

Un nouvel élan pour les équipes pédagogiques en BTS FED

TONY CHARBONNIER*

La maquette numérique, qui a fait ses preuves dans le secteur industriel, comme celui de l'automobile, dynamise le secteur du bâtiment par sa capacité à modéliser des systèmes complexes et à anticiper leurs comportements. Tous les systèmes de chauffage, ventilation et équipements sanitaires, qui sont au cœur du BTS FED, sont concernés.

Ces dix dernières années, l'enseignement technologique a évolué de manière spectaculaire : travail collaboratif, pluridisciplinarité, projets et impression 3D... Cette évolution s'est faite au prix d'une refondation des programmes permettant d'adapter les enseignements aux activités d'entreprise, de la conception à la réalisation de produits et, le plus souvent d'ailleurs, d'objets high-tech.

Cette évolution fondamentale arrive aussi dans le bâtiment et notamment dans les systèmes de chauffage, ventilation et équipements sanitaires. Portée par une réglementation thermique complexe, mais néanmoins essentielle pour la maîtrise de nos énergies, le BIM trace un pont entre la conception et l'exploitation des données par des logiciels de plus en plus nombreux qui vont informer en temps réel le concepteur de la performance de sa solution : un gain de temps inestimable pour une meilleure performance énergétique et une préparation soignée des chantiers par un travail collaboratif.

L'utilisation du BIM dans les projets de BTS FED (fluide, énergie, domotique), mais aussi dans leurs cours, permet une visualisation directe de l'intégration des équipements énergétiques dans leur environnement ; les exploitations pédagogiques mais aussi industrielles sont infinies.

S'impliquer dès maintenant permet de suivre une évolution naturelle qui s'impose, à juste titre, dans les entreprises. Les ressources sont disponibles et les connaissances partagées sur le portail national de ressources « Eduscol STI ». Cet article tend à montrer les possibilités pédagogiques et techniques en

MOTS-CLÉS

architecture et construction, fluides, thermique

rapport avec les métiers de l'énergie. Car au-delà d'une technologie qui s'impose, les qualités visuelles et d'exploitation des informations sont étonnantes et nécessitent là aussi une refonte des enseignements pour intégrer une technologie dans le parcours de formation. Il n'en serait être autrement, au risque de penser cette révolution comme un dossier en plus sur la pile des connaissances à transmettre.

Or la promesse d'aisance de manipulations entre logiciels et applicatifs par le biais des *plugins* toujours plus nombreux doit inciter au changement radical. C'est la promesse aussi d'un gain de temps pour concentrer les enseignements sur le niveau technologique des étudiants et favoriser leur insertion professionnelle dans le monde du BIM.

De la 2D à la 3D

En énergétique du bâtiment, la taille des réseaux incite à une représentation 2D voire schématique. Pour des professionnels avertis, la transposition intellectuelle de ce réseau dans le bâtiment est souvent aisée... quoique. Pour des étudiants en début d'apprentissage, commencer par des schémas hydrauliques peut paraître naturel en raison d'une simplicité apparemment évidente. Mais si on interroge sur la technologie représentée, les confusions sont récurrentes. Un outil permettant de visiter en réel l'installation, voire avec les systèmes immersifs sans que cela soit obligatoire, facilite la transposition et donc la compréhension.

Les deux représentations – schéma 2D et vision 3D – sont complémentaires, puisque le schéma hydraulique permettra l'analyse hydraulique de la solution préconisée **1**. Mais pour contextualiser, donc impliquer, la vue 3D et l'exploration de la maquette 3D devient un outil incontournable pour de nombreuses raisons. Le questionnement ciblé et des activités simples assureront à l'enseignant une compréhension du réel.

En outre, on pourrait penser que le schéma hydraulique apporte plus d'informations que la 3D. Or c'est

* Enseignant au lycée Monge à Nantes (44).

là tout l'avantage du BIM : les informations sont aussi disponibles et de deux manières. Soit en sélectionnant l'objet désiré, soit en sélectionnant une des « feuilles » préparées par le concepteur **2**.

