées dans la plupart des nouveaux établissements sont les suivantes :

- accueil (éventuel) ;
- surveillance et sécurité ;
- nettoyage ;
- entretien et éventuellement exploitation du chauffage-ventilation ;
- entretien de la sécurité incendie (obligatoire) ;
- entretien des ascenseurs (obligatoire) ;
- entretien du groupe de secours (obligatoire) ;
- entretien de l'autocommutateur ;
- entretien du poste de transformation (obligatoire) ;
- entretien de la GTC ;
- entretien du poste d'alimentation électrique ;
- exploitation du restaurant (éventuel).

Nota : à partir du moment où l'exploitation du chauffage-ventilation nécessite l'occupation de plus d'une personne de l'établissement, il est avantageux de la sous-traiter à un chauffagiste qui fera simultanément les opérations d'entretien.

Rapportés à une école type de 25 000 m², les coûts des services extérieurs peuvent être ainsi estimés, pour 1992 :

— gardiennage permanent	1 300 000 F
— nettoyage.....	1 500 000 F
— exploitation et entretien thermique (chaudière, groupes froid, centrales d'air, GTC)	800 000 F
— entretien téléphone	100 000 F
— entretien ascenseurs (par appareil).....	40 000 F
— entretien installation sécurité incendie	10 000 F
— entretien poste de transformation électrique	100 000 F
— entretien espaces verts.....	pour mémoire

6.5 Autres coûts de fonctionnement

Il peut être utile, pour un futur projet (toujours de l'ordre de 25 000 m²), de mentionner les autres coûts annuels de fonctionnement auquel il aura à faire face :

— électricité.....	500 000 à 1 000 000 F
— énergie chauffage-climatisation (y compris électricité).....	500 000 à 1 000 000 F
— eau.....	200 000 F
— assurances	(pour mémoire)
— impôts et taxes.....	(suivant localisation)

Références bibliographiques

- [1] BOUCHON. – *Guide des grandes écoles et des formations d'ingénieurs*. CEFI, Paris, 554 p. (1991).
- [2] *Repères et références statistiques sur les enseignements et la formation*. Ministère de l'Éducation nationale, Édition (1991).
- [3] *Cahier des recommandations techniques : Constructions scolaires*. Ministère de l'Éducation Nationale. Service technique de l'Éducation Nationale, Paris, 136 p.
- [4] *Enseignements supérieurs. Constructions universitaires. Système normatif de référence 1976. Guide résumé d'application*. Ministère de l'Éducation nationale, 18 p., avril 1976.
- [5] *Règlements de sécurité contre l'incendie relatif aux établissements recevant du public – Dispositions générales et commentaires officiels*. Ministère de l'Intérieur, Direction de la Sécurité civile, 6^e édition, France Sélection (1990).
- [6] *Laboratoires d'essai de matériaux*. Paris, Unesco, 38 p. (1970).
- [7] *Les laboratoires d'électricité dans l'enseignement technique supérieur*. Paris, Unesco, 126 p. (1973).
- [8] *Les laboratoires d'hydraulique européens*. Paris, Unesco, 128 p. (1973).
- [9] *Applied thermodynamics laboratories*. Paris, Unesco, 87 p. (1972).
- [10] *Modern research laboratories for heat and mass transfer*. Paris, Unesco (1975).
- [11] *Les équipements sportifs et socio-éducatifs* (2 volumes), Paris, Le Moniteur, fév. 1993.
- [12] CETTOUR (H.). – *Stades et terrains de sports*. Paris, Le Moniteur (1991).
- [13] *Les piscines*. Le Moniteur, 222 p. (1986).
- [14] MURET (S.P.), ALLAINT (M.T.) et TISSERAND (R.P.). – *La restauration municipale*. Le Moniteur, 326 p. (1990).
- [15] *Sécurité contre l'incendie – Salles à usage d'auditions, de conférences, de réunions...* (Type L), n° 1477-VI, Paris, Journal Officiel, janvier 1991.
- [16] SCHNEIDER (N.), FONDRILLON (C.) et du COSTIC. – *La climatisation en fiches*. Schématique commentée des systèmes de climatisation, Paris, Promoclim, tome 22, n° 1 à 5 (1991).
- [17] *Bull Cabling System. Guide de planification et d'installation*. Cedoc Dilog.
- [18] *Guide de programmation des lycées à construire*. Conseil Régional d'Ile-de-France, Direction des Affaires scolaires.
- [19] *Guide à l'intention des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre n° 2009*. Commission centrale des marchés, Paris, Journal Officiel (à jour au 1^{er} nov. 1976, réimpression (1992).
- [20] CCAG *Prestations Intellectuelles n° 2012*. Commission centrale des marchés. Paris, Journal Officiel, mai 1986.
- [21] CARGI. – *Équipement général de laboratoires*.
- [22] *Union des groupements d'achats publics. Catalogue 1991*. UGAP.