



ECOLE SUPERIEURE
DES SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'INGENIEUR DE
N A N C Y

Etude et suivi de réalisation d'une construction HPE

**Rapport de stage de fin d'études.
Du 2 mars 2009 au 28 août 2009.**

Stage effectué au sein de l'entreprise



Maître de stage : M. Jacques BLANC

Tuteur pédagogique : M. Olivier LOTTIN

**Baptiste REGNIER
Elève ingénieur 5A, IE**

Nancy-Université
The logo for the University of Henri Poincaré, featuring a red stylized 'U' shape above the text 'Université Henri Poincaré' in a smaller font.

**ESSTIN, Secrétariat GEMMES
2, rue Jean Lamour - 54519 Vandœuvre-les-Nancy Cedex
Tél.: 03 83 68 51 51 - Fax : 03 83 68 50 16**

Remerciements.

Avant toute chose, je tiens à remercier toutes celles et tous ceux qui m'ont permis de réaliser ce projet ou qui y ont pris part.

L'entreprise L'EST ENERGIE et tout particulièrement Monsieur Jacques BLANC, le chef d'entreprise, pour la confiance qu'il m'a accordée en m'offrant l'opportunité de réaliser ce stage de fin d'études au combien enrichissant et complet ainsi que pour son implication sans faille à travers son écoute attentive, son soutien et ses précieux conseils lors des différentes étapes de mon stage. Je souhaite également associer à ces remerciements l'ensemble des personnels de l'entreprise : Christelle VAUTHIER, Philippe DEJOUY, Guillaume BONNET et Francis CARTIGNY pour leur accueil, leur soutien et leur appui technique ou administratif ainsi que pour la bonne ambiance de travail. Merci aussi à Denis CALINON, le chef de chantier et aux équipes de monteurs et apprentis pour leur collaboration sur le terrain. Par extension, je remercie aussi les autres dirigeants et personnels de la société L'EST ELECTRIQUE et du groupe VINCI Energies Est et tout particulièrement Roland BERNARD et Pierre WORMS.

Monsieur Olivier LOTTIN, mon tuteur pédagogique et enseignant à l'ESSTIN, pour son suivi, sa disponibilité et sa réactivité.

Monsieur François HUMBERT, responsable de l'option de fin d'études Industrie et Environnement au sein de l'ESSTIN, pour la formation complète et modulable de grande qualité dispensée.

Madame Marie-Luce BOULET-DILLER, secrétaire du département GEMMES à l'ESSTIN, pour sa disponibilité et son efficacité dans l'ensemble des démarches administratives.

L'établissement de l'ESSTIN, dirigé par Monsieur Arnaud DELEBARRE, pour l'importance accordée au stage de fin d'études et l'ensemble des moyens mis à disposition tout au long de ma scolarité.

Sommaire.

Introduction.	4
I / Présentation de l'entreprise et du stage.	4
<i>I.1 / L'entreprise.</i>	4
<i>I.2 / Le stage.</i>	7
<i>I.3 / Mon intégration dans l'entreprise.</i>	8
II / Activités sur le projet du centre médical de garnison.	10
<i>II.1 / Examen et appropriation du projet.</i>	10
<i>II.2 / Etude : étude thermique, dimensionnement, choix des matériels, tracé des réseaux, RT 2005.</i>	11
II.2.a / Calcul des déperditions thermiques.	11
II.2.b / Dimensionnement, conception et dessin des réseaux.	14
II.2.c / Choix des équipements sanitaires.	25
II.2.d / Etude de conformité à la Réglementation Thermique 2005.	26
<i>II.3 / Suivi du chantier.</i>	27
III / Autres dossiers ou activités.	29
<i>III.1 / Simulateur SPRAT.</i>	29
<i>III.2 / Maison d'accueil spécialisée à Lure.</i>	31
<i>III.3 / Bâtiment 164 de la caserne Joffre.</i>	32
Conclusion.	34

Introduction.

J'ai réalisé ce stage de fin d'études en intégrant l'entreprise L'EST ENERGIE, celui-ci devant se positionner comme une dernière étape dans ma formation d'élève ingénieur au sein de l'ESSTIN (Ecole Supérieure des Sciences et Technologies de l'Ingénieur de Nancy). En effet, tout le second semestre de ma cinquième et dernière année dans l'école est entièrement consacrée à cette activité de stage qui se veut faire le lien entre l'univers des études et le monde professionnel. Il m'a ainsi permis de mettre en application les connaissances théoriques et techniques que j'ai pu acquérir tout au long de ma formation et les intégrer dans le monde de l'entreprise au milieu duquel je me suis progressivement intégré.

Ce rapport se veut être une synthèse descriptive, explicative et représentative du travail que j'ai effectué tout au long de ces six mois de stage, tant sur ma mission principale que sur les autres activités que j'ai été amené à traiter.

Dans un premier temps, je présenterai l'entreprise puis le projet qui m'a été confié et je reviendrai sur mon intégration au sein de la structure. J'enchaînerai avec les activités que j'ai réalisées sur ma mission principale. Cela comprendra la présentation du dossier ainsi qu'une synthèse des études que j'ai été amené à effectuer et le suivi de cette affaire sur le terrain. Je détaillerai ensuite les autres missions qui ont jalonné mon stage et sur lesquelles j'ai aussi été amené à intervenir. Finalement je conclurai en établissant une synthèse des points essentiels relevés durant cette activité de stage.

I / Présentation de l'entreprise et du stage.

I.1 / L'entreprise.

L'EST ENERGIE est implantée dans la ZI de Thise à Besançon (25000). C'est une entreprise du groupe VINCI Energies Est, faisant partie de la société L'EST ELECTRIQUE, une S.A.S* au capital de 1 386 160 €. L'entreprise bénéficie d'un rayonnement régional sur les secteurs d'activité de l'installation de chauffage, climatisation, ventilation, plomberie et sanitaires. Elle exerce son métier dans le secteur du bâtiment, qu'il s'agisse de l'industrie, du tertiaire ou des particuliers mais préférentiellement pour de moyens et grands chantiers. L'entreprise compte parmi ses clients réguliers de nombreuses entités publiques telles que l'armée, les mairies et communautés d'agglomérations locales ou les établissements scolaires.



Chiffres clés :

- 1,6 millions d'euros de chiffre d'affaire annuel brut en 2008 ;
- prévision de 2,4 millions d'euros de C.A. brut pour 2009, soit une croissance de 50% ;
- effectif : 21 employés ;

Historique de L'EST ELECTRIQUE :

En 1946, Henri METTETAL achète un magasin de détail et une entreprise d'électricité pour créer une nouvelle entreprise générale d'électricité.

En juin 1961, Jacques METTETAL, fils aîné du fondateur, prend la Direction Générale de l'Entreprise, avec la collaboration de son frère Michel METTETAL et de sa sœur Jeannine GUICHARD. L'activité s'oriente alors davantage vers l'industrie, et en 1986 L'EST ELECTRIQUE participe à la création de « GROUPE 1000 » groupement d'entreprises destiné à préserver l'activité régionale du bâtiment et destiné à faire face à des marchés plus importants.

En juin 1989, Jean-Michel METTETAL est nommé Président Directeur Général et anime la nouvelle équipe formée par Jean-Claude IEHLEN, Directeur Général et Daniel TISSERANT, Directeur Financier.

Le 01/01/00 on assiste à une filialisation avec la création d'une holding L'EST ENERGIE et deux filiales : L'EST CLIMATISATION et L'EST ELECTRIQUE.

Le 04/12/00 L'EST ENERGIE est rachetée par le groupe VINCI Energies.

En 2005 L'EST ELECTRIQUE rachète le fond de commerce de la société Jacques BLANC pour bénéficier du savoir-faire en matière de plomberie, chauffage, climatisation et ainsi relancer l'activité climatisation. L'EST ENERGIE fait alors figure d'entreprise pilote en matière de chauffage dans le groupe VINCI Energies.

En 2006 a lieu une fusion absorption de la société L'EST ENERGIE par la société L'EST ELECTRIQUE avant une transmission universelle de patrimoine de la société L'EST CLIMATISATION à la société L'EST ELECTRIQUE en 2007.

2007 est aussi l'occasion de la création de deux entreprises : L'EST ENERGIE et L'EST ELECTRIQUE dans la société L'EST ELECTRIQUE.

Dernier événement en date, le 01/12/2008, L'EST ENERGIE reprend le fond de commerce de l'entreprise de plomberie Tisserand qui représente un chiffre d'affaire de 700 000 € en 2007.

L'entreprise apparaît comme une entité autonome mais intégrée dans le groupe VINCI Energies. Elle bénéficie donc de relations privilégiées avec les autres entreprises du groupe et peut bénéficier de l'appui de consultants rattachés à la région.

Fig. : Organigramme : L'EST ENERGIE dans le groupe VINCI

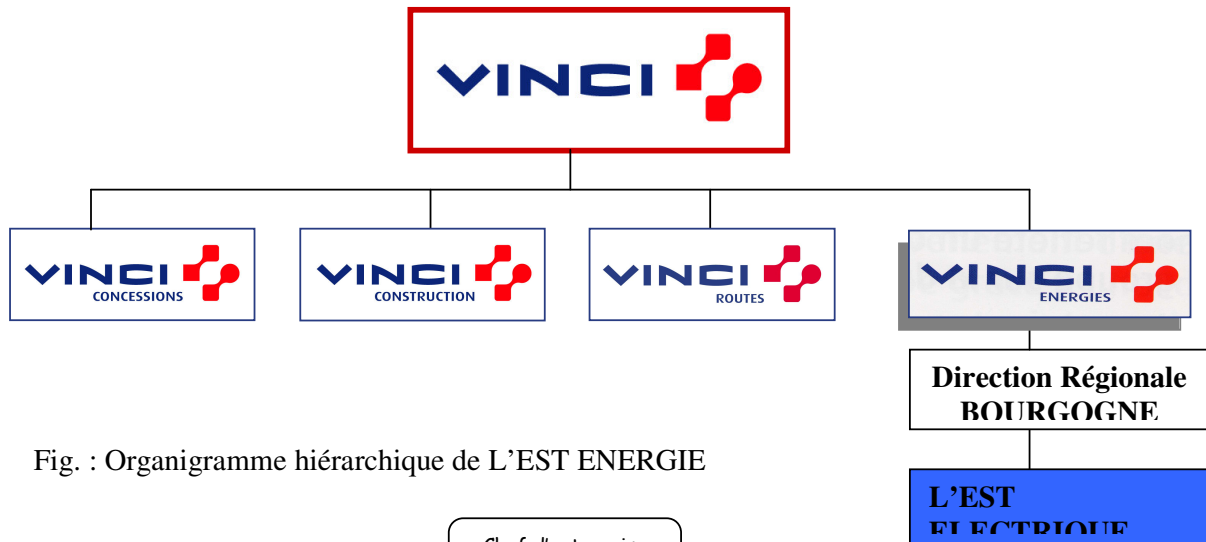
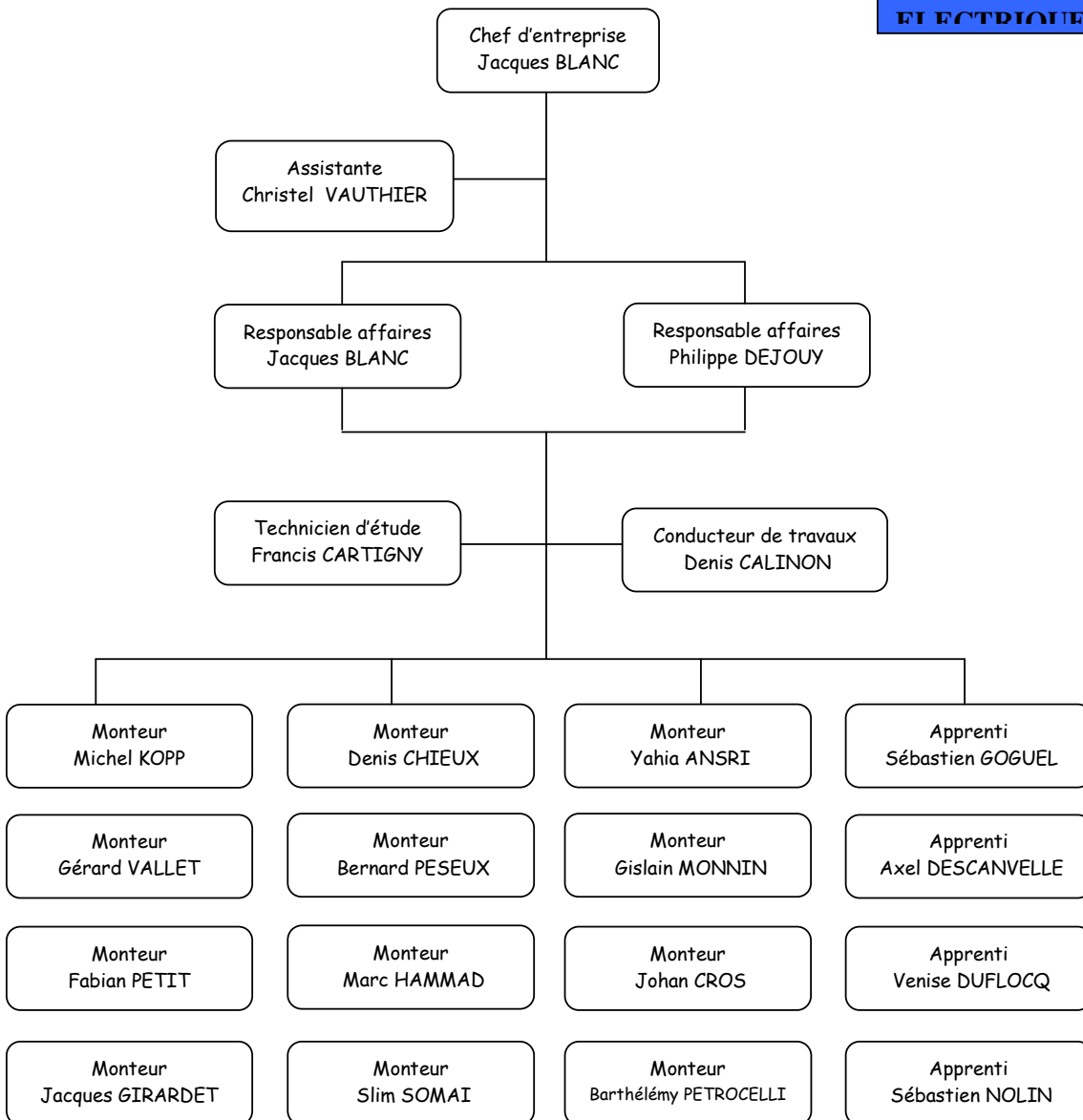


Fig. : Organigramme hiérarchique de L'EST ENERGIE



1.2 / Le stage.

Après un premier contact avec M. Roland BERNARD, directeur du pôle VINCI Energies Est, lors du forum Est-Horizon au parc des expositions de Vandoeuvre-lès-Nancy, mon profil a été diffusé auprès des chefs d'entreprise du groupe. Monsieur BLANC a alors pris contact avec moi pour me présenter l'objet du stage qu'il pouvait m'offrir et nous avons convenu, suite à un entretien téléphonique d'un rendez-vous dans les locaux de l'entreprise en compagnie du directeur régional M. Pierre WORMS. Ce fut l'occasion d'une présentation plus détaillée de l'entreprise, du groupe et des missions du stage ; ce qui m'a décidé à accepter l'offre.

Projet : Etude et suivi de réalisation d'une construction HPE.

Objectifs : Maîtrise du dossier HPE pour un bâtiment neuf.

Outils : Calculs thermiques, mise en place du dossier HPE, dossier d'exécution, suivi de l'avancement avec les équipes.

Conclusion : Finalisation du dossier.

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la construction d'un centre médical de garnison pour la caserne Joffre, 19^{ème} régiment du génie, située rue du Colonel Max Vuillemin à Besançon. Ce chantier s'inscrit dans le plan de relance du gouvernement et fait suite à la réponse à l'appel d'offre ouvert et lancé par le ministère de la défense pour l'établissement du génie de Besançon (clôture au 1^{er} octobre 2008) par l'entreprise pour la *section technique n°2 Plomberie – Chauffage - Ventilation*. Après attribution des marchés, la durée d'exécution prévue des travaux est de dix mois, période de préparation de un mois comprise.

c.f : ANNEXE 1 : Construction du centre médical de garnison.

Le chantier en quelques points clés :

- surface hors œuvre brute : 1210 m² ;
- début des travaux en mars 2009 pour une livraison prévue en mars 2010 ;
- coût des travaux : 2 606 601, 19 € TTC ;
- classement ERP* de type U de 5^{ème} catégorie permettant de recevoir des PMR* ;
- bâtiment étudié pour développement durable :
 - o plain-pied sur vide sanitaire avec toiture à faible pente ;
 - o murs en brique de terre cuite de 37,5cm à haute résistance thermique, traitement des ponts thermiques, combles isolés par 40cm de laine de roche, vitrage à faible émissivité ;
 - o plancher chauffant isolé sur l'ensemble de la surface du bâtiment ;
 - o ventilation double flux avec échangeur de chaleur ;
 - o éclairage à faible consommation et privilégiant l'éclairage naturel ;
 - o récupération des eaux de pluie pour l'alimentation de certains points de puisage, traitement et régulation des eaux de ruissellement par séparateur à hydrocarbures et bassin d'orage.

1.3 / Mon intégration dans l'entreprise.

Dès le premier jour de mon arrivée, j'ai pu assister à la réunion hebdomadaire du lundi matin où chacun des monteurs et apprentis se voit assigner son planning pour la semaine à venir et reçoit les consignes de la part du technicien de bureau d'études ou des responsables d'affaires. Ce fut pour moi l'occasion de me présenter à l'ensemble du personnel. J'ai ensuite visité l'intégralité des locaux, guidé par P. DEJOUY : bureaux, atelier, entrepôt et stock. Enfin, nous avons terminé cette visite par ma présentation aux collègues de l'entreprise L'EST ELECTRIQUE, installée dans le même bâtiment.

Dans un premier temps, j'ai travaillé en collaboration étroite avec G. Bonnet, le technicien de bureau d'étude en poste lors de mon arrivée. Ce dernier pouvait me répondre tant sur des questions techniques (normes, règles de calcul, de dimensionnement, de conception), que sur les habitudes de travail de l'entreprise ou me renseigner sur les interlocuteurs : fournisseurs, représentants, clients. J'ai également pu l'accompagner pour la visite de chantiers en cours. Le dialogue avec P. DEJOUY, le responsable d'affaires, a tout de suite été très facile et spontané mais celui-ci, de par ses responsabilités, reste peu disponible. J'ai toutefois pu l'accompagner aux réunions de chantier, ce qui m'a permis d'en apprendre le but et le déroulement.

Mes échanges avec C. VAUTHUER, l'assistante, m'ont permis d'éclaircir toutes les questions administratives ou de communication avec les interlocuteurs extérieurs ou encore le fonctionnement de la gestion économique et administrative de l'entreprise et des dossiers d'affaire, des commandes et des livraisons.

Mon interlocuteur privilégié pour tous types de demande, pour validation des résultats, des documents à transmettre et des commandes à passer ainsi que pour faire régulièrement le point sur l'avancement des dossiers est J. BLANC, le chef d'entreprise. Du fait de son double rôle de chef d'entreprise et de responsable d'affaires, il est souvent beaucoup pris mais reste toujours à l'écoute et m'a permis de réserver des créneaux si nécessaire à l'avance.

Au niveau du suivi et de l'encadrement, j'ai apprécié la grande liberté dont j'ai disposé, traduisant la confiance qui m'était faite par beaucoup d'autonomie. En effet, l'organisation de mon travail était libre, seulement ponctuée par quelques dates butoirs et des réunions mensuelles de bilan d'avancement de mon projet. Toutefois, j'étais toujours très écouté dans mes demandes de conseils ou de pistes si besoin.

Ces réunions de bilan mensuelles avec mon maître de stage, M. Blanc avaient pour but de faire un point sur l'avancement des dossiers, sur mes activités du mois écoulé mais aussi de transmettre mes impressions ou remarques et d'établir les objectifs pour la suite du projet.

De plus, à partir du mois de juin, j'ai été convié à prendre part aux réunions hebdomadaires avec le chef d'entreprise, le responsable d'affaires et le technicien de bureau d'études pour faire un point précis sur l'avancement de chacune des affaires en cours : dossiers (réponse à appel d'offre, étude), chantiers (exécution), commandes, approvisionnement, besoins en personnel, plannings, réunions de chantier.

J'ai également été amené à assurer le lien entre le départ de G. BONNET et l'arrivée du nouveau technicien de bureau d'études, F. CARTIGNY. En effet, ceux-ci ayant bénéficié de moins de deux jours de travail en commun, j'ai aidé au relais des affaires en cours.

Dans un autre domaine, j'ai apprécié que M. BLANC m'offre la possibilité de participer épisodiquement aux travaux de réalisation sur les chantiers. Toujours dans de bonnes conditions et généralement avec le conducteur de travaux, D. CALINON, ces mises en situation m'ont permis de bénéficier de l'expérience des hommes de terrain mais aussi de me

fonder ma propre expérience concernant les réalités du terrain, le métier de monteur, l'exécution des plans et la mise en œuvre des solutions et matériels choisis. Par exemple, il peut arriver que le gain en terme de prix sur les fournitures soit perdu sur le temps de mise en œuvre. Ainsi il faut garder la phase d'exécution en tête et l'anticiper lors de l'étude. Enfin, ma présence sur les chantiers m'a permis de sympathiser avec les monteurs et d'apprécier les qualités de chacun dans leur métier.

De façon plus anecdotique, j'ai assuré le rôle du standard téléphonique pendant la période de vacances de l'assistante en avril et juillet ainsi que un après-midi par semaine. Ce fut pour moi l'occasion d'une prise d'assurance en terme de relationnel et une mise en perspective d'une vision plus globale des nombreux interlocuteurs.

D'autres occasions m'ont permis de m'intégrer également au groupe VINCI Energies. Tout d'abord ma participation à la journée sportive au lac de Madine (55) organisée par VINCI Energies Est pour tous les collaborateurs et leur famille. Ce fut l'occasion d'entretenir des relations extraprofessionnelles dans un cadre d'échange privilégié et ce tant avec les collègues de l'EST ENERGIE que des autres entreprises du groupe et même avec la hiérarchie. J'ai aussi été désigné pour participer à la réunion de présentation et préparatoire à la mise en place d'un logiciel de type plateforme collaborative pour l'ensemble des entreprises du groupe VINCI Energies implantées dans le secteur. L'occasion d'un déjeuner en compagnie du chef d'entreprise J. BLANC, du responsable d'affaires P. DEJOUY et du directeur régional P. WORMS lors de son passage dans l'entreprise en juillet m'a permis de prendre connaissance de la politique du groupe VINCI Energies Est, de l'historique des activités dans la région et leur lien avec le présent ainsi que l'existence du club efficacité énergétique.

Je mentionnerai enfin ma participation au salon organisé par un de nos principaux fournisseurs : VF Confort. J'ai pu y rencontrer de nombreuses marques et constructeurs par l'intermédiaire de leurs représentants ou commerciaux. Le dialogue et les discussions techniques appuyées par un contact visuel et direct avec les produits amène un aspect plus concret aux nouveaux matériels présentés. Ce fut surtout sur le plan relationnel que ce salon a été enrichissant en me permettant de rencontrer de nombreux acteurs du secteur d'activité régional.

En conclusion je pense qu'il s'agit d'une évolution logique et ordonnée de ma place, de mes activités et de mes responsabilités dans l'entreprise. Dans un premier temps, un travail de bureau m'a permis d'apprendre les bases du métier : comment une affaire est gérée du début à la fin, les différentes phases ou points importants, les contraintes, les normes, comment réaliser une étude thermique, les règles de dimensionnement, de conception, les solutions existantes et utilisées, comment choisir les matériels et la théorie de mise en œuvre. Dans un deuxième temps, j'ai pu visiter quelques chantiers, assister à des réunions de chantier et participer aux travaux de finition et de mise en route. C'est aussi à ce moment que j'ai entamé les premiers contacts et négociations avec les différents acteurs : autres corps d'état, maître d'œuvre, fournisseurs. Puis dans un troisième temps, j'ai pu participer à la réception définitive d'un chantier, participer activement aux réunions de chantier, d'abord encadré puis en autonomie, j'ai pu établir des commandes en accord avec mes plans et je me suis vu intégré aux réunions hebdomadaires dans une optique à plus long terme pour préparer l'après stage.

Le tout s'est de surcroît déroulé dans une bonne atmosphère, avec une ambiance de travail sérieuse où le sens de la hiérarchie et de l'organisation ne va pas à l'encontre des bonnes relations entre collègues.

II / Activités sur le projet du centre médical de garnison.

Même si je suis aussi intervenu sur d'autres projets au cours de mes six mois de stage, c'est ce projet très complet qui a été le fil rouge et auquel j'ai consacré la majorité de mon énergie et de mon temps.

II.1 / Examen et appropriation du projet.

La *section technique n°2 Plomberie – Chauffage - Ventilation* a été attribuée définitivement à L'EST ENERGIE le 3 avril 2009, marquant le début « officiel » de la période de préparation de un mois. Les titulaires des différentes sections techniques ont été désignés par l'entreprise générale GROUPE 1000, après examen du dossier de réponse à l'appel d'offre. Cela ne m'avait pas empêché, en amont, de commencer mon étude sur ce projet.

J'ai dans un premier temps pris connaissance du projet de façon administrative, de sa nature, de l'étendue des prestations concernées par la section technique à laquelle l'entreprise avait répondu lors de l'appel d'offre ainsi que des contraintes et des attentes de la part du client. J'ai également analysé les démarches d'estimation et de chiffrage réalisées préalablement pour la remise de la réponse à l'appel d'offre. Pour ce faire, j'ai commencé par une lecture et un examen minutieux des documents fournis dans le dossier de consultation des entreprises (DCE).

Le DCE est un dossier transmis au candidat par le pouvoir adjudicateur et comportant les pièces nécessaires à la consultation des candidats à un marché. Il est généralement constitué des pièces principales suivantes :

- Règlement de la consultation (RC)
- Acte d'engagement et ses annexes éventuelles
- CCAP - Cahier des Clauses Administratives Particulières
- CCTP - Cahier des Clauses Techniques Particulières
- Pièces relatives aux prix qui peuvent comprendre :
 - o Décomposition du prix global et forfaitaire (DPGF) destinée à fournir le détail du prix forfaitaire (c.f : ANNEXE 2)
 - o Bordereau des prix unitaires (BPU)
 - o Détail quantitatif estimatif (DQE)
 - o Plans (c.f : ANNEXE 3)

Dans le cas de ce dossier, le DCE comporte également un Devis Descriptif et Estimatif Détaillé (DDED) et un tableau des marques. (c.f : ANNEXE 4 et ANNEXE 5) De plus, il est à noter qu'il s'agit dans notre cas d'un appel d'offre d'étude et réalisation et non d'un unique chiffrage à partir d'une étude réalisée en amont par un bureau d'ingénierie. Par conséquent, le DQE n'était pas fourni et le quantitatif a été estimé par les soins de l'entreprise lors de la pré-étude pour réponse à cet appel d'offre.

D'une façon générale, les prestations doivent être exécutées conformément au Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG), même si celui-ci n'est pas inclus dans le DCE.

Les CCTG, fixent les dispositions techniques applicables à toutes les prestations d'une même nature. Ces documents sont approuvés par un arrêté du ministre chargé de l'économie et des ministres intéressés. La référence aux CCTG n'est pas obligatoire. (Art. 13 du Code des Marchés Publics 2006). Lorsque la personne responsable du marché décide de faire référence à un cahier des clauses techniques générales, il est possible de déroger à certaines clauses de

ce CCTG. Dans ce cas, le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) doit indiquer les articles des CCTG auxquels il déroge.

Les CCTP (cahiers des clauses techniques particulières) fixent les dispositions techniques nécessaires à l'exécution des prestations de chaque marché.

Dans le cas de ce projet, on trouve un CCTP pour les dispositions générales et un pour chacune des sections techniques. Le premier présente l'opération ainsi que le marché et concerne la gestion du chantier de façon générale : les relations entre les différents acteurs, les contrôles technique et de protection d'incendie, les installations de chantier, les règles d'accès, de sécurité et la gestion des déchets et du nettoyage du chantier. Les autres constituent une sorte de cahier des charges à respecter par le titulaire. Il précise les spécifications requises pour le choix des matériels et solutions, ainsi que pour la conception et le dimensionnement ou pour l'exécution des prestations définies. Décomposé en chapitres puis en articles pour chacun des différents postes et sous-postes, il définit les travaux à effectuer et les limites amont et aval des prestations dues par le titulaire. Il référence également les textes réglementaires à respecter (normes, DTU, règlements, arrêtés)

Les DTU (Documents Techniques Unifiés) sont des normes d'exécution ou de mise en œuvre qui contiennent au minimum un document tel que le cahier des clauses techniques (CCT) ou le cahier des clauses spéciales (CCS).

Le cahier des clauses techniques (CCT) est un document qui définit par corps d'état les conditions à respecter pour la bonne exécution des travaux du domaine concerné.

Le cahier des clauses spéciales (CCS) est un document qui définit les limites des obligations envers les autres corps de d'état ou du maître d'ouvrage.

L'ensemble de ces documents, une fois bien assimilés, m'ont alors permis de me lancer dans la phase d'étude à proprement parler tout en connaissant précisément les objectifs, les contraintes, et les limites à respecter.

II.2 / Etude : étude thermique, dimensionnement, choix des matériels, tracé des réseaux, RT 2005.

Dans toute l'étude, il a fallu garder à l'esprit que vis-à-vis des règlements de sécurité contre les risques d'incendie, le bâtiment est classé ERP de type U et 5^{ème} catégorie et qu'il a vocation à pouvoir recevoir des PMR*. En effet, les ERP* sont soumis au respect d'un règlement de sécurité contre l'incendie et les risques de panique, dont la dernière refonte a été faite par l'arrêté du 25 juin 1980. Les ERP sont classés suivant leur activité et leur capacité.

L'activité ou « type », est désignée par une lettre définie par l'article GN 1 du règlement de sécurité incendie dans les ERP : type U pour les établissements sanitaires. La capacité ou « catégorie », est désignée par un chiffre défini par l'article R123-19 du Code de la construction et de l'habitation : 5e catégorie pour les établissements accueillant un nombre de personnes inférieur au seuil dépendant du type d'établissement.

Concernant l'accessibilité des PMR, le bâtiment doit être conforme à l'arrêté du 1^{er} août 2006, relatif à l'accessibilité des ERP et modifié par l'arrêté du 30 novembre 2007.

II.2.a / Calcul des déperditions thermiques.

La première étape de l'étude consiste à calculer les déperditions thermiques, pour l'ensemble du bâtiment et pièce par pièce afin de pouvoir dimensionner en conséquence la

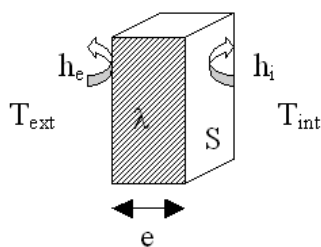
puissance du chauffage à installer dans chacun des locaux et la puissance de la chaudière en chaufferie.

Pour cela, j'ai utilisé le logiciel PERRENOUD et plus précisément le module de calcul des déperditions. (<http://www.logicielsperrenoud.com/>) Il permet, au travers d'une interface, de définir les éléments constitutifs des parois des locaux, leur température intérieure, de trouver la température extérieure de base à partir d'une base de donnée mise à jour, de définir les pertes par renouvellement d'air en fixant leur débit et il retourne les résultats du calcul sous forme de tableaux.

Les formules utilisées par le logiciel pour le calcul des déperditions sont les formules classiques de la thermique mises en œuvre dans le moteur de calcul du CSTB*.

Transfert de chaleur à travers une paroi :

Flux à travers une paroi :



$$\Phi = \Delta T / R_{\text{totale}}$$

R : résistance thermique de la paroi

$$\Delta T = T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$$

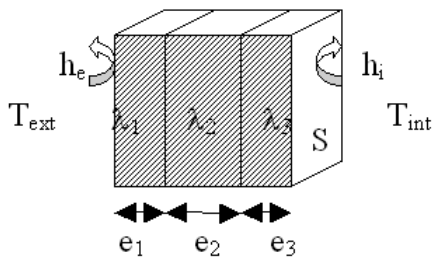
Pour une paroi homogène :

$$R_{\text{totale}} = 1 / h_e \cdot S + e / \lambda \cdot S + 1 / h_i \cdot S$$

S : surface de la paroi

λ : coefficient de transmission thermique en W / m.K

h_e, h_i : coefficients de convection extérieur et intérieur en W / m².K



Pour une paroi composée de plusieurs couches de matériau :

$$R_{\text{totale}} = 1 / h_e \cdot S + e_1 / \lambda_1 \cdot S + e_2 / \lambda_2 \cdot S + e_3 / \lambda_3 \cdot S + 1 / h_i \cdot S$$

Les valeurs de 1/h_e et 1/h_i sont tabulées en fonction de la nature de la zone avec laquelle la paroi est en contact (extérieur, local non chauffé, comble, etc.) et de l'angle de la paroi avec l'horizontale.

Exemple : Un mur vertical en contact avec l'extérieur : 1/h_e = 0,06 et 1/h_i = 0,11

Un plancher en contact avec un vide-sanitaire : 1/h_e = 0,17 et 1/h_i = 0,17

Les valeurs de e sont les valeurs constructives (liées à la nature des matériaux et leur mise en œuvre)

Les valeurs de λ sont connues et tabulées pour un très grand nombre de matériaux. De plus, pour les éléments de construction standards, les constructeurs donnent généralement la valeur de la résistance surfacique r. C'est l'équivalent du (e/λ) global pour ce matériau.

Déperditions surfaciques, coefficient U :

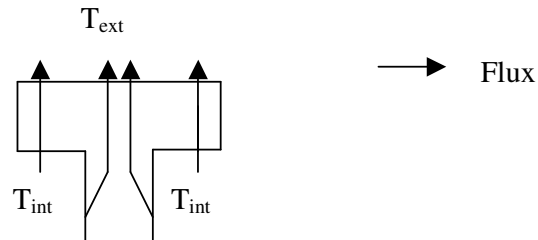
On a la formule : $\Phi = U \cdot S \cdot \Delta T$

d'où : $1/U = 1/h_e + 1/h_i + \sum_i (e_i / \lambda_i)$

U : résistance thermique surfacique.

Coefficient de transmission linéique :

Ces déperditions linéiques se retrouvent au niveau des liaisons entre deux parois. Par exemple : angle saillant ou rentrant entre deux murs extérieurs, liaison entre un mur de refend et un mur extérieur, liaison entre un plancher bas ou un plancher haut et un mur extérieur. Sur le linéaire de ces liaisons, on observe des déperditions plus importantes car il se produit un phénomène d'ailette de la même façon que sur un radiateur.



On affecte un coefficient de transmission ou de déperdition Ψ à chacune des liaisons d'après les valeurs tabulées en fonction de la géométrie de la liaison et de la répartition de l'isolation. Ainsi : déperditions linéiques = $\Psi \cdot L (T_{int} - T_{ext})$

Coefficient de déperdition globale :

Déperditions globales hors ventilation : Déperdition = $(\sum_j U_j \cdot S_j + \sum_m \Psi_m \cdot L_m) (T_{int} - T_{ext})$

Or, selon RT 2005 : $U_{bât} = (\sum_j U_j \cdot S_j + \sum_m \Psi_m \cdot L_m) / (\sum_j S_j)$

Ainsi : Déperdition = $U_{bât} \cdot (\sum_j S_j) \cdot (T_{int} - T_{ext})$

Coefficient des menuiseries :

Les valeurs des coefficients de déperditions des menuiseries (fenêtres, portes, portes-fenêtres, fenêtres de toit, etc.) sont généralement données par les constructeurs, d'après les avis techniques du CSTB* ou les certifications ACERMI*.

Déperditions par renouvellement d'air :

Le renouvellement d'air est lié à la ventilation du bâtiment est obligatoire.

Débit de renouvellement d'air : $q_v = q_v \text{ ventilation} + q_v \text{ infiltration}$ (en m^3/h)

q_v ventilation : débit nominal connu des organes mécaniques de ventilation

q_v infiltration : perméabilité à l'air de la construction mesurée sous un ΔP de 4Pa

(Pour référence : $q_v = 1,2 m^3 / h \cdot m^2$ pour les établissements sanitaires)

Déperdition par renouvellement d'air : $DR = \rho_{air} \cdot q_v \cdot C_{p_{air}} (T_{soufflage} - T_{ext})$

$\rho_{air} \cdot q_v$ = débit massique

$\rho_{air} = 1,2 kg/m^3$ dans les conditions standard

Or, q_v est rarement donné en m^3/s

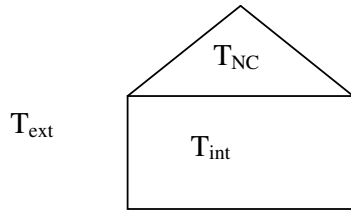
$C_{p_{air}} \approx 1000 J/kg \cdot K$ dans les conditions standard

Ainsi : $DR = (1,2 \times 1000) / 3600 \cdot q_v$ (en m^3/h) $(T_{int} - T_{ext})$

$DR = 0,34 \cdot q_v$ (en m^3/h) $(T_{int} - T_{ext})$

Coefficient de température des locaux non chauffés b :

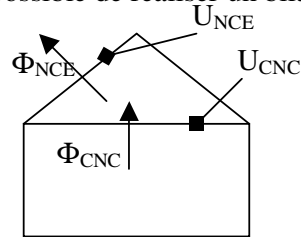
Exemple avec le cas de combles non chauffés :



On peut déterminer la température des locaux adjacents non chauffés à l'aide du coefficient b
 On pose : $(T_{NC} - T_{ext}) = b \cdot (T_{int} - T_{ext})$

Les valeurs de b sont tabulées et permettent ainsi d'obtenir facilement la température du local non chauffé.

Il est également possible de réaliser un bilan énergétique :



Le flux venant du local chauffé et allant vers le local non chauffé est égal, à l'équilibre, au flux allant du local non chauffé vers l'extérieur.

$$U_{CNC} \cdot S_{CNC} \cdot (T_{int} - T_{NC}) = U_{NCE} \cdot S_{NCE} \cdot (T_{NC} - T_{ext})$$

Ainsi : $T_{NC} = (U_{CNC} \cdot S_{CNC} \cdot T_{int} + U_{NCE} \cdot S_{NCE} \cdot T_{ext}) / (U_{CNC} \cdot S_{CNC} + U_{NCE} \cdot S_{NCE})$

Résultat du calcul des déperditions :

J'ai pu renseigner toutes les données nécessaires au calcul dans le logiciel à partir des plans cotés (c.f : ANNEXE 3), des températures intérieures requises dans le CCTP (c.f : ANNEXE 6) et des caractéristiques constitutives des cloisons, plancher, fenêtres et isolation en combles que j'ai pu trouver dans les différents CCTP des sections techniques gros œuvre ou menuiseries ou charpente et couverture.

Résultats du calcul des déperditions thermiques à l'aide du logiciel PERRENOUD :
 (c.f : ANNEXE 7)

II.2.b / Dimensionnement, conception et dessin des réseaux.

Réseaux de chauffage :

Le chauffage comprend principalement le plancher chauffant qui couvre l'ensemble de la surface du bâtiment mais il inclut aussi les batteries à eau chaude ou réchauffeurs d'air des deux centrales de traitement d'air pour la VMC*.

Pour le plancher chauffant, le texte de référence est le DTU n°65.14, « Exécution de planchers chauffants à eau chaude », parties 1, 2 et 3.

Grâce au calcul préalable des déperditions thermiques pièce par pièce, la puissance de chauffage nécessaire dans chaque local est connue. J'ai ensuite déterminé le nombre de coffrets distributeurs et collecteurs ainsi que leur emplacement dans le bâtiment de façon à pouvoir les dissimuler et pour que la mise en œuvre des boucles de chauffage soit la plus aisée

possible lors de la phase d'exécution. J'ai alors transmis ces éléments au constructeur des éléments et solutions intégrées de plancher chauffant GIACOMINI qui a pu établir un dimensionnement de l'installation et un premier plan de cheminement des boucles de chauffage pour couvrir les 1116 m² à chauffer.

Après vérification des longueurs de chacun des circuits ainsi que des pertes de charges associées, j'ai modifié le nombre de boucles pour deux des coffrets collecteurs afin d'obtenir des pertes de charges admissibles et j'ai modifié le cheminement des tubes si nécessaire pour éviter le cheminement sous les équipements sanitaires ou tout obstacle limitant l'émission ou présentant un risque de percement. Le cheminement des tubes est alterné « en escargot » pour une répartition uniforme de la puissance de chauffage. L'espacement entre les tubes varie en fonction de la puissance en chauffage requise dans chacun des locaux, conformément au calcul de déperditions et les distances aux parois sont de 40 cm pour un mur extérieur, 10 cm pour un mur fini ou une surface couverte, conformément aux prescriptions du CCTP.

L'équipement retenu est de marque GIACOMINI, de type GiacoConfort car il répond aux exigences du CCTP. Les boucles de chauffage sont réalisées en tube multicouche BAO. Il s'agit d'un tube d'aluminium recouvert à l'intérieur et à l'extérieur par une couche de polyéthylène réticulé. La barrière anti-oxygène (BAO) permet d'éviter la pénétration d'oxygène dissout et éviter la formation de boues qui constitue un des principaux problèmes pour l'entretien des installations de plancher chauffant à eau chaude : pertes de charges, bouchons, encrassement et diminution des performances ou de la durée de vie des circulateurs, échangeurs, éléments distributeurs et collecteurs.

L'isolation thermique est assurée par des plaques planes de mousse polyuréthane de marque EFISOL modèle TMS, 80 mm d'épaisseur (conformément au CCTP), résistance thermique $R = 3.45 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$, en aggravation de la RT2005 qui préconise une résistance $R = 2.10$ pour un plancher chauffant sur vide-sanitaire. Le film pare-vapeur y est intégré et l'assemblage est assuré par des rainures sur les 4 côtés des plaques. L'isolant bénéficie de la certification ACERMI, du marquage CE, et satisfait les caractéristiques I.S.O.L.E mini 5.2.3.2.4 requis par le CCTP.

Les caractéristiques "ISOLE" suivies d'un chiffre indiquent la performance de l'isolant et permettent de vérifier si un isolant est adapté à l'emploi prévu (isolation intérieure ou extérieure, sur paroi verticale, sur plancher...). Plus le chiffre est élevé plus l'isolant est performant.

- I : caractérise l'aptitude de l'isolant à résister à l'effet d'une compression (Incompressibilité) : chiffres de 1 à 5 ;
- S : permet de juger de la stabilité dans le temps des dimensions initiales de l'isolant sous l'influence de la chaleur, de l'humidité et des sollicitations mécaniques : chiffres de 1 à 4 ;
- O : caractérise le comportement à l'eau de l'isolant (imperméabilité, absorption d'eau...) : chiffres de 1 à 3 ;
- L : caractérise la cohésion et la rigidité de l'isolant après des essais mécaniques en traction : chiffres de 1 à 3 ;
- E : caractérise l'aptitude de l'isolant à s'opposer au passage de la vapeur d'eau : chiffres de 1 à 4.

L'étude du constructeur fournit également le débit à maintenir dans chacun des circuits, ce qui m'a permis de dimensionner le réseau d'alimentation des coffrets distributeurs et collecteurs depuis la production de chaleur en chaufferie. Ce réseau chemine dans le vide-sanitaire et est de type bi-tubes, composé de tube en acier noir. J'ai effectué le dimensionnement des différents tronçons à partir d'un abaque, en fonction du débit circulant dans chacun d'eux, de la vitesse du fluide et des pertes de charges linéaires admissibles. (c.f : Annexe 8)

De la même façon, j'ai dimensionné le réseau d'alimentation des deux réchauffeurs d'air à partir de la chaufferie. Les débits maximums devant circuler dans les batteries d'eau chaude sont donnés par le constructeur en fonction du régime de températures. Ce réseau est lui aussi de type bi-tubes en acier noir et chemine lui aussi en vide-sanitaire jusqu'à remonter dans les combles par une gaine technique à proximité des centrales de traitement d'air.

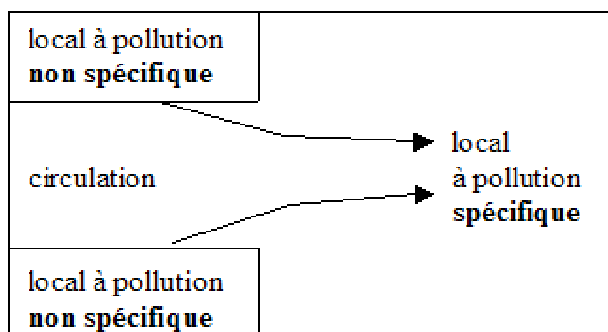
Réseaux de ventilation :

Les textes de référence pour la ventilation sont le DTU n° 68.1 « Installations de ventilation mécanique contrôlée — Règles de conception et de dimensionnement » et le DTU n° 68.2 « Exécution des installations de ventilation mécanique »

La ventilation est assurée par deux caissons de ventilation double flux, modèle CritAir Duo 16V (modèles verticaux) de marque ATLANTIC, installés en combles, avec récupération sur l'air extrait par échangeur à plaques, efficacité moyenne de 55% en aggravation des 50% minimums requis par le CCTP, réchauffeur d'air par batterie d'eau chaude de puissance 16,3 kW montée en usine et raccordée au système de production de chaleur de la chaufferie, clapet d'isolement anti-gel, filtres à poches de catégorie F6 (F5 requis par CCTP), manchettes souples antivibration. Ces caissons de ventilations sont équipés de moteurs à plusieurs vitesses permettant un fonctionnement en régime réduit pendant les heures d'inoccupation des locaux, conformément à la RT2005.

Les réseaux de gaines sont en acier galvanisé, et l'ensemble des accessoires et raccords sont équipés de joints d'étanchéité intégrés, conformément à la RT 2005. L'ensemble est enveloppé d'un calorifuge de laine de verre d'épaisseur 25mm, revêtu d'une feuille d'aluminium anti-condensation, classée M0 pour sa résistance au feu. Le cheminement des réseaux se fait en combles jusqu'aux bouches de soufflage et d'extraction encastrées dans le faux-plafond et reliées par de la gaine souple isolée Ø125mm. Les bouches d'aspiration et soufflage sont en diamètre 125mm ; les premières étant autorégulées et les secondes équipées en amont d'un module de régulation de débit. Les grilles de façades sont équipées d'ailettes pare-pluie et grillage anti-volatils.

Pour la conception du réseau, je me suis assuré du respect des débits minimaux hygiéniques de renouvellement de l'air dans les locaux en fonction de leur nature et du bon balayage des pièces. En effet, du point de vue de la ventilation, les locaux sont classés en deux grandes catégories : les locaux à pollution spécifique et ceux à pollution non spécifique. Dans les locaux à pollution non spécifique, la pollution est liée à la seule présence humaine tandis que les locaux à pollution spécifique regroupent les sanitaires, cuisines et tous autres locaux où existent des émissions de produits nocifs ou gênants autres que ceux liés à la seule présence humaine. La ventilation des locaux à pollution non spécifique doit s'effectuer par introduction d'air neuf pris à l'extérieur, sans transiter par d'autres locaux. Pour les locaux à pollution spécifique, en revanche, la ventilation peut se faire soit par introduction d'air neuf ou plus généralement (sauf exigences particulières) par de l'air provenant de locaux à pollution non spécifique. C'est ce qu'on appelle balayage. L'air introduit circule alors d'un local à un autre en suivant la cascade des pressions depuis le local où il est introduit (en légère surpression) jusqu'au local où il est extrait (en légère dépression). On parle aussi de balayage à l'intérieur d'un même local, et ce, afin d'assurer le brassage de l'air. Dans cette étude par exemple, il y a balayage des salles de bains des chambres (à pollution spécifique) par l'air provenant de la chambre contiguë (à pollution non spécifique). De même dans les autres locaux, l'air neuf est insufflé du côté de la façade et repris du côté des circulations.



Pollutions non spécifiques :		Pollutions spécifiques :
Locaux d'hébergement	Locaux de vente	Sanitaires
Locaux d'enseignement	Locaux à usage sportif	Cuisines collectives
Locaux de réunion	Locaux à présence très épisodique	Garages et stationnement
Bureaux et locaux assimilés		Autres
Locaux de restauration		

Exemples de débits de renouvellement d'air : (c.f : ANNEXE 9)

Pour la conception des réseaux, j'ai également calculé les diamètres à mettre en œuvre en fonction des débits dans chacun des tronçons des réseaux en m'assurant que la vitesse linéaire de l'air restait inférieure au seuil fixé. J'ai alors pu en déduire les pertes de charges linéaires correspondantes d'après les abaques fournis par les constructeurs. Les constructeurs de conduits et équipements de VMC fournissent également des abaques donnant les valeurs des coefficients des pertes de charge singulières en fonction de la géométrie de la singularité, des vitesses du fluide et des diamètres ou des débits concernés. Les formules de calcul sont aussi détaillées dans le DTU 68.1. En y ajoutant encore les pertes de charge des éléments restants (bouche d'aspiration, bouche de soufflage, grilles de reprise en façade, échangeur à plaques), j'ai pu calculer la perte de charge totale de la branche la plus défavorisée pour le choix des centrales de traitement d'air. (c.f : ANNEXE 10)

J'ai dessiné des réseaux au cheminement le plus simple possible mais tout en tenant compte des règles de conception dictées par le CCTP ou les DTU. Ainsi, sur le soufflage, je n'ai utilisé que des coudes et des bifurcations à 45° et j'ai placé des registres d'équilibrage au niveau des bifurcations en plusieurs branches. Nous avons choisi, avec accord du maître d'œuvre, de placer les sorties d'air vicié en toiture et non en façade comme demandé dans le CCTP afin d'éviter la reprise d'air vicié par les ouvrants ou les entrées d'air. Ce faisant, j'ai veillé à toujours respecter les 8m réglementaires entre le refoulement de l'air vicié et l'aspiration de l'air neuf.

Réseaux d'évacuations des eaux usées et eaux de vanne :

Le document de référence pour ces réseaux est le DTU n° 60.11 « règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales ».

Dans ce projet, il s'agit de réseaux non séparatifs, c'est à dire que le même réseau collecte les eaux usées (EU) et les eaux de vanne (EV). Les canalisations constituant le réseau sont en

PVC manchonné, collé et cheminent en vide-sanitaire. J'ai choisi de répartir la collecte sur deux réseaux qui collectent respectivement la moitié nord et la moitié sud du bâtiment et débouchent tous deux en partie basse du vide-sanitaire en diamètre 160 mm. Cela m'a permis d'obtenir une pente suffisante au niveau des collecteurs sans enterrer le réseau dans le vide-sanitaire. Ces deux sorties sont à raccorder sur le réseau existant de la caserne par le titulaire de la section technique VRD*. J'ai dimensionné les diamètres des collecteurs selon les prescriptions du DTU 60.11 et sans jamais être inférieurs à 160 mm pour les collecteurs principaux et 100 mm pour les collecteurs secondaires comme recommandé par le CCTP. Le raccordement des chutes et descentes sur les collecteurs se fait par des culottes à 45°. En bout de chaque branche de collecteur secondaire, une ventilation primaire avec débouché hors couverture permet d'éviter les phénomènes de désiphonage pouvant être causés par un fort débit d'évacuation dans un équipement sanitaire voisin.

Diamètres d'évacuation utilisés pour les raccordements aux collecteurs :

Lavabo, évier, lave-mains, lave-oeil : 40 mm

Douche, 2 lavabos : 50 mm

WC : 100 mm

Ventilations primaires : 100 mm

Urinoir, stalle : 40 mm

Réseaux d'alimentation en eau chaude, eau froide et eau mitigée :

Le texte de référence est également le DTU n° 60.11 « règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales »

Les réseaux de conception simple et ramifiée cheminent en vide-sanitaire pour alimenter les équipements sanitaires et points de puisage en eau froide (EF) et eau chaude sanitaire (ECS) ou en EF uniquement. Les réseaux d'ECS sont calorifugés par un isolant en mousse élastomère de résistance supérieure à 0,85 m²K/W, conformément au DTU 65.20 et les réseaux d'EF seront calorifugés de façon à éviter toute condensation.

Le réseau d'EF est en tubes PVC pression pour les branches principales et secondaires, puis en tubes de cuivre pour la distribution finale aux postes de puisage et équipements sanitaires.

Le réseau d'ECS est en tubes de cuivre et comporte un bouclage afin d'assurer une circulation permanente d'eau chaude jusqu'à proximité du dernier point de puisage. Le bouclage, également réalisé en tubes de cuivre est réalisé au plus près du dernier point de puisage de chaque ramification et dans le cas où un mitigeur compact ou prémélangeur doit être installé en amont d'un équipement sanitaire, le bouclage est fait au plus près du mitigeur, conformément à l'arrêté de 30 novembre 2005.

J'ai effectué le dimensionnement des canalisations conformément au DTU 60.11 pour chacun des tronçons du réseau en fonction des débits prévus. Pour cela j'ai utilisé une feuille de calcul contenant une macro d'aide au calcul construite selon ce DTU pour l'alimentation de groupes d'équipements sanitaires. Cependant, en dessous de 6 équipements, j'ai utilisé l'abaque du DTU. Ces deux méthodes donnent un diamètre intérieur minimal qui m'a permis de choisir parmi les diamètres commerciaux, de celui qui convient. L'alimentation des points de puisages ou des équipements sanitaires, se fera toujours par un tube de diamètre 12x14 mm au minimum et de diamètre 14x16 mm pour les douches.

Exemples de calcul de dimensionnement pour un grand ensemble d'équipements sanitaires et pour un plus petit ensemble : (c.f : ANNEXE 11)

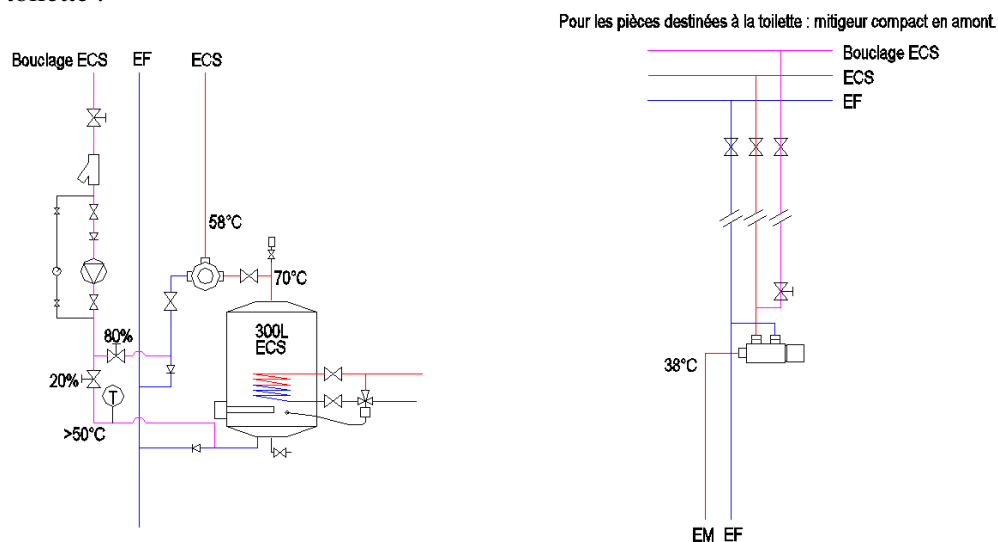
Arrêté du 30 novembre 2005 relatif à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public.

- Températures minimales pour limiter le risque lié au développement des légionelles ;
- Températures maximales pour limiter le risque de brûlure.

Pour respecter cet arrêté, j'ai choisi d'implanter des mitigeurs. Ainsi, une ECS mitigée en chaufferie par un mitigeur thermostatique en sortie de production d'eau chaude permet d'abaisser la température d'ECS distribuée mais de conserver en permanence une température supérieure à 55°C à la sortie des équipements de production. La présence de mitigeurs thermostatiques en amont des pièces destinées à la toilette (salle de bains des chambres, douches des vestiaires) permet d'abaisser la température de l'ECS à 50°C maximum, de même que sur les appareils ne disposant pas de dispositif de réglage de la température (robinet thermostatique, robinet mélangeur) pour obtenir la température désirée au point de puisage.

De plus, il faut veiller à ce que le volume d'eau entre le point de bouclage ou le mitigeur lorsqu'il y en a un et le point de puisage soit inférieur à 3 litres. Ce qui représente une longueur de 15 m pour du tube en cuivre de diamètre 18 mm.

Installation des mitigeurs en sortie du préparateur d'ECS et en amont des pièces destinées à la toilette :



Réseau d'évacuation des eaux de pluie :

Note : cette prestation n'était pas prévue dans la section technique n°2 à l'origine mais la collecte des eaux de pluie (EP) en vide-sanitaire a été acceptée par le maître d'œuvre sur proposition de l'entreprise générale et à partir du devis établi par M.BLANC en regard de mon étude de dimensionnement.

Le texte de référence est toujours le: DTU n° 60.11 « règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales »

La première étape est le calcul du débit dans chacune des descentes d'eau de pluie en fonction de la surface de toiture projetée collectée. Conformément au DTU, on considère un débit maximal sous orage de 3 litres à la minute et par mètre carré de projection horizontale.

Pour le dimensionnement des conduits des différents tronçons du réseau j'ai utilisé le tableau du DTU 60.11 pour les collecteurs horizontaux établi d'après la formule de Bazin avec un taux de remplissage de 0,7 et un coefficient de frottement de 0,16. (c.f : ANNEXE 12)

$$Q = \frac{87 RH \sqrt{i}}{\gamma + \sqrt{RH}} \times SM$$

Q : débit (m³/s)

RH : rayon hydraulique (m)

SM : surface mouillée (m²)

i pente (m/m)

γ : coefficient de frottement (m^{1/2})

Le rayon hydraulique RH est le rapport de la surface mouillée sur le périmètre mouillé.

Le périmètre mouillé est la partie du périmètre de la section mouillée qui est en contact avec les parois de la conduite.

Le fait qu'un seul réseau collecte l'ensemble du bâtiment et la hauteur limitée du vide-sanitaire impliquent une faible pente d'où des diamètres relativement élevés pour ces valeurs de débit. De plus, on a une particularité au niveau de la descente d'eau de pluie attenante au garage : le niveau du sol fini du garage est inférieur à celui du reste du bâtiment de 52 cm. Or cette descente est en tête du réseau qui, lui, doit déboucher du côté opposé du bâtiment, au niveau du bassin d'orage. Ainsi, le raccordement sous le niveau du garage serait trop pénalisant pour la pente de l'ensemble du réseau et il a fallu trouver une autre solution. Pour pouvoir faire cheminer la canalisation sous la voierie menant au garage afin de le contourner et pouvoir pénétrer dans le vide sanitaire à une hauteur moins pénalisante, il aurait fallu cependant l'enterrer suffisamment profondément afin qu'elle ne subisse pas l'écrasement provoqué par le passage des véhicules. Ceci ne pouvant apporter une alternative avantageuse, nous avons finalement choisi, en accord avec l'entreprise générale et avec validation du maître d'œuvre, d'utiliser le caniveau situé en bordure de la sortie des garages pour faire cheminer les eaux de pluie provenant de cette descente avec la meilleure altimétrie et sans risque de rupture de canalisation.

Dans cette étude effectuée entièrement et sans être guidée par les contraintes du CCTP, j'ai pu noter l'importance de dimensionner correctement le réseau car un sous dimensionnement entraînerait une mauvaise évacuation des eaux de pluie et une mise en charge du réseau qui ne remplirait alors plus son rôle. Quant au surdimensionnement, il entraîne rapidement une augmentation du coût de l'installation, d'une part en fournitures (tubes, raccords, coudes, colliers de fixation) dont le prix n'est pas proportionnel au diamètre et d'autre part en main d'œuvre car le travail est plus long et pénible pour la pose de gros diamètres.

Chaufferie :

En tant qu'uniques utilisateurs des réseaux d'eau et de gaz amenés en attente jusque dans la chaufferie par le titulaire de la section technique VRD*, nous avons été chargés de lui fournir les diamètres des piquages à réaliser sur les réseaux existants.

Pour dimensionner l'arrivée générale d'eau, j'ai à nouveau utilisé la feuille de calcul, conformément au DTU 60.11. et j'ai obtenu un diamètre commercial de 63mm extérieur pour du PE bande bleue. (c.f : ANNEXE 13) A partir de cette arrivée en chaufferie nous réaliserons deux alimentations distinctes : une pour les installations de chauffage et une pour l'alimentation en eau potable et la production d'ECS.

Pour l'arrivée générale de gaz naturel, j'ai utilisé l'abaque pour les tuyaux de gaz à 300 mbar, pression du réseau existant dans la caserne. Pour un débit de 10 m³/h et 0,05 mbar/m de perte de charge, j'ai obtenu un diamètre intérieur de 30mm. (c.f : ANNEXE 14)

Les grilles de ventilation en partie haute et basse de la chaufferie ont été choisies avec une section de passage efficace conforme au DTU 65.4.

- Partie basse : $S \text{ (dm}^2\text{)} > P \text{ (kW)} / 23.2$ avec $S > 3,5 \text{ dm}^2$ (P = Puissance totale installée en chaufferie).
- Partie haute : $S \text{ (dm}^2\text{)} > A \text{ (m}^2\text{)} / 10$ avec $S > 2,5 \text{ dm}^2$ (A = Surface du plancher de la chaufferie).

L'évacuation des eaux de vidange ou des condensats est prévue dans le réseau EU-EV.

La production de chaleur est assurée par une chaudière murale gaz compacte à condensation de marque DE DIETRICH, modèle INNOVENS MC90. Rendement global annuel de 98% sur PCS, 109% sur PCI. Elle est raccordée en amont au réseau d'alimentation en gaz naturel et au réseau d'alimentation en eau pour les installations de chauffage et en aval au ballon de production d'eau chaude de 300 l et aux réseaux de distribution de chauffage (plancher chauffant et batteries d'eau chaude des CTA) par l'intermédiaire d'une bouteille de mélange verticale ainsi que d'un distributeur et d'un collecteur horizontaux. Le calorifugeage sera assuré par de la laine de fibres minérales multidirectionnelles liées par une résine thermodurcissable et avec coquille PVC, modèle Autopack de marque OUEST Isol. Mousse élastomère pour les gros diamètres de la bouteille de mélange par exemple de sorte que $\lambda < 0,038 \text{ W / m.K}$ conformément au CCTG « Marché installation de chauffage ».

Épaisseur de calorifuge mis en œuvre autour des conduits en fonction de leur diamètre nominal :

Épaisseur 30 mm	DN ≤ 50
Épaisseur 40 mm	50 < DN ≤ 100
Épaisseur 50 mm	100 < DN ≤ 250
Épaisseur 60 mm	DN > 250

Pour établir le schéma de principe de la chaufferie, il a fallu définir l'implantation des différents éléments tels que les pompes, éléments de coupure, d'équilibrage, de régulation, de sécurité, de vidange, de purge, de filtration, les instruments de mesure et de comptage.

Exemple détaillé pour le choix d'une vanne de régulation ou vanne trois voies :

Les caractéristiques des vannes de régulation sont : pression nominale PN, diamètre nominal DN, coefficient de vanne Kv, type de raccordement : à bride ou fileté, pression d'utilisation, pression de fermeture (différence de pression maximale permise sur la vanne fermée), perte de pression maximale admissible quand la vanne est grande ouverte.

Pour calculer la valeur du coefficient Kv, les données de fonctionnement sont à déterminer en fonction des conditions et du type de l'installation, telles que le débit, la densité du fluide. C'est le débit d'eau Q en m³/h et mesuré à 4°C ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) qui passe à travers la vanne considérée comme entièrement ouverte, pour une perte de charge de 1 bar.

Equation pour les fluides (eau, etc.) :

$$Kv = Q \cdot \sqrt{(\rho/\Delta P)}$$

Q = débit (m³/h)

ΔP = pression différentielle (bar)

ρ = densité (kg/dm³)

Une vanne sous dimensionnée peut engendrer une chute de pression élevée au travers du dispositif et peut, par conséquent, endommager le siège de la vanne par érosion. Inversement, une vanne de régulation surdimensionnée peut entraîner un fonctionnement instable de l'installation.

Pour chaque type de vanne le constructeur indique une pression différentielle limite admissible qui dépend de son diamètre, du mode de construction, de la puissance du servomoteur, de la température du fluide, du taux de fuite et du débit maximal qui la traverse.

$$Q = K_v \cdot \sqrt{(\Delta P / \rho)}$$

Q = débit d'eau réel en m³/h à la température considérée

ρ = masse volumique de l'eau en kg/dm³ ou densité (dépend de la température)

ΔP = chute de pression au travers de la vanne en bar (= perte de charge)

La vanne a toujours un diamètre nominal inférieur à celui de la canalisation de un voire deux diamètres sur l'échelle des diamètres normalisés.

Il faut donner de l'autorité à la vanne, sinon il y a risque de pompage, or le pompage entraîne une usure anormale et des bruits de dilatation.

L'autorité de la vanne :

La fonction principale d'une vanne de régulation est d'assurer la progressivité d'un débit. C'est l'autorité de la vanne qui va déterminer la stabilité de la régulation. Cette progressivité sera quantifiée par l'autorité de la vanne.

Autorité : $a = \Delta P_v / (\Delta P_v + \Delta P_L)$

ΔP_v = perte de charge de la vanne entièrement ouverte pour le débit nominal

ΔP_L = perte de charge du circuit à débit variable

On prendra en général une autorité de 0,5 c'est-à-dire que la PdC de la vanne est égale à la PdC du circuit à régler. Une valeur supérieure n'amène pas d'améliorations mais demande une pompe plus puissante pour vaincre les nouvelles PdC. En revanche, si l'autorité descend en dessous de 0,3 la régulation sera instable.

Ainsi on aura toujours : $0,3 < a < 0,5$

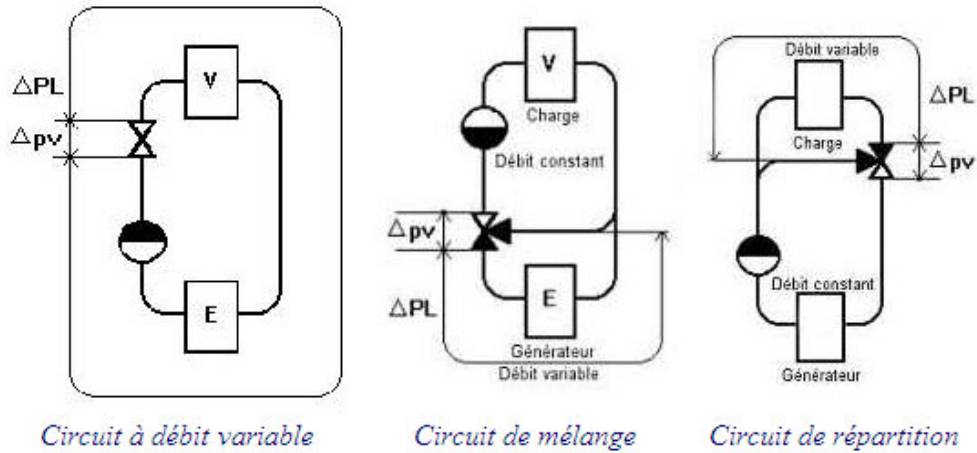
Pour les vannes à secteur, il existe deux possibilités de montage mais la pompe doit toujours être montée sur le circuit à débit constant.

- Montage de la vanne « en mélange » : deux entrées pour une sortie.

Circuit radiateur, ils sont toujours alimentés à débit constant. La pompe est toujours installée entre la vanne et les radiateurs. Système qui demande un équilibrage.

- Montage « en répartition » : deux sorties pour une entrée.

Circuit aérotherme ou échangeur, ils sont toujours posés sur le retour. Le circuit est à débit variable. La pompe est toujours installée entre la production de chaleur et la vanne.

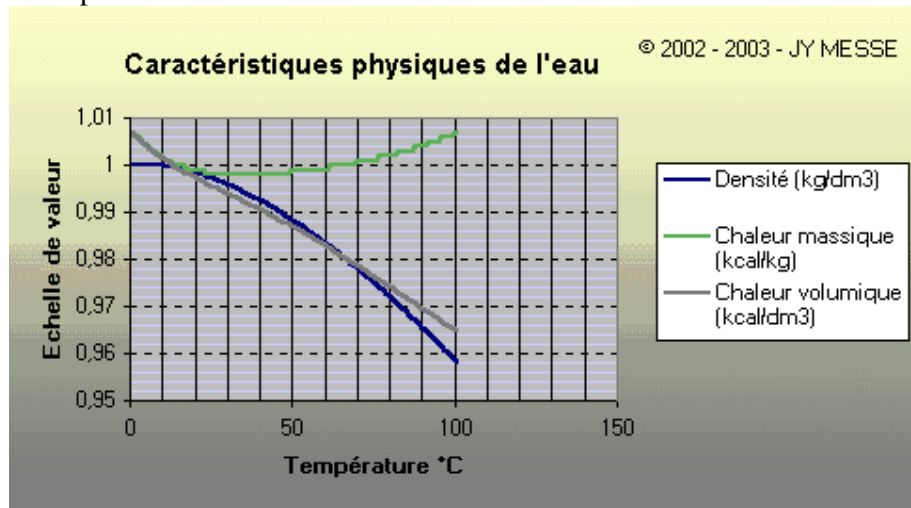


- *E = générateur de chaleur*
- *V = Emetteur de chaleur*

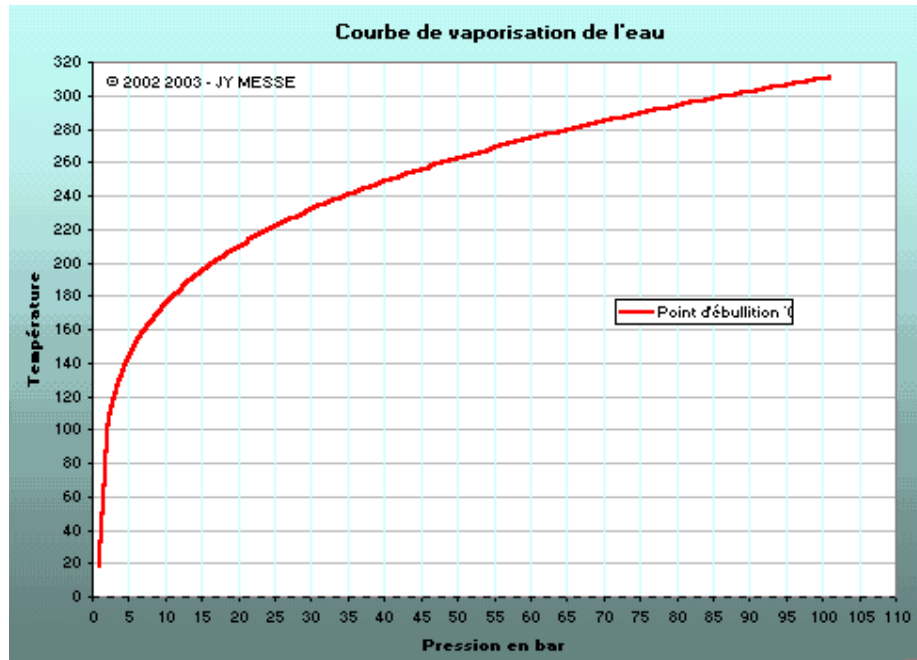
Le choix des pompes est conditionné par le débit à faire circuler dans le circuit et à la perte de charge de ce circuit.

Calcul du débit de fluide caloporteur (eau chaude) pour le transfert thermique :

Les différentes caractéristiques physiques de l'eau évoluent avec la température. On peut retrouver les valeurs de densité, chaleur massique et chaleur volumique tabulées pour les différentes températures.



Il faut également veiller à rester sous le point de vaporisation en tout point du circuit.



Pour une puissance donnée, le débit du fluide est déterminé par la formule suivante :

$$q = (Q \cdot 3600) / (\rho \cdot c \cdot \Delta T)$$

q = débit d'eau en l/h

Q = puissance thermique à transférer (en W)

ρ = masse volumique (densité) de l'eau sur le circuit en kg/m^3

c = chaleur massique de l'eau en kJ/kg.K

ΔT = variation de la température en K (T° départ – T° retour en K)

La température de référence prise en compte dans la détermination des valeurs des caractéristiques physiques du fluide est la température moyenne entre l'aller et le retour.

Il s'agit ici de la puissance thermique brute ; il faudra tenir compte du rendement du système de transfert de chaleur qui n'est généralement pas parfait.

Remarque :

Le débit d'eau nécessaire pour le transfert thermique est couramment déterminé par la formule usuelle suivante :

$$q = Q (\text{kcal/h}) / \Delta T$$

q = débit d'eau en l/h

Q = puissance thermique à transférer (en kcal/h)

ΔT = variation de la température en K (T° départ – T° retour en K)

Dans ce cas, plus la température sera élevée, plus la marge d'erreur sera conséquente.

Ex :

116 264 W (soit 100 000 kcal/h) à transférer dans un circuit de distribution d'eau à 90/70°C sous une pression de 2.5 bar (valeurs couramment adoptées dans les installations de chauffage)

Formule usuelle : $q = 100\,000 / 20 = 5\,000$ l/h

En réalité :
masse volumique de l'eau à 80°C, sous 2.5 bar : 971.5 kg/m³
chaleur massique de l'eau à 80°C, sous 2.5 bar : 4.196 kJ/kg.°C
débit réel : $q = (116\,264 \cdot 3600) / (971.5 \cdot 4.196 \cdot 20) = 5134$ l/h
soit une marge d'erreur de 2.68%

Une fois l'étude réalisée pour tous les réseaux et pour la chaufferie, j'ai dessiné les plans d'exécution à l'aide du logiciel AutoCAD puis mis en page à l'échelle 1 : 50 avec le cartouche type fourni par l'entreprise générale pour diffusion et validation.

II.2.c / Choix des équipements sanitaires.

Le choix des équipements sanitaires, de leur implantation et des accessoires s'est fait en conformité avec l'accueil de PMR et en respect des normes et textes législatifs. Les textes de référence sont l'arrêté du 1^{er} août 2006 [...] relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public [...] et l'Arrêté modificatif du 30 novembre 2007.

En vérifiant l'adéquation entre ces textes et le CCTP et les plans du DCE j'ai relevé plusieurs problèmes ou incohérences :

- espace d'usage des cabinets d'aisance non représenté ;
- espace de manœuvre insuffisant dans les cabinets d'aisance ;
- manque de lave-mains dans les cabinets d'aisance pour PMR ;
- bacs de douche dessinés sur le plan dans les salles de bains des chambres au lieu d'un sol avec forme de pente et équipé d'un siphon de sol ;
- lavabos sur console dans des cabinets d'aisance accessibles aux PMR.

Ces différents points ont pu être résolus après discussion avec l'entreprise générale et le maître d'œuvre.

Spécifications pour les équipements choisis et leur implantation :

- surface d'assise de la cuvette des cabinets d'aisance pour PMR entre 0,45 et 0,50 m du sol par installation de WC surélevés ;
- équipement de barres d'appui latérale et de barres d'appui relevables (axe horizontal entre 0,70 et 0,80 cm du sol) à côté de la cuvette ;
- implantation des autres équipements (patères, sèche-mains, distributeur de savon, robinetterie, miroirs) à une hauteur accessible en position « assis » ;
- remplacement des lavabos sur console par des lavabos de faible profondeur offrant un vide en partie inférieure d'au moins 30 cm de profondeur, 60 cm de largeur et 70 cm de hauteur et équipés de robinetterie à commande ergonomique.

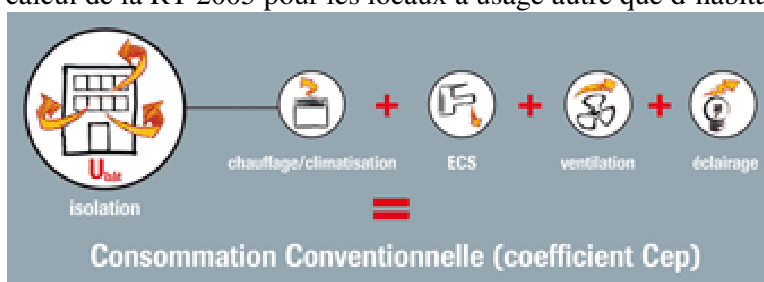
Un problème plus délicat auquel j'ai été confronté est la quasi-inexistence de lave mains d'angle adaptés aux normes handicapés. De plus, le seul modèle que j'ai pu trouver sur le marché satisfaisant à toutes les exigences ne pouvait convenir au peu de place disponible dans le cas de ce projet. J'ai donc demandé une dérogation auprès du bureau de contrôle par l'intermédiaire de l'entreprise générale pour l'installation avec un siphon compact empiétant au minimum sur l'espace d'usage. Le plan de détail de l'installation a également été diffusé au maître d'œuvre pour avis.

II.2.d / Etude de conformité à la Réglementation Thermique 2005.

La réglementation thermique RT 2005, définie par l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles des bâtiments, représente les contraintes minimums auxquelles doit satisfaire un bâtiment neuf en terme de consommation d'énergie. Il définit la consommation conventionnelle annuelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. Elle s'exprime en kWh/m² sous la forme d'un coefficient noté Cep et doit être comparée à une valeur de référence calculée pour ce même bâtiment : Cep_{ref} . Les modalités de calcul sont définies dans la méthode de calcul Th-C-E.

Dans le contexte actuel ambivalent avec d'une part la raréfaction des ressources et l'augmentation de l'effet de serre et d'autre part la demande croissante en confort et sécurité des usagers, on tend de plus en plus vers un développement durable dans tous les secteurs. Or le secteur du BTP est un très gros consommateur d'énergie (43% de la consommation d'énergie finale en 2004) donc la cible gestion de l'énergie est considérée comme prioritaire. Cela représente un gros potentiel d'amélioration, notamment en regard des secteurs du transport ou de l'industrie qui ont déjà fait des efforts dans ce sens. L'objectif de réduction de moitié de la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment est tout à fait atteignable avec le renouvellement du parc et c'est dans ce sens que le Grenelle de l'environnement a imposé des objectifs de constructions labellisées « bâtiment basse consommation » pour l'horizon 2010 (publics) ou 2012 (privés) et labellisés « bâtiment à énergie positive » pour l'horizon 2020. Dans cette optique, le bâtiment du centre médical entend faire mieux que le minimum requis par la RT 2005 et vise le label HPE (Haute Performance Energétique). Bien que sa conception ait été faite il y a deux ans, ce bâtiment devra donc représenter un gain minimum de 10% par rapport au coefficient de référence, conscient que le référentiel de la RT 2005 apparaît quelque peu obsolète à l'heure où l'on parle déjà de la très prochaine RT 2010.

Le Principe de calcul de la RT 2005 pour les locaux à usage autre que d'habitation :



$Cep = \text{chauffage/climatisation (en lien avec l'isolation } U_{bât})$
 $+ \text{Eau Chaude Sanitaire} + \text{ventilation} + \text{éclairage}$

La consommation conventionnelle du projet CEP

La performance du projet est principalement liée au niveau d'isolation du bâti et à l'efficacité des équipements.

La consommation de référence Cep_{ref} ou "droit à consommer"

Pour chaque bâtiment étudié, on calcule son niveau de consommation énergétique autorisé (coef. Cep_{ref}) et son niveau de consommation énergétique conventionnel (coef. Cep) et l'on vérifie : **Coefficient Cep \leq Coefficient Cep_{ref}**

Pour déterminer et respecter les niveaux de consommation énergétique (Cep_{ref} et Cep), des calculs thermiques sont nécessaires. Les niveaux de performances minima et de référence

servent de guides aux prescripteurs : impossibilité d'être inférieurs au minima et possibilité d'optimiser les choix autour des performances de référence.

Les déperditions de référence : Ubât-réf

Passage obligé dans le calcul du $Cep_{réf}$, le niveau global de déperdition de l'enveloppe du bâtiment permet de définir la qualité de l'isolation thermique d'un projet. Le coefficient $Ubât-réf$ (exprimé en $W/m^2.K$) représente un coefficient de déperditions moyen du bâtiment :

- *Déperditions par les parois (murs, planchers, toitures, baies).*
- *Déperditions par les liaisons (ponts thermiques des planchers, refends ...).*

$Ubât-réf$ est calculé avec les exigences de référence de ces parois et liaisons (Attention : les valeurs de références pour U et Ψ ne sont pas les valeurs garde-fous). En parallèle, le calcul du coefficient $Ubât$ du projet devra être mené en respectant les exigences minimales.

On doit alors avoir : **$Ubât < U \text{ bât-ref} \times 1,25$**

J'ai effectué un bilan de conformité à la RT 2005 à l'aide du module RT2005 du logiciel PERRENOUD. Ce module fonctionne sur le même principe que le module de calcul des déperditions en utilisant le moteur de calcul du CSTB*. Il permet cependant d'intégrer l'aspect consommation en renseignant les modes de chauffage ou de climatisation et les puissances mises en jeu. Il intègre également les consommations de l'éclairage et des auxiliaires comme les moteurs des caissons de ventilation pour déterminer au final les valeurs de Tic (la température de référence en été), Cep , $Ubât$, $Ubat-max$ et les comparer aux valeurs de référence. Enfin il permet de vérifier la conformité aux garde-fous.

Au préalable, j'ai effectué une étude pour déterminer le classement d'exposition aux bruits pour le bâtiment. (c.f : ANNEXE 15)

Le résultat du bilan de conformité à la RT 2005 montre que le projet est bien conforme au sens de la méthode de calcul du ThCE. (c.f : ANNEXE 16) Au-delà de cette conformité minimale requise, il faut voir que le gain estimé sur la consommation de référence est de plus de 36%. Par conséquent, l'objectif du label HPE associé dans la RT 2005 à une réduction de 10% de la consommation de base est largement atteint. Et même, on atteint facilement le label THPE associé à une réduction de 20%.

II.3 / Suivi du chantier.

Le vendredi 15 mai 2009 a eu lieu la réunion préparatoire au chantier, sur site, avec l'ensemble des acteurs : maître d'œuvre, entreprise générale, titulaires des différents lots. Remise des dossiers complets de l'étude. C'est à cette occasion clôturant la période de préparation que nous avons remis notre dossier avec l'étude thermique, les notes de calculs, l'ensemble des plans d'exécution et le carnet de détail des matériels pour validation du maître d'œuvre.

Ce dossier a été établi d'après le DCE fourni pour réponse à l'appel d'offre mais a été sujet à des modifications ultérieures d'après les propositions au maître d'œuvre par l'intermédiaire de l'entreprise générale ou suite à avis du bureau de contrôle sur les plans du DCE ou modifications des choix du maître d'œuvre ou après consultation des autres corps d'état (maçon, charpentier, couvreur, étancheur).

Après examen du dossier de préparation, le maître d'œuvre a émis quelques remarques :

- pas d'eau mitigée pour les vasques du plan de travail du local dentiste (sur consultation de l'utilisateur final) ;

- les lavabos prévus sur console deviennent des lavabos en applique avec réseaux encastrés dans parois en plaques de plâtre ;
- tenir rigoureusement la symétrie des entrées et sorties d'air en façade et toiture pour la VMC ;
- s'assurer du traitement antibactérien blanc sur les plans vasques ;
- s'assurer du traitement antibactérien sur les barres d'appui et barres de relevage pour PMR.

Réunions de chantier.

L'essentiel du suivi du chantier, en dehors des échanges téléphoniques pouvant avoir lieu avec les différents acteurs du projet, se joue lors des réunions de chantier hebdomadaires. C'est l'occasion, d'apporter des réponses aux points notés dans le compte-rendu de réunion de la fois précédente. Cela peut être une réponse aux consultations et questions de l'entreprise générale et du maître d'œuvre ou des mises à jour des plans, proposition de solutions, mises au point ou précision sur les documents remis (bureau de contrôle, APAVE, maître d'œuvre) tels que les notes de calcul, le matériel choisi ou les conditions de mise en œuvre. Par exemple, le bureau de contrôle a fait remarquer que la paroi du local archive (local à risques) devait avoir un degré coupe feu 1heure et donc qu'il n'était pas possible d'encastrer le coffret distributeur de plancher chauffant. L'entreprise générale nous a aussi consulté, au titre de titulaire de la partie ventilation, sur la ventilation du local déchets et du garage. Il peut aussi s'agir de la remise de documents complémentaires comme un plan d'aménagement de la chaufferie avec encombrement et masse des éléments, un devis de raccordement d'une cuve de stockage des eaux de pluie. Toute remise de ces documents est accompagnée d'un bordereau et une copie en est archivée. C'est aussi l'occasion pour nous de faire des remarques ou de soulever des interrogations. Par exemple, la purge des réseaux de plancher chauffant est impossible au niveau des collecteurs si ces derniers sont situés en vide-sanitaire et par conséquent à une altimétrie inférieure aux boucles de chauffage comme cela était prévu initialement. Nous avons aussi soulevé l'impossibilité à trouver un lave-mains d'angle adapté à toutes les contraintes d'accessibilités pour PMR et avons demandé une dérogation au bureau de contrôle.

Le second rôle clé de ces réunions est l'échange et la discussion avec l'entreprise générale et les autres corps d'état pour s'assurer de la compatibilité des réalisations, de la coordination des plannings, de la transmission des renseignements nécessaires en cas de réalisation de prestations de notre part ayant une incidence sur les autres sections techniques ou de la part d'autres corps d'état ayant une incidence sur nos prestations. Il est très important pour cela d'avoir un suivi sans faille du chantier et de faire preuve d'anticipation et de recul.

Voici quelques exemples : nous devons prévoir les renforts en madriers de bois dans les cloisons en plaques de plâtre cartonnées pour obtenir une résistance suffisante à l'arrachement au niveau des équipements sanitaires et de leurs accessoires ; prévoir l'implantation des sondes de températures ; prévoir les réservations dans la maçonnerie : dans les murs pour le cheminement des réseaux de VMC, dans le plancher haut et les voiles du vide-sanitaire pour cheminement et débouché des réseaux ; prévoir l'approvisionnement des grandes longueurs de tube dans le vide sanitaire avant remblai ; prévoir un planning d'intervention pour la pose des réseaux de VMC et combles à la suite de l'intervention du charpentier et avant la pose du faux-plafond.

Pour aider à cette coordination, l'entreprise générale tient à jour le planning prévisionnel et nous informe des modifications de plans éventuelles intervenues pour une mise à jour et diffusion des plans d'exécution en conséquence.

Suite à ces échanges intervenus durant les réunions de chantier, nous avons par exemple reçu la commande réseau d'évacuation des EP en vide-sanitaire. Cela a commencé par une étude

de faisabilité demandée par l'entreprise générale, puis par la proposition d'un devis qui a abouti sur cette commande. De la même façon, nous attendons à l'heure actuelle la validation d'un projet de récupération des eaux de pluies dans une cuve souple en vide-sanitaire afin d'alimenter par un surpresseur certains des points de puisage. Concernant notre consultation à propos de la ventilation du local déchet et du garage, nous avons communiqué, après consultation des textes règlementaires, les contraintes à prendre en compte et avons formulé une proposition. Nous serons chargés de la réalisation après décision de la maîtrise d'œuvre, et consultation de l'utilisateur final. Enfin, le bureau de contrôle, conscient du problème soulevé par les lave-mains d'angle dans les sanitaires pour PMR, nous a accordé une dérogation, sous réserve de prise en compte des remarques de la maîtrise d'œuvre concernant le caractère démontable du siphon.

Après validation définitive par le maître d'œuvre des plans et matériels proposés, j'ai pu valider l'avant-métré prévisionnel des fournitures nécessaires à la réalisation, actualiser les demandes de devis auprès des fournisseurs et soumettre à la validation de M. BLANC les commandes de matériel avec vérification comparative au fur et à mesure de la conformité des sommes engagées avec le budget estimé pour chacun des postes et avec le prix global de l'offre chiffrée et vendue au client. Pour ce dernier point, j'ai utilisé les valeurs contenues dans le DPGF et le DDED que j'ai intégrées dans une feuille de calcul dont la couleur de fond des cellules change en fonction de la différence en positif ou en négatif entre le pris estimé et le prix de la commande. Une fois les achats engagés, je me suis assuré auprès des fournisseurs du respect des délais de livraisons afin d'organiser les approvisionnements en temps voulu et en concordance avec les plannings d'intervention des monteurs de sorte que les ressources humaines et matérielles soient toujours en concordance. La dernière partie de mon travail consiste alors à fournir aux équipes de monteurs des plans d'exécution clairs et mis à jour et des consignes précises.

En marge de cela, j'ai également participé à la visite d'inspection commune du chantier et à la réunion qui s'en est suivie avec le coordinateur SPS* : J-F. PLANTE du bureau Blondeau Ingénierie. (20 juillet 2009). Suite à cela, je me suis attelé à la rédaction du PPSPS*, conformément au PGCSPS*, et remise à l'entreprise générale en quatre exemplaires préalablement à la première intervention sur le chantier. Ce PPSPS décrit la nature des opérations à réaliser, leur chronologie, il décrit les effectifs en personnel présents sur le chantier en temps normal et en période de pointe ainsi que leur période de présence. Il est une analyse des risques liés à ces opérations, qu'ils soient directs (liés à l'opérateur) ou extérieurs (causés par l'opérateur à un tiers et inversement) et il décrit les solutions apportées pour supprimer ces risques ou à défaut les prévenir et s'en protéger. Il contient également un descriptif des équipements de secours mis à disposition et dicte la conduite à tenir en cas d'accident.

III / Autres dossiers ou activités.

III.1 / Simulateur SPRAT.

Ce chantier concerne la réhabilitation d'une partie du bâtiment 269 sur le camp militaire du Valdahon (25800) afin d'y implanter un simulateur, supervisé depuis un local instructeur, le tout attendant à une salle d'enseignement assisté par ordinateurs (EAO).

Sur ce dossier j'ai à nouveau réalisé une étude thermique afin de déterminer les déperditions et dimensionner puis tracer le réseau de chauffage. J'ai ensuite déterminé le types de radiateurs à installer ainsi que leur implantation. De même, il m'a fallu dimensionner et tracer le réseau de VMC et pour la climatisation, déterminer l'implantation du groupe extérieur, des unités intérieures et le cheminement des réseaux de gaz, liquide et condensats.

Le dossier préparatoire a été remis le vendredi 10 avril (étude thermique ; dimensionnement et définition des installations de chauffage, ventilation, climatisation ; plans d'exécution ; carnet de détail technique des équipements)

Solutions retenues et points particuliers :

Les canalisations du réseau de chauffage sont des tubes en acier noir, dimensionnés de telle sorte que la perte de charge J des canalisations est inférieure à 15 mm de colonne d'eau par mètre linéaire. La distribution jusqu'aux émetteurs de chaleur est du type bitube et les vitesses maximales dans les réseaux hydrauliques sont celles du CCTG - Brochure 2015 du JO - Edition de janvier 1991 (fonction du diamètre). L'émission se fait par radiants de marque FINIMETAL, reliés au réseau de la sous-station du bâtiment et cheminant en faux-plafond. Le réseau est calorifugé par un isolant de laine de fibres minérales multidirectionnelles liées par une résine thermodurcissable et avec coquille PVC pour le réseau principal (Autopack de marque OUEST Isol) et par de la mousse élastomère pour les antennes secondaires (Armaflex de marque OUEST Isol). Dans le local EAO, des radiateurs plinthe sous les fenêtres assurent une puissance de chauffe suffisante tout en assurant une bonne répartition spatiale de la température par convection naturelle. La modification en sous-station sur l'installation existante assure la même conception du raccordement de la nouvelle branche et la compatibilité avec les réseaux existants. Cela implique une harmonisation des matériels installés pour assurer la communication avec l'UGL* en place (marque SAUTER). Il faut noter que la nouvelle branche est dimensionnée avec un coefficient 2,5 afin d'anticiper le réaménagement d'une autre partie du bâtiment.

La ventilation se fait par extraction simple flux par un extracteur de marque ALDES, type Microwatt à courbe plate. Il assure une faible consommation en énergie et un ajustement automatique de la dépression en adéquation avec la charge du réseau. Dans le local EAO, des détecteurs de présence permettent de moduler proportionnellement le débit d'aspiration dans ce local d'enseignement qui peu rassembler une grande densité d'occupants pendant la période d'occupation mais qui est souvent aussi totalement inoccupée. L'air neuf est aspiré au travers d'entrées d'air autoréglables sur les menuiseries puis il y a balayage des pièces à pollution non spécifique. Nous avons fait une proposition (associée à une plus-value) au maître d'oeuvre pour l'intérêt de l'installation d'une VMC double flux, compte tenu du grand débit extrait pendant l'occupation de la salle d'enseignement et la faible température de base extérieure. Il s'est avéré que cette proposition ne correspond pas au budget et ne relève pas d'un aspect prioritaire pour ce chantier.

La climatisation est assurée par un ensemble multi-split réversible : un groupe extérieur de forte puissance associé à un réseau d'unités intérieures (plafonnier, cassette, mural, etc.). D'après les charges thermiques internes de chacun des locaux et des spécifications du CCTP, Cyril MONIN nous a fait une proposition d'équipements de marque HITACHI. Cette proposition n'était pas satisfaisante, ni commercialement, ni techniquement. M. RUF nous a alors fait une proposition pour des équipements de marque Atlantic plus intéressante

commerciallement mais dans un premier temps non conforme en terme de performances : COP et EER insuffisants (valeurs requises par le CCTP : COP > 4 et EER > 3.8 en aggravation de la réglementation et dans les conditions de performance nominale de la NF E 14511). Après une nouvelle consultation, le choix d'un modèle supérieur de la gamme satisfaisant les valeurs requises a été validé : système VRF Max2 ; COP = 4.37 (à +7°C); EER = 4.07 (à +35°C)

*Les termes **COP**, abréviation de l'anglais "Coefficient Of Performance", et **EER**, "Energy Efficiency Ratio", sont les coefficients de performance de la pompe à chaleur, le premier en terme de chauffe, le second en terme de refroidissement. Les coefficients sont obtenus en divisant la puissance de chauffe (pour le COP) ou la puissance de refroidissement (pour le EER) par la quantité d'électricité utilisée. Au plus élevée est la valeur COP ou EER, au plus basse est la consommation énergétique des appareils.*

Le cheminement de tous ces réseaux se fait en faux-plafond dans un caisson technique avec les réseaux électriques de courants faibles et courants forts.

Suivi du chantier :

Au cours des réunions de chantiers, j'ai été en contact avec les différents acteurs : M. Lanaud-Leconte (maître d'œuvre, armée), M. Menoud (ent. générale), M. Massinon (ent. SNCTP, gros œuvre), M. Faillenot (ent. Martel, menuiseries), M. Bailly (ent. EIMI, électricité), M. Plante (Cabinet Blondeau ingénierie, coordinateur SPS). Au cours de nos échanges, j'ai été sollicité pour fournir des documents complémentaires comme le plan de détail d'implantation du groupe extérieur de climatisation et du groupe d'extraction dans l'alvéole extérieure, le plan de détail en coupe de la disposition type des réseaux dans le caisson technique, le plan d'implantation des renforts en madriers de bois pour l'implantation des radiateurs et unités intérieures de climatisation dans les cloisons en plaques de plâtre cartonnées. J'ai également été consulté par l'entreprise SNCTP pour la fourniture des cotes du socle en maçonnerie pour le groupe extérieur et de son positionnement dans l'alvéole extérieure. De mon côté j'ai effectué une demande de devis à EIMI pour répartition des prestations électriques de notre section technique (comptage d'énergie, report de défaut en façade de l'armoire électrique, etc.). Ces réunions ont été l'occasion de discuter et entériner les modifications des plans, de cheminement des réseaux, de dimensions du caisson technique, de disposition des réseaux dans le caisson technique. L'occasion aussi de consulter les autres intervenants pour organiser les interventions en conséquence et anticipation le déroulement du chantier. Par exemple, nous avons pu prévoir de poser l'évacuation des condensats le long de la façade avant la pose du bardage, prévoir d'intégrer les renforts dans les cloisons en plaques de plâtre entre la pose de 1^{ère} et la 2^{ème} peau, prévoir la réalisation du réseau de VMC avant la pose du faux-plafond. Une fois ces plannings coordonnés il est possible de gérer les ressources matérielles (commandes, approvisionnement) et humaines (équipes de monteurs, conducteur de travaux, technicien de bureau d'étude, responsable d'affaire).

Au final, ce fut ma première expérience de démarrage et suivi de chantier mais aussi une excellente préparation pour le grand chantier du centre médical de garnison.

III.2 / Maison d'accueil spécialisée à Lure.

Il s'agit d'un grand centre médicalisé et réservé à l'accueil de personnes lourdement handicapées. C'est une construction neuve, implantée à Lure (70200).

Sur ce chantier, j'ai participé aux travaux de finition, à la préparation à la mise en route (en présence du technicien CIAT pour le paramétrage des groupes d'eau glacée), à la mise en route (en présence du technicien SIEMENS pour le paramétrage de la régulation) et à la formation du personnel. Cela a été pour moi un bon exemple des possibilités de gestion des automatismes et des actions de GTC* ou GTB*.

Travaux de finition :

- pose des grilles de désenfumage, mesure de débit de désenfumage ;
- pose de bouches de VMC et de grilles de soufflage pour la climatisation ;
- pose de radiateurs ;
- raccordement de la cuve fioul au groupe de secours ;
- déplacement d'une armoire électrique de régulation et câblage ;
- colmatage de fuites ;
- pose de calorifuge ;
- pose des têtes thermostatiques des radiateurs ;
- pose de rosaces de finition autour des tubes débouchant des mus ;
- mesures de débit des bouches de VMC pour établissement du DOE* ;
- visite de conformité avec le bureau de contrôle concernant le désenfumage.

III.3 / Bâtiment 164 de la caserne Joffre.

Il s'agit d'un bâtiment neuf, dit à usage « multitechnique » et comprenant une partie bureaux et une partie atelier destinée à l'entretien des véhicules du régiment de la caserne Joffre à Besançon (25000).

Sur ce chantier, j'ai effectué un nouveau bilan détaillé de conformité à la RT 2005. La remise de ce dossier à M. Charles BOURREL, le maître d'œuvre était initialement prévue pour la fin mai mais a été avancée à la fin avril. En utilisant le module RT2005 du logiciel PERRENOUD, le bâtiment s'avère être conforme au sens de la méthode de calcul du ThCE et les garde-fous sont respectés. Cette étude inclut la prise en compte des consommations d'éclairage, d'alimentation des CTA, des auxiliaires ainsi que la prise en compte des apports internes et solaires. Toutefois il est à noter que le renouvellement d'air spécifique lié à l'évacuation des gaz brûlés n'est pas pris en compte dans le calcul. En effet, cela est justifié par l'article 1er de la RT2005 : « [...] Les dispositions du présent arrêté ne s'appliquent pas : [...] Aux bâtiments ou parties de bâtiments qui, en raison de contraintes liées à leur usage, doivent garantir des conditions particulières de température, d'hygrométrie ou de qualité de l'air et nécessitant de ce fait des règles particulières. »

Le maître d'œuvre a également demandé au mois de mai un calcul estimatif du coût de chauffage du bâtiment. Pour répondre sur ce point, j'ai effectué un estimatif des consommations en fonction du calcul des déperditions thermiques calculées dans le cadre de l'étude de conformité à la RT2005, en fonction des puissances installées et des consommations des auxiliaires ainsi que de l'éclairage. J'ai ensuite détaillé le coût estimé par poste : chauffage, ventilation, ECF, éclairage ; puis par nature de l'énergie : électricité, réseau de chaleur (Gaz Naturel). (c.f : ANNEXE 17)

Il existe une autre méthode qui utilise les degrés-jours unifiés (DJU). Les DJU permettent de connaître la rigueur du climat et sont obtenus à partir des températures moyennes quotidiennes. Ils sont comptés positivement ou négativement au regard d'une base de 18°C (généralement) et cumulés sur la période de chauffe allant du 1^{er} octobre au 20 mai.

Cependant, dans notre cas, le calcul des déperditions s'avère plus précis et d'autant plus que la conception du bâtiment est particulière.

Dans la continuité de cette étude estimative, nous avons soulevé un point potentiel d'économies de chauffage. En effet, ce bâtiment comporte un local appelé « local compresseur » qui est compris dans la zone ateliers mais en est isolé par des murs du même type que les murs extérieurs, c'est à dire en brique de 37,5 cm d'épaisseur et à haute résistance thermique. Ce local est destiné à abriter un compresseur et un assécheur d'air pour la production d'air comprimé en grande quantité. Or, d'après l'étude de la société ACM qui sous-traite l'équipement de ce local, le moteur électrique du compresseur d'une puissance de 13 chevaux dégage une puissance thermique permanente de 5kW. L'idée est donc de récupérer le maximum de cette puissance dégagée pour participer au chauffage de la partie ateliers. De plus, pour cette valeur de puissance, il est possible d'insuffler directement l'air chaud en provenance du local compresseur (qui n'est pas un local à pollution spécifique) dans le local atelier, sous la seule réserve de souffler cet air à plus de 1,80 m des personnes. Cette dernière contrainte n'est pas rédhibitoire, compte tenu de la grande hauteur du local atelier. Ainsi, nous avons fait cette proposition au client avec l'association d'un commutateur pour souffler l'air extrait à l'extérieur, comme prévu initialement, durant la période d'été et à l'intérieur pendant la période de chauffe.

En parallèle, j'ai été désigné pour superviser le coulage de la dalle sur les circuits de plancher chauffant de la partie atelier et pour établir un PV contradictoire de relevé des pressions au niveau de chacun des coffrets collecteurs du plancher chauffant. Ce document a alors été diffusé, accompagné d'un bordereau d'envoi, à M. NAGEOTTE, le coordinateur O.P.C.*, du cabinet Claude TOUZANNE.

Conclusion.

En conclusion, ce stage a été pour moi tout d'abord l'occasion d'une très bonne insertion dans le secteur du bâtiment, conformément à mon projet professionnel et plus particulièrement encore, dans les métiers du chauffage, ventilation et climatisation (CVC). Je pense en effet que ce secteur représente un enjeu crucial en terme de possibilités d'économie d'énergie et d'amélioration de l'efficacité énergétique. Qui plus est, les institutions et les différents acteurs du secteur en ont pris conscience et c'est une bonne dynamique qui pousse l'évolution des projets dans ce sens en comparaison de la morosité générale de l'économie et de l'industrie du moment. J'ai pu noter aussi comme les métiers du bâtiment sont, de par leur nature, extrêmement diversifiés et enrichissants.

C'est donc dans cette optique et cette dynamique que j'ai pu mettre en application la somme des connaissances théoriques que j'ai capitalisées tout au long de ma formation d'élève ingénieur à l'ESSTIN et tout particulièrement lors des deux dernières années de ma spécialisation orientée vers l'environnement et l'énergétique. Je les ai confrontées aux réalités du métier et adaptés à la façon de travailler du monde professionnel. C'est ainsi que j'ai pris conscience que ma faculté d'adaptation et ma façon de raisonner étaient tout aussi importantes que mes connaissances brutes, chacun des deux aspects restants malgré tout indissociables. Ce stage, qui m'a amené à rencontrer énormément de nouvelles personnes de tous horizons et aux responsabilités très variées, m'a également permis d'amener à maturation l'aspect relationnel de ma personnalité en prenant de l'assurance notamment.

L'évolution logique et progressive de ma place et de mes responsabilités dans l'entreprise m'a permis d'endosser les rôles des différents postes, depuis le métier de monteur jusqu'à tendre vers celui de responsable d'affaire, en passant par conducteur de travaux ou technicien de bureau d'études. J'ai ainsi acquis une vision globale précise de l'organisation et la répartition des rôles dans l'entreprise mais j'ai aussi appris à comprendre le déroulement et l'organisation d'une affaire, depuis l'étude du dossier jusqu'à la réception finale des travaux. J'ai pu, peu à peu et encouragé par l'autonomie dont j'ai disposé, prendre du recul par rapport aux différents dossiers et apprendre à anticiper l'enchaînement des opérations afin de garder la maîtrise du chantier. Cette progression en terme de vision est nécessaire pour évoluer vers le métier de responsable d'affaire et cette expérience s'avère être un excellent premier pied à l'étrier vers mon insertion dans le monde professionnel puisque M. BLANC m'offre l'opportunité de prolonger mon parcours au sein de L'EST ENERGIE par un CDI. Ce contrat, associé pendant les six premiers mois à un contrat « ingénieur pépinière » proposé par VINCI à ses ingénieurs juniors rejoignant le groupe me permettra de bénéficier d'un tutorat supplémentaire pendant les premiers temps de mon embauche afin d'acquérir les dernières connaissances nécessaires à mon métier. Ce programme me permettra aussi d'intégrer une autre entreprise du groupe VINCI Energies l'espace de quelques semaines afin d'approcher d'autres secteurs et métiers de l'énergie et assimiler le fonctionnement et l'organisation typique et commune des entreprises du groupe.

Glossaire.

ACERMI : Association pour la CERTification des Matériaux Isolants
C.S.T.B. : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
C.T.A. : Centrale de Traitement d'Air
C.V.C : Chauffage, Ventilation, Climatisation
D.O.E. : Dossier des Ouvrages Exécutés
E.R.P. : Etablissement Recevant du Public
G.T.B. : Gestion Technique du Bâtiment
G.T.C. : Gestion Technique Centralisée
H.P.E. : Haute Performance Energétique
O.P.C. : Ordonnancement, pilotage, coordination
P.G.C.S.P.S : Plan Général de Coordination en matière de Sécurité et de Protection de la Santé
P.M.R. : Personne à Mobilité Réduite
P.P.S.P.S : Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé
S.A.S. : Société par Actions Simplifiées
S.P.S. : Sécurité et Protection de la Santé
T.H.P.E. : Très Haute Performance Energétique
U.G.L. : Unité de Gestion Locale
V.M.C. : Ventilation Mécanique Contrôlée
V.R.D. : Voierie et Réseaux Divers

ANNEXES

BESANÇON (25)

**CONSTRUCTION DU CENTRE MÉDICAL
DE GARNISON**



Maîtrise d'ouvrage :
Ministère de la Défense

Maîtrise d'œuvre :
EID de Besançon
Quartier Ruty
64, rue Bersot
25044 Besançon Cedex 3

Utilisateur :
Garnison de Besançon (25)



Coût des travaux :  **Surface hors œuvre brut : 1210 m²**

2 606 601,19 € TTC
liquidés à ce jour = 645 605 € TTC

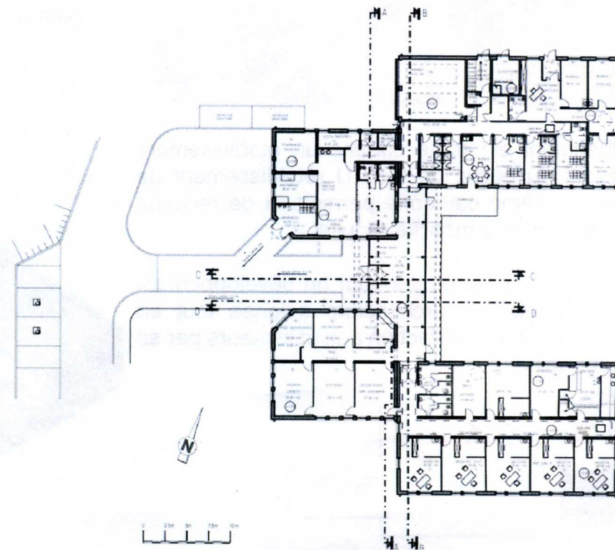
Surface hors œuvre net : 1059 m²

Surface des voiries : 1550 m²
(dont 30 places de stationnement)

Calendrier général : 

Consultation	:	09/2008
Début des travaux	:	04/2009
Fin des travaux	:	02/2010
Livraison prévue	:	04/2010

Durée des travaux de 10 mois
dont 1 mois de PP



ANNEXE 1 : Construction du centre médical de garnison (2 / 2)

Caractéristiques générales :

Le centre médical de garnison de la caserne Joffre de Besançon (25) est créé au profit du 19ème régiment du génie et est destiné à recevoir l'ensemble des personnels militaires de la garnison de Besançon, ainsi que les membres de leur famille (2000 personnes).

Le centre médical de garnison est implanté à proximité de l'entrée principale du quartier, située avenue Charles Dornier.

Le bâtiment sera de type plain-pied sur vide sanitaire avec toitures à faible pente.

Il est composé de 5 zones fonctionnelles situées de part et d'autre d'une cour, favorisant l'éclairage naturel des locaux. Ces zones sont réparties comme suit :

- accueil et secrétariat,
- soins de prévention,
- soins d'urgence,
- consultation médicale d'appareillage,
- hébergement et soutien logistique des malades.



Ce bâtiment est traité comme un établissement recevant du public de type U (établissement de soins) de 5ème catégorie permettant de recevoir des personnes à mobilité réduite.

Ce bâtiment a été étudié pour un développement durable avec une architecture soignée tout en donnant entière satisfaction aux utilisateurs par sa fonctionnalité.



Données techniques :

Le bâtiment sera à Haute Performance Energétique :

- brique monomur de 37,5 cm à haute performance thermique,
- traitement des ponts thermiques 0,3% de la surface du bâtiment,
- vitrage à faible émissivité,
- combles isolés par deux couches de 20 cm de laine de roche croisées,
- plancher chauffant isolé sur vide sanitaire,
- ventilation double flux,
- éclairage à faible consommation,
- récupération des eaux de pluie pour alimenter certains points de puisage,
- traitement et régulation des eaux de pluie par séparateur à hydrocarbures et bassin d'orage, pour les eaux de ruissellement.



ANNEXE 2 : DPGF (2 / 2)

PROJET : HADON (25) - 15ème RG - Caserne JOFFRE - Construction d'un centre médical de garnison - DPGF
 n°02 - Plomberie - Chauffage - Ventilation

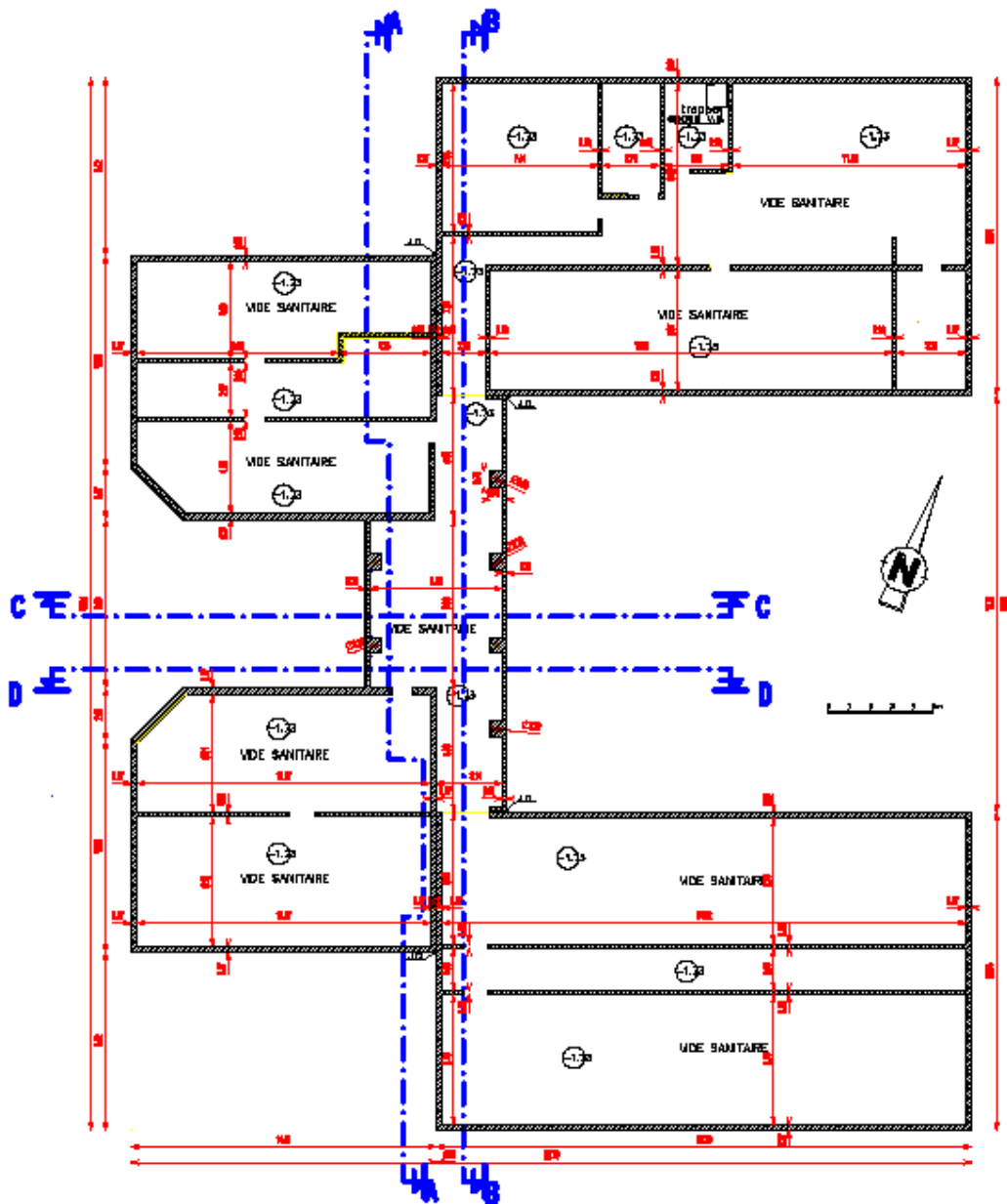
Page 1 / 1

GCTP	DÉSIGNATION	Index BT	Montant HT
Section technique n°2 : PLOMBERIE - CHAUFFAGE - VENTILATION			
2.2.2	Arrivée d'eau	38	
3	Réseaux de distribution	38	
4	Evacuation des eaux usées et eaux vannes	38	
5	Appareils sanitaires et équipements annexes	38	
6	Essais	38	
7	Désinfection de l'installation	38	
12	Chaufferie	40	
13	Distribution	40	
14	Réchauffeurs d'air	40	
15	Planchers chauffants	40	
16	Prescriptions techniques	41	
18	Ventilation	41	
19	Régulation	41	
20	Electricité	41	
Total HT :			
TVA 19,6 % :			
Total TTC :			

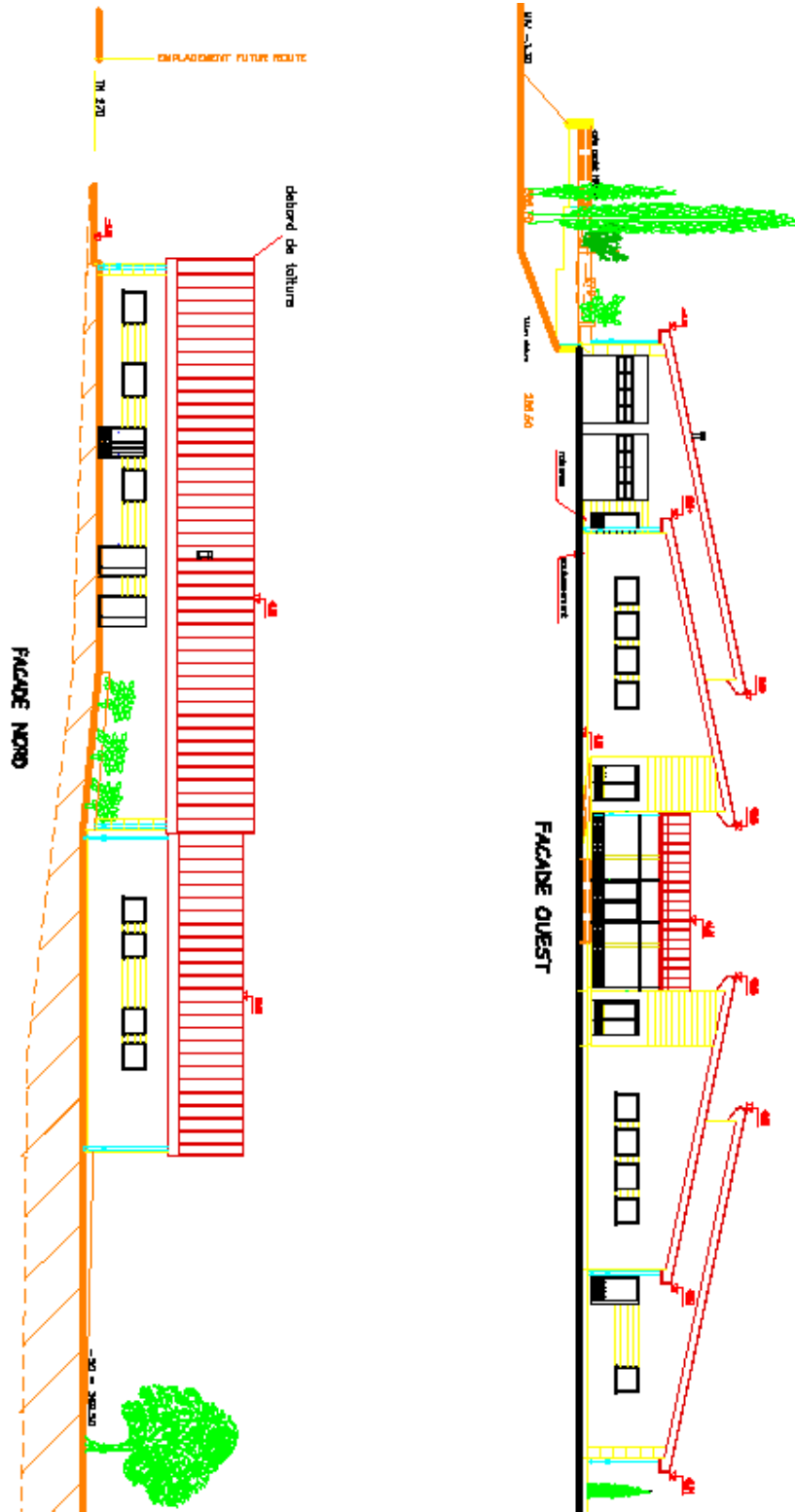
L'Entrepreneur (cachet et signature)

A _____ le

ANNEXE 3 : Plans DCE (vide-sanitaire)



ANNEXE 3 : Plans DCE (façades)



ANNEXE 4 : DDED (2 / 4)

BLEANCON (23) - 19km RG - Case n° JIGFFRE - Construction d'un campement de garnison - DDED
 ET-02 - Plomberie - Chauffage - Ventilation

Page 1 / 3

CCTP	DÉSIGNATION	Quantité	U	Prix d'unité HT	Montant HT
Section technique n°2 : PLOMBERIE - CHAUFFAGE - VENTILATION					
2.2.2	Arrivée d'eau		ens		
3	Réseaux de distribution				
3.1	Réseau d'eau sanitaire		ens		
3.2	Réseau de distribution d'ECS		ens		
3.3.4	Calorifugeage		ens		
3.4	Pompes		U		
3.5.1	Limitaurs de débits		U		
3.5.2	Robinets d'arrêt et vannes d'isolement		U		
3.5.3	Crapot anti retour		U		
3.5.4	Robinets de vidange		U		
3.5.5	Anti-béliers		U		
3.5.6	Robinets de puisage		U		
3.5.7	Pots de décantation		U		
3.5.8	Thermomètres		U		
Sous total article 3 :					
4	Evacuation des eaux usées et eaux vannes				
4.1	Canalisations et accessoires		MI		
4.2	Réseaux collecteurs		MI		
4.3	Ventilations primaires		MI		
Sous total article 4 :					
5	Appareils sanitaires et équipements annexes				
5.3.1	Douches des vestiaires		U		
5.3.2	Douches des chambres		U		
5.3.3	Vasques des chambres		U		
5.3.4	Vasques des sanitaires prélèvements		U		
5.3.5	Vasques des bureaux		U		
5.3.6	Lavabos		U		
5.3.7	Evier inox		U		
5.3.8	Plans de travail		U		
5.3.9	Lave mains		U		
5.3.10	Lave-œil		U		
5.3.11	WC		U		
5.3.12	WC des chambres et sanitaires prélèvements		U		
5.3.13	Urinoirs		U		
5.3.14	Stalles		U		
5.3.15	Vidoirs		U		
5.3.16	Equipements sanitaires		ens		

ANNEXE 4 : DDED (3 / 4)

W120) - 19ème RG - Caserne JOHANNÉ - Construction d'un centre technique de garçons - DDED
 - Plomberie - Chauffage - Ventilation

Page 2 / 3

5.3.17	Rollinet de puisage		U	
5.3.18	Enrouleur		U	
5.4	Alimentation spécifique		Ens	
Sous total article 6 :				
6	Essais		Ens	
7	Désinfection de l'installation		Ens	
12 Chauffage				
12.1.1	Alimentation en gaz		Ens	
12.1.2	Alimentation en eau		Ens	
12.1.3	Ventilation		Ens	
12.1.4	Evacuation		Ens	
12.2	Production de chaleur		Ens	
12.3	Distribution		Ens	
12.4	Production d'ECS		Ens	
12.5.1	Calorifugeage		M²	
12.5.2	Repérage		Ens	
12.5.3	Etiquetage		Ens	
Sous total article 12 :				
13	Distribution		Ens	
14	Réchauffeurs d'air		Ens	
15 Planchers chauffants				
15.6.1	Isolation thermique		M²	
15.6.2	Relevé de plinthe		Ml	
15.6.3	Film pare vapeur		M²	
15.6.4	Treillis métallique double		M²	
15.6.5	Éléments de fixation des tubes		Ens	
15.6.6	Tubes		Ml	
15.6.7	Distributeurs/collecteurs		Ens	
Sous total article 15 :				
16 Prescriptions techniques				
16.1	Calorifuge des réseaux hydraulique		Ens	
16.2	Robinetterie et accessoires		Ens	
16.3	Pompes et circulateur		Ens	
Sous total article 16 :				
18 Ventilation				
18.1	Système de ventilation		Ens	
18.2	Réseau de gaine		Ml	
18.3	Grilles et diffuseurs		Ens	
Sous total article 18 :				
19 Régulation				
19.1	Régulation du chauffage		Ens	

ANNEXE 4 : DDED (4 / 4)

Lot n°25) - 19km RG - Caserne JOYETRE - Construction d'un centre médical de gennevain - D3b.1
 .2 - Plomberie - Chauffage - Vautillage

Page 11/15

19.2	Régulation de la ventilation		Ens	
Sous total article 19 :				
20	Electricité		Ens	
Montant total HT de la ST n°2 :				

L'Entrepreneur (cachet et signature)

A le

ANNEXE 5 : Tableau des marques (2 / 2)

F0101 08-01/08

BESANCON (05) - 1^{er} RG - Cassin, JOFFRE - Cassin, diviseurs médicaux, div garnison.

22	Laps brosse		
23	Eclaircissant		
5	<p>Robinetterie</p> <p>Douches des vestiaires</p> <p>Douches des chambres</p> <p>Vasques des chambres</p> <p>Vasques des sanitaires de prélèvements</p> <p>Vasques dans le bureaux</p> <p>Lavabos</p> <p>Évier inox</p> <p>Plans de travail</p> <p>Lave-mains</p> <p>Lève-œil</p> <p>WC</p> <p>WC des chambres et sanitaires prélèvements</p> <p>Linnirs</p> <p>Stalles</p> <p>Vidoirs</p>		

Tableau des marques

Page 2/3

ANNEXE 6 : Températures intérieures requises (extrait du CCTP)

Désignation	Température intérieure (°C)
Accueil	
Accueil	Ti = 20 Tir = 16
Secrétariat	Ti = 20 Tir = 16
Chef du secrétariat	
Salle polyvalente de secrétariat	
Stockage des livrets	Ti = 15
Magasin archives	
Soins	
Salle de consultation	Ti = 22 Tir = 16
Salle de soins	
Salle d'urgences	
Salle infirmiers	Ti = 20 Tir = 16
Pharmacie	Ti = 15
Local matériel	
Local linge sale	
Local linge propre	
Cabinets médicaux	
Médecins	Ti = 22 Tir = 16
Bureau dentiste	Ti = 20 Tir = 16
Cabinet dentiste	Ti = 20 Tir = 16
Ophtalmologie	Ti = 20 Tir = 16
Salle d'attente	Ti = 20 Tir = 16
Consultation médicale d'appareillage	
Secrétariat accueil	Ti = 20 Tir = 16
Bureau	Ti = 20 Tir = 16
Salle de soins	Ti = 22 Tir = 16
Hébergement	
Chambre malade à 2 lits	Ti = 20
Chambre personnel à 1 lit	Ti = 20
Salle de bain des chambres	Ti = 22
Salle de détente	Ti = 20
Locaux annexes	
Sanitaire anciens combattants	Ti = 20
Local poubelles	NC
Sanitaire accueil hommes	Ti = 20
Sanitaires accueil femmes	Ti = 20
Sanitaire prélèvements homme	Ti = 20
Sanitaire prélèvements femme	Ti = 20
Local entretien	Ti = 16
Vestiaire sanitaire personnels masculins et féminins	Ti = 20 Tir = 16
Local compresseur	NC
Local Rématiss	NC
Garage	Ti = 18
Circulations	Ti = 20
Sas	NC

Ti : température intérieure en période d'occupation

Tir : température intérieure en régime réduit

NC : non chauffé

ANNEXE 7 : Calcul des déperditions thermiques, Centre médical de garnison (1 / 2)

Centre médical de garnison, caserne JOFFRE

Calcul des déperditions

TOTALISATION

Code	Désignation	Classe Expo	Surface m ²	Volume m ³	Déperditions W	Nombre	Déperditions Totales
1	Zone 1	Ex1	335,3	871,7	14719	1	14878
5	Zone 5	Ex1	163	397,8	4854	1	4854
3	Zone 3	Ex1	165,1	429,3	6210	1	6210
2	Zone 2	Ex1	325,8	873,3	15418	1	15418
4	Zone 4	Ex1	65,5	222,7	7486	1	7486

Nombre total de Zones : 5
 Déperditions totales : 48846 W
 Surface totale : 1044,7 m²
 Volume total : 2794,8 m³

ZONE 1

Surface totale : 335,3 m²
 Volume total : 871,7 m³

N° Piece	Désignation	Surface m ²	Ti °C	Qv m ³ /h	Déper W	Déper Ventil.	Déper Totales	Puissance Installée
1	14 medecin *	28,44	20	15	1387	166	1553	1553
2	13 medecin chef *	29,89	22	8	1234	89	1324	1324
3	12 medecin *	29,89	22	8	1234	89	1324	1324
4	11 medecin *	29,89	22	8	1234	89	1324	1324
5	10 medecin *	28,44	22	9	1577	110	1687	1687
6	03 degagement *	62,28	20	15	2057	163	2220	2220
7	05 sanit F *	9,34	20	1	264	10	274	274
8	04 sanit H *	12,82	20	2	590	24	614	614
9	06 salle attente *	21,59	20	12	801	132	933	933
10	07 opht *	28,9	20	5	1017	54	1070	1070
11	08 dentiste *	20,2	20	3	873	37	1010	1010
12	09 dentiste *	33,6	20	8	1548	88	1636	1636
					13717	1062	14878	14878

Déperditions totales : 14878 W
 Puissance installée totale : 14878 W

NOTA : Les puissances indiquées dans la dernière colonne du tableau sont exprimées en watts

ZONE 2

Surface totale : 325,8 m²
 Volume total : 873,3 m³

N° Piece	Désignation	Surface m ²	Ti °C	Qv m ³ /h	Déper W	Déper Ventil.	Déper Totales	Puissance Installée
1	32 degagement *	46,85	20	16	2343	179	2521	2521
2	33 local entretien *	2,13	16	0	-166	2	-164	-164
3	34 local déchets *	9,97	10	2	455	13	468	468
4	35 local TEI *	5,43	10	1	-731	4	-726	-726
5	36 chambre 2 lits *	24,02	20	12	634	136	770	770
6	37 chambre 2 lits *	19,33	20	11	529	128	657	657
7	38 chambre 1 lit *	19,33	20	11	606	128	734	734
8	39 delente *	19,33	20	11	563	128	691	691
9	40 vestiaire H *	11,14	20	2	318	21	339	339
10	41 vestiaires F *	9,31	20	1	77	10	88	88
11	42 cabine audio *	4,29	20	0	134	5	139	139
12	43 garage *	50,52	18	10	4602	106	4708	4708
13	44 chaufferie *	12,11	10	2	528	16	544	544
14	45 sas *	4,3	20	1	408	8	416	416
15	46 secretariat accueil *	29,4	20	7	1076	77	1154	1154

ANNEXE 7 : Calcul des déperditions thermiques, Centre médical de garnison (2 / 2)

16	47 bureau *	16,46	20	3	377	31	407	407
17	48 bureau *	17,83	20	12	885	139	1023	1023
18	49 salle de soin *	18,75	22	7	1322	83	1405	1405
19	50 santaires *	5,29	20	1	240	6	246	246
					14202	1216	15418	15420

Déperditions totales : 15418 W
Puissance installée totale : 15420 W

ZONE 3

Surface totale : 165,1 m²
Volume total : 429,3 m³

N° Piece	Désignation	Surface m ²	Ti °C	Qv m ³ /h	Déper W	Déper Ventil.	Déper Totales	Puissance Installée
1	22 biometrie *	40,46	22	17	883	202	1085	1085
2	23 salle de soin *	41,72	22	12	1273	143	1416	1416
3	24 urgences *	14	20	2	924	26	950	950
4	25 infirmiers *	16,44	20	3	629	30	660	660
5	26 pharmacie *	20,79	15	6	826	62	887	887
6	27 local materiel *	8,64	15	1	420	14	434	434
7	28 linge sale *	3,5	15	1	210	6	215	215
8	29 linge propre *	3,5	15	0	126	3	129	129
9	degagement *	8,8	20	1	318	10	328	328
10	30 sanitaire femme *	3,64	20	0	59	4	63	63
11	31 sanitaire homme *	3,64	20	0	40	4	44	44
					5707	509	6210	6211

Déperditions totales : 6210 W
Puissance installée totale : 6211 W

ZONE 4

Surface totale : 65,5 m²
Volume total : 222,7 m³

N° Piece	Désignation	Surface m ²	Ti °C	Qv m ³ /h	Déper W	Déper Ventil.	Déper Totales	Puissance Installée
1	01 sas *	4,5	20	1	629	11	640	640
2	02 galerie vitrée *	61	20	13	6698	148	6846	6846
					7327	159	7486	7486

Déperditions totales : 7486 W
Puissance installée totale : 7486 W

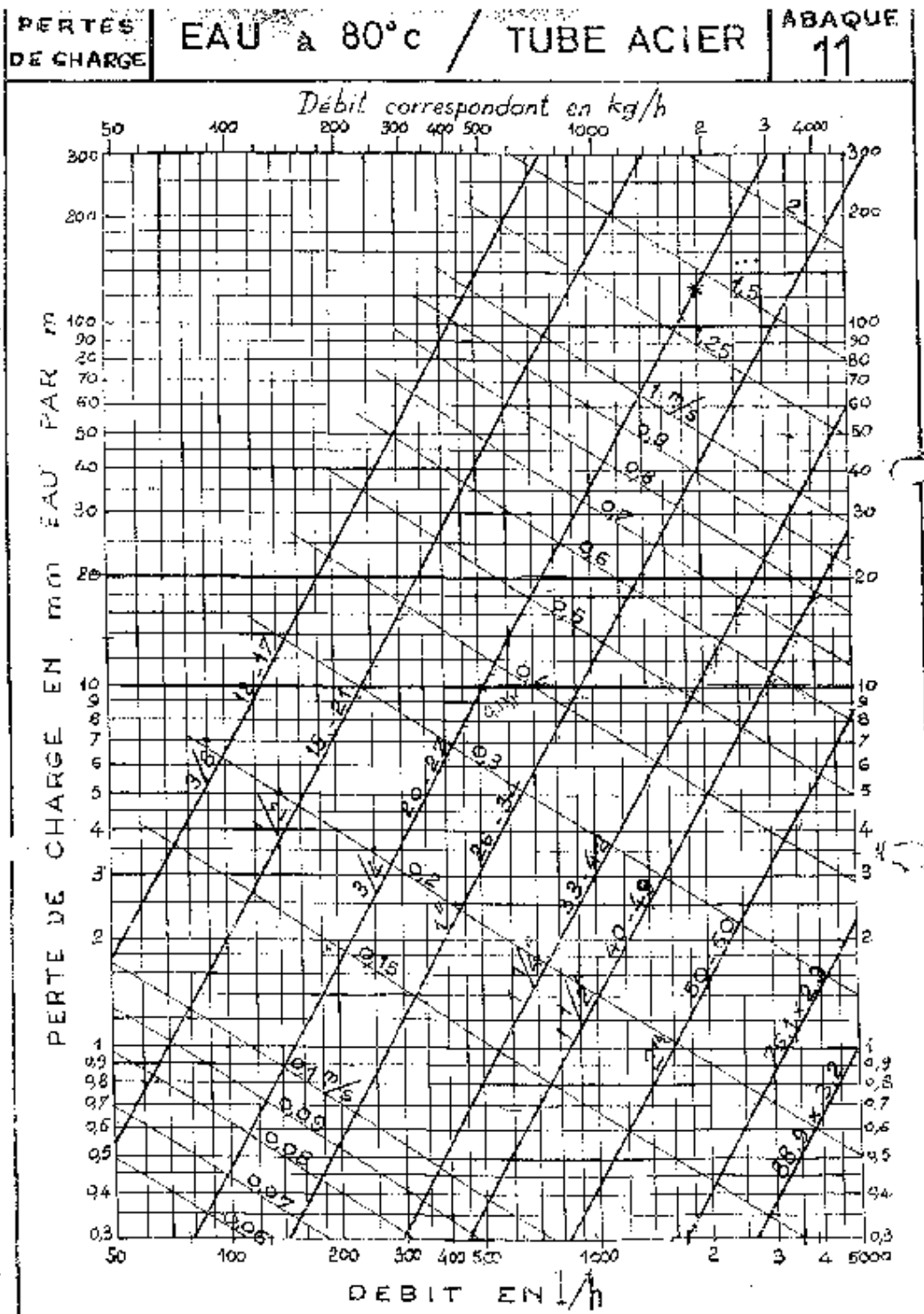
ZONE 5

Surface totale : 163,0 m²
Volume total : 397,8 m³

N° Piece	Désignation	Surface m ²	Ti °C	Qv m ³ /h	Déper W	Déper Ventil.	Déper Totales	Puissance Installée
1	15 degagement *	16,05	20	2	394	17	402	402
2	16 secretariat *	26,88	20	4	1059	50	1109	1109
3	17 archives *	27,9	15	-3	337	-33	305	305
4	18 magasin livres *	26,46	15	-4	926	-35	891	891
5	19 chef secretariat *	20,26	20	3	1075	38	1113	1113
6	20 secretariat *	18,15	20	3	638	34	672	672
7	21 accueil *	17,3	20	3	331	32	363	363
					4751	103	4854	4855

Déperditions totales : 4854 W
Puissance installée totale : 4855 W

ANNEXE 8 : Abaque des pertes de charge pour les tubes acier.



ANNEXE 9 : Exemples de débits de renouvellement d'air (1 / 2)

Exemple pour quelques LOCAUX à POLLUTION SPÉCIFIQUE

Type	Destination	Débit de ventilation
LOCAUX à USAGE INDIVIDUEL	Salles de bains ou douches	15 m ³ /h par local
	Bains ou douches communs avec cabinets d'aisances	
	Cabinets d'aisances	
PIÈCES à USAGE COLLECTIF	Cabinets d'aisances isolés	30 m ³ /h
	Salles de bains ou douches isolées	45 m ³ /h
	Bains ou douches communs avec cabinets d'aisances	60 m ³ /h
	Bains, douches, cabinets d'aisances groupés	(30 + 15N) m ³ /h (N = nombre d'équipement dans le local)
	Lavabos groupés	(10 + 5N) m ³ /h
	Salles de lavage, séchage, repassage du linge	5 m ³ /h par m ² de surface de local

Exemples pour quelques LOCAUX à POLLUTION NON SPÉCIFIQUE

Type	Destination du local	Débit de ventilation	Effectif maximum
LOCAUX D'HÉBERGEMENT	- Chambres individuelles	30 m ³ /h	Inférieur à 3 personnes
	- Chambres collectives	18 m ³ /h par personne si interdit. de fumer ou 25 m ³ /h si pas d'interdiction de fumer	Nombre de lits
	- Dortoirs		
	- Cellules		
	- Salles de repos		

ANNEXE 9 : Exemples de débits de renouvellement d'air (2 / 2)

BUREAUX et LOCAUX ASSIMILÉS	- Locaux ou immeubles de bureaux rattachés à l'exercice d'une activité industrielle ou commerciale		- Déclaration du maître d'ouvrage
	- Locaux ou immeubles de bureaux dont l'usage principal est l'accueil du public (banques, bureaux PTT, Sécurité Sociale)	18 m ³ /h par personne si interdit. de fumer ou 25 m ³ /h si pas d'interdiction de fumer	ou - Si aménagements prévus : 1 personne pour 10 m ² de locaux aménagés pour recevoir du public (halls, guichets, salle de détente) ou
	- Locaux ou immeubles de bureaux dont l'usage principal n'est pas l'accueil du public (cités administratives, préfectures) - Locaux de bureaux à caractère technique (dessin, salle informatique)	25 m ³ /h pour les locaux de travail	- Si aménagements non prévus : 1 personne pour 100 m ² de surface de plancher
LOCAUX d'ENSEIGNEMENT	Classes et salles d'étude :		
	- Maternelle - Primaire - Premier cycle	15 m ³ /h par personne	Suivant déclaration du maître d'ouvrage
	- Deuxième cycle - Ateliers et laboratoires à l'exclusion de ceux à pollution spécifique	18 m ³ /h par personne si interdit. de fumer ou 25 m ³ /h si pas d'interdiction de fumer	

ANNEXE 10 : Réseau aéraulique, Centre médical de garnison

RESEAU AERAULIQUE

Centre médical de garnison, caserne JOFFRE

EXTRACTION

Bouches autoréglables reliées au réseau en Ø 125 mm

SOUFFLAGE

Bouches de soufflage associées à des modules de régulation de débit installés en conduit.

DIMENSIONNEMENT DES CONDUITS

Vitesses maximales sur l'ensemble du réseau : 5 m/s en aval du groupe d'extraction
4 m/s pour les conduits cheminant ailleurs

Débits maximum correspondants pour les différents diamètres :

Ø (mm)	Cv maxi (m³/h)
125	177
160	290
200	452
250	707
315	1122

Diamètres adoptés pour les différents débits de l'étude :

Cv (m³/h)	Ø (mm)	P. de charge linéaires (Pa/m)	V (m/s)
30	125	0,1	
45	125	0,12	
60	125	0,24	
90	125	0,5	2
120	125	0,85	2,7
135	125	1,1	3
150	125	1,3	3,4
180	160	0,55	2,5
225	160	0,85	3,1
270	160	1,2	3,9
315	200	0,55	2,8
360	200	0,7	3,2
405	200	0,85	3,6
450	200	1,05	4
495	250	0,41	2,8
630	250	0,65	3,7
855	315	0,36	3
990	315	0,38	3,15
990	315	0,48	3,55

	P. de charges singulières (Pa)
BAP	20
Bouche refoulement	20
MR	20
Grille facade	50

CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR ET RESEAUX DE GAINES

CTA n°1

Débit extraction 990 m³/h
 Débit soufflage 990 m³/h
 Pertes de charge réseau extraction 120 Pa
 Perte de charge réseau soufflage 130 Pa

CTA n°2

Débit extraction 895 m³/h
 Débit soufflage 855 m³/h
 Pertes de charge réseau extraction 120 Pa
 Perte de charge réseau soufflage 130 Pa

ANNEXE 11 : Exemples de dimensionnement des conduites de plomberie

Exemple avec un grand nombre d'équipements sanitaires :

CALCUL DU DEBIT D'EAU ALIMENTANT UN GROUPE D'APPAREILS SANITAIRES

JOFFRE - Centre médical

Tronçon 7 - EF

APPAREILS DE PUISAGE				RESULTATS GENERAUX	
Type d'appareil	Nombre (U)	Q unitaire (l/s)	Q cumulé (l/s)		
Evier	1	0,20	0,2	Facteur "a" : 2,00	
Lavabo individuel	8	0,20	1,6	14 appareil(s) non chasse pour un débit brut cumulé de 2,57 l/s.	
Bidet		0,20		Coefficient de simultanéité y = 0,222.	
Baignoire		0,33		Coefficient de simultanéité pondéré : y' = 0,444.	
Douche		0,20		Débit cumulé probable, y compris les appareils chasse, de 1,14 l/s - (4,1 m ³ /h).	
Urinoir avec robinet individuel		0,15		Vitesse maximale : 1,50 (en m/s)	
Lave-mains	2	0,10	0,2	Diamètre intérieur minimal : 31,2 mm.	
Bac à laver		0,33		Diamètre commercial : 38,80 (en mm)	
Lave linge (domestique)		0,20		Vitesse réelle de 0,96 m/s.	
Lave vaisselle (domestique)		0,10			
Appareil avec bonde à grille		0,50			
Poste d'eau 1/2	1	0,33	0,33		
Poste d'eau 3/4		0,42			
WC avec réservoir de chasse	2	0,12	0,24		
WC avec robinet de chasse		1,50			
Urinoir à action siphonique		0,50			
Débites continus		0,38			

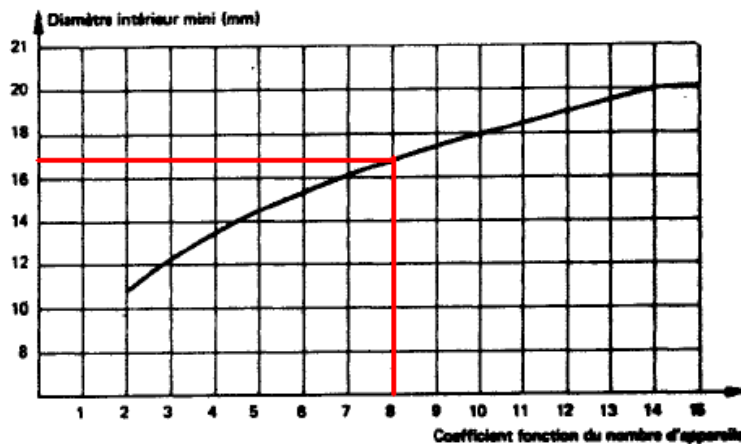
Calculs conformes à la NF P 40-202 (D.T.U. 60-11).
Valables pour un réseau de distribution intérieur.

Avec un coefficient de sécurité a = 2, le diamètre minimal requis pour le tronçon n°7 d'eau froide est de 31,2 mm, soit un diamètre commercial de 33x35 mm en cuivre.

Exemple avec moins de 6 équipements sanitaires :

Appareils	Coefficients
WC (avec réservoir de chasse) lave-mains, urinoirs, siphon de sol	0,5
Bidet, WC à usage collectif, machines à laver (linge ou vaisselle)	1
Lavabo	1,5
Douche, poste d'eau	2
Évier, timbre d'office	2,5
Baignoire :	
≤ 150 l de capacité	3
> 150 l	3 + 0,1 par tranche de 10 litres supplémentaires

Pour l'ensemble des 4 douches des vestiaires, la somme des coefficients est de $4 \times 2 = 8$, ce qui correspond à un diamètre intérieur minimal de 17 mm, soit un diamètre commercial de 20x22 mm en cuivre.



ANNEXE 12 : DTU 60.11 Tableau résumé pour les collecteurs horizontaux.

Tableau résumé :

Cas de système unitaire (eaux usées, vannes et eaux pluviales)

Débits de tuyaux coulant à 7/10 pleins calculés d'après la formule de Bazin en supposant un coefficient de frottement égal à 0,16.

Diamètre intérieur (mm)	Débits en l/s pour une pente par mètre de :				
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
69	1,64	2,32	2,84 (*)	3,28 (*)	3,67 (*)
77	2,22	3,14	3,85 (*)	4,44 (*)	4,97 (*)
84	2,82	3,99	4,89 (*)	5,65 (*)	6,31 (*)
94	3,85	5,44 (*)	6,66 (*)	7,69 (*)	8,60 (*)
104	5,07	7,18 (*)	8,79 (*)	10,15 (*)	11,35 (*)
119	7,33	10,37 (*)	12,70 (*)	14,67 (*)	16,40 (*)
129	9,14	12,92 (*)	15,83 (*)	18,28 (*)	20,44
134	10,14	14,34 (*)	17,56 (*)	20,27 (*)	22,67
153	14,54 (*)	20,56 (*)	25,18 (*)	29,07	32,50
154	14,80 (*)	20,92 (*)	25,63 (*)	29,59	33,08
191	26,50 (*)	37,48 (*)	45,91	53,01	59,27
203	31,24 (*)	44,18 (*)	54,11	62,49	69,86
238	47,95 (*)	67,81	83,05	95,90	107,21
266	64,63 (*)	91,40	111,95	129,27	144,52
300	89,20 (*)	126,15	154,50	178,40	199,45
317	103,36 (*)	146,17	179,02	206,72	231,12

* Vitesse d'écoulement comprise entre 1 m/s et 2 m/s

ANNEXE 13 : Dimensionnement de l'alimentation générale en eau.

CALCUL DE DEBITS
Conformément à la NF P 40-202 (D.T.U. 60-11)
Valable pour un réseau d'alimentation intérieur

CALCUL DU DEBIT D'EAU ALIMENTANT UN GROUPE D'APPAREILS SANITAIRES

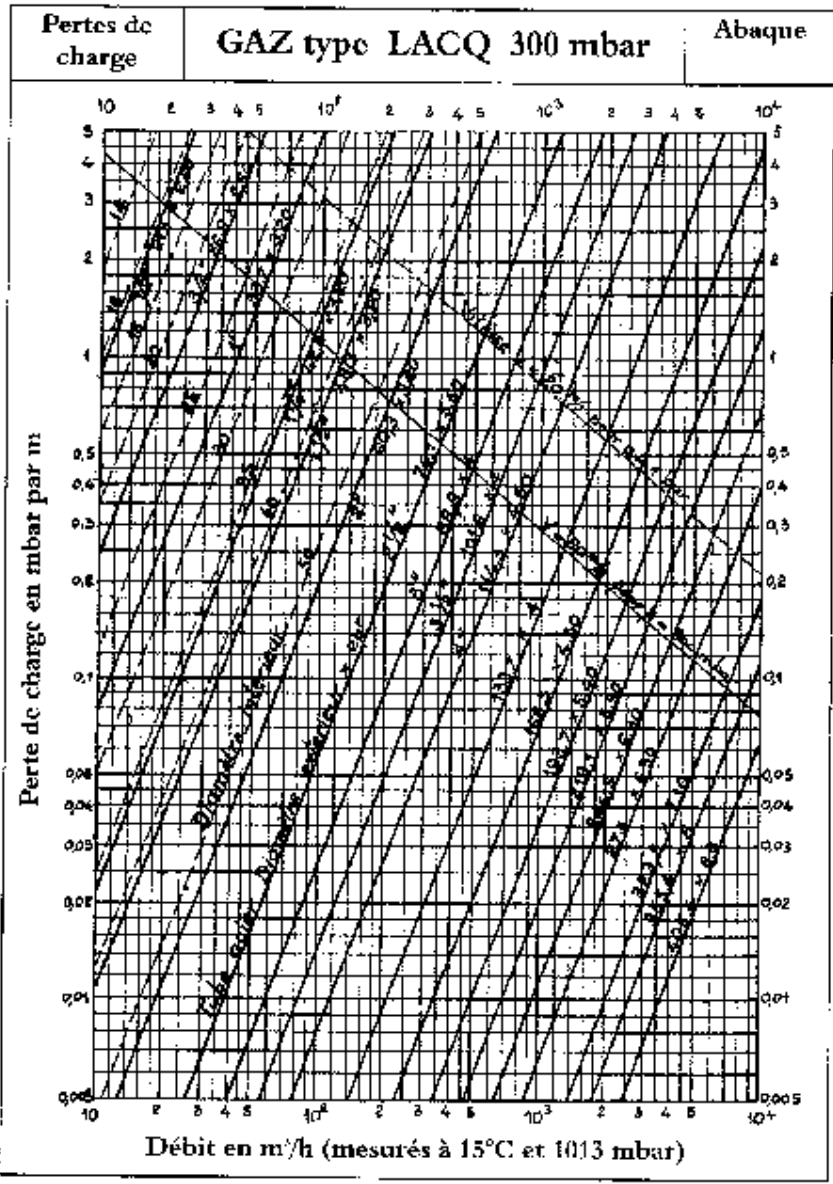
JOFFRE - Centre médical de garnison

APPAREILS DE PUISAGE				RESULTATS GENERAUX	
Type d'appareil	Nombre (u)	Q unitaire (l/s)	Q cumulé (l/s)		
Evier		0,20		Facteur "a" : 2,00	
Lavabo individuel	24,	0,20	4,8	51 appareil(s) non chasse pour un débit brut cumulé de 10,20 l/s.	
Bidet		0,20		Coefficient de simultanéité $y = 0,113$.	
Baignoire		0,33		Coefficient de simultanéité pondéré : $y' = 0,226$.	
Douche	7,	0,20	1,4	Débit cumulé probable, y compris les appareils chasse, de 2,83 l/s - (10,2 m ³ /h).	
Urinoir avec robinet individuel		0,15		Vitesse maximale : 1,50 (en m/s)	
Lave-mains	4,	0,10	0,4	Diamètre intérieur minimal : 49 mm.	
Bac à laver		0,33		Diamètre commercial : 48,80 (en mm)	
Lave linge (domestique)		0,20		Vitesse réelle de 1,51 m/s.	
Lave vaisselle (domestique)		0,10			
Appareil avec bonde à grille	3,	0,50	1,5		
Poste d'eau 1/2	3,	0,33	0,99		
Poste d'eau 3/4		0,42			
WC avec réservoir de chasse	10,	0,12	1,2		
WC avec robinet de chasse		1,50			
Urinoir à action siphonique	3,	0,50	0,5		
Débites continus		0,38			

Calculs conformes à la NF P 40-202 (D.T.U. 60-11).
Valables pour un réseau de distribution intérieur.

Avec un coefficient de sécurité $a = 2$, le diamètre minimal requis pour l'ensemble de l'alimentation en eau est de 49 mm. Pour un piquage sur le réseau en PE bande bleue le diamètre commercial 63mm extérieur et 48,8mm intérieur convient.

ABAQUE TUYAU GAZ 300 MBARS



$$\text{Débit} = \frac{\text{Puissance de l'appareil}}{\text{PCI en Kw} \times 0,80}$$

$$\text{Perte de charges} = \frac{\text{Pression de service} \times 5\%}{\text{Longueur tuyauterie}}$$

Classement d'exposition aux bruits

Localisation du chantier :



Classement sonore des voies concernées :

D'après le PLU de la ville de Besançon, approuvé par le conseil municipal le 5 juillet 2007, dossier 5 ANNEXES – 5.3 AUTRES ANNEXES Classement sonore des voies :

CLASSEMENT SONORE DES VOIES ROUTIERES SUR LA COMMUNE DE BESANCON

Nom de la rue	Origine du tronçon	Fin du tronçon	Catégorie	Largeur des secteurs affectés par le bruit	Profil (rue en U ou tissu ouvert)
DOLE (RUE DE)	BOULEVARD JOHN KENNEDY	RUE DU POLYGONE	3	100m	Ouvert
BRULARD (RUE GENERAL)	AVENUE FRANCOIS MITTERAND	RUE DE LA GRETTE	3	100m	Ouvert
POLYGONE (RUE DU)	RUE DE DOLE	RUE DE LA GRETTE	4	30m	Ouvert

Exposition aux bruits :

Nom de la rue	Distance	Type de vue	Classe d'exposition
DOLE (RUE DE)	200 m	Pas de vue directe	BR1
BRULARD (RUE GENERAL)	300 m	Pas de vue directe	BR1
POLYGONE (RUE DU)	500 m	Pas de vue directe	BR1

L'ensemble du bâtiment est donc soumis à une exposition aux bruits de classe BR1.

ANNEXE 16 : Bilan RT 2005, Centre médical de garnison

ANNEXE 17 : Estimatif du coût de chauffage, Bâtiment 164

Estimation du coût annuel d'exploitation.

Caserne Joffre - Bâtiment 164

Surface totale : 1573 m²

D'après les résultats de l'étude détaillée de conformité à la RT 2005 (DJU base 18°C = 2719)

Consommations en énergie primaire : Soit, pour le bâtiment :

Chauffage :	29,68 kWh EP/m ²	46886,64 kWh EP
Eclairage :	61,61 kWh EP/m ²	96912,53 kWh EP
Auxiliaires (ventil.) :	44,9 kWh EP/m ²	70627,7 kWh EP

Supplément compensation renouvellement d'air extraction gaz brûlés :

Batterie chaude :	Puiss. =	47328 W
	Coeff. Fonctionnement =	19,0 %
	Durée de fonctionnement :	1014,86 h
	Consommation :	48031,2 kWh EP

Taux de conversion :

1 kWh EP =	0,387 kWh Elec
1 m ³ gaz nat. =	9,9 kWh EP

Rendement global estimé (chaufferie - réseau de chaleur - sous-station)

$\eta = 80 \%$

Consommations finales :

Chauffage :	Gaz nat. :	118397,2 kWh EP	soit,	5894,8 m ³
Eclairage :	Elec. :	37505,1 kWh Elec		
Auxiliaires(ventil.) :	Elec. :	27332,9 kWh Elec		
Total :	Gaz nat. :	118397,2 kWh EP	soit,	5894,8 m ³
	Elec. :	64838,1 kWh Elec		

Tarifs :

1 kWh Elec =	0,135 €
1 kWh Gaz nat. =	0,034 €

Total :

Chauffage :	4025,51 €	Gaz nat.	4025,51 €
Eclairage :	5063,20 €	Elec.	8753,14 €
Auxiliaires (ventil.) :	3689,94 €	Total	12778,65 €
Total	12778,65 €		