Lien entre conception et calcul thermique : vers une automatisation des processus

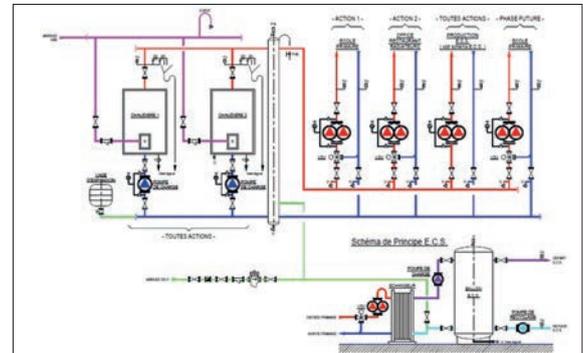
Que ce soit en conception de bâtiment (décisions sur l'isolation, les casquettes solaires, l'orientation, etc.) ou de réseau (chauffage, ventilation, etc.), les logiciels BIM apportent de nombreuses et nouvelles solutions. Le calcul en direct de la performance du bâtiment par exemple avec Archiwizard et la synchronisation avec Revit permet une comparaison quasi instantanée des choix technologiques **3**.

Le rapatriement des calculs des logiciels thermiques dans les propriétés des locaux créés sur les logiciels « plateforme » comme Revit est possible en utilisant le format Gbxml ou un *plug* spécialement créé par l'éditeur du logiciel. Le Gbxml va donc porter seulement les informations liées aux locaux **4**. Archiwizard ne fait pas d'export en Gbxml pour l'instant, contrairement aux logiciels Climabim ou Cype.

Le pont entre la conception de structure et l'analyse thermique est bien là. Qu'en est-il pour l'implantation des équipements terminaux CVC (chauffage, ventilation et conditionnement d'air) ?

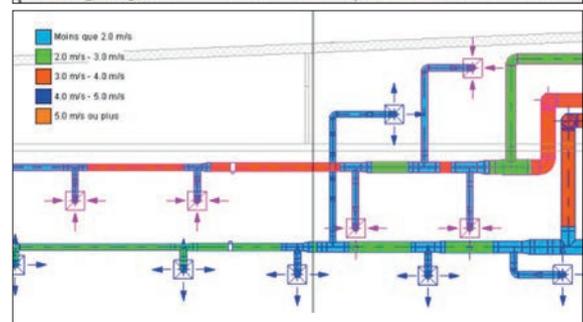
Plus de tâches répétitives : se concentrer sur la conception, donc consacrer 100 % du temps à l'apprentissage

Chaque local va pouvoir disposer de ses besoins. Il devient aisé d'implanter bouches, climatiseurs ou radiateurs et de s'assurer d'un bon dimensionnement par le contrôle de critères que le concepteur définit : le taux de brassage, l'écart au soufflage, le taux de renouvellement d'air, etc. La modification de la taille du terminal peut se faire directement dans la nomenclature d'équipements de génie climatique **5**. Les tâches répétitives sont raccourcies : le temps de formation se consacre à la technologie tout en finalisant les projets. C'est une aubaine, car



1 Exemple d'une chaufferie en 2D et en 3D (Autodesk Revit)

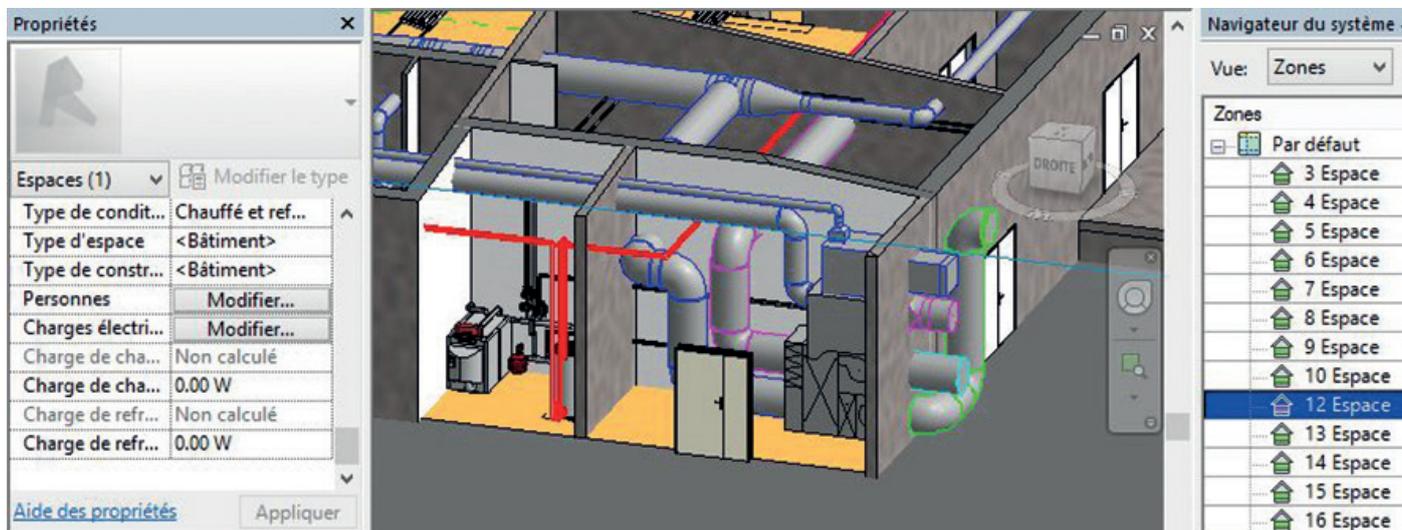
Propriétés du type	
Famille:	GroupeFroid SYSAQUA
Type:	SYSAQUA 55
Paramètres du type	
Paramètre	Valeur
Génie climatique - Charges	
Airflow Rate (m3/min)	375.000000
Compressor Motor Output (kW)	19.700000
Cooling Capacity (kW)	53.300000
Cooling EER (kW/kW)	2.710000
Fan Motor Output (kW)	2.1
Heating COP (kW/kW)	3.560000
Heating Capacity (kW)	61.200000
Sound Pressure Level (dB(A))	48.000000
Unit Weight (kg)	1005.000000



2 Exemples d'informations disponibles : « propriétés » d'une pompe à chaleur et « feuille » avec légende pour la vitesse de l'air dans des gaines (Autodesk Revit)



3 Validation RT2012 d'une salle de sport avant implantation des équipements effectuée par des étudiants de BTS FED 1^{re} et 2^e année (Graitec Archiwizard et Autodesk Revit)



4 Le local sélectionné (n° 12) a des valeurs nulles pour ses charges de chauffage et de refroidissement : l'import du fichier Gbxml va renseigner ces lignes pour tous les locaux traités par le logiciel thermique (Autodesk Revit)

les solutions techniques sont nombreuses et on ne doit pas se priver d'outils transférant le travail des étudiants vers de l'analyse technologique et de l'anticipation d'erreurs de chantier.

Résoudre des problèmes de conception avant la mise en chantier

Après l'exploration d'une maquette BIM d'un bureau, les étudiants sont invités à analyser le passage de gaines sur un ensemble simple de bureaux. Le travail consiste à détecter les erreurs **6**, les corriger en phase d'étude et à chiffrer le coût de l'erreur si elle est découverte à des phases différentes du chantier. C'est l'opportunité aussi de faire le lien avec le travail de préparation du chantier et les moyens nécessaires.

Cette démarche pédagogique développe le niveau d'analyse et coïncide avec le principe même du BIM, c'est-à-dire la recherche d'erreurs et de solutions avant la mise en chantier. On en profite pour concevoir une partie du réseau de gaine en conservant les paramètres de flux d'air, les connexions, les coefficients

de perte de charge, les encombrements minimums et en utilisant des équipements du commerce.

Un changement important des métiers

Dans cette évolution, la fonction des techniciens d'étude et des chargés d'affaires évolue aussi. Il faut comprendre que le dessinateur pur est un poste obsolète. La transmission d'informations du concepteur au dessinateur est une perte de temps incompatible avec l'esprit du BIM. Cela va dans notre sens, car pour un BTS FED on cherche tout d'abord à élever le niveau technologique des étudiants et à aiguïser leur capacité d'analyse. La nouvelle forme du travail est aussi une évolution : le BIM manager n'existera bientôt plus, tant l'ensemble de l'équipe devra maîtriser la maquette. On retrouvera le chef de projet qui devra plutôt maîtriser les protocoles d'échange de documents et le contrôle des transmissions d'informations entre les équipes. Cette mutation du travail nécessite des échanges plus rapides sur des

plateformes utilisant souvent le *cloud* : c'est le travail collaboratif.

Le travail collaboratif, c'est quoi ?

De l'aveu même de certaines entreprises, les techniciens ne sont pas habitués à ce genre de fonctionnement. Lors de la phase d'étude, les échanges peuvent être longs et des erreurs peuvent se nicher aux croisements des validations de plans transférés sous différentes versions. C'est encore plus vrai entre le maître d'œuvre, le bureau d'étude et l'entreprise qui va envoyer ces plans de réservations et ses solutions d'acheminement de réseaux.

Travailler de manière collaborative devient essentiel, mais, concrètement, que font les étudiants ? Le fait même de travailler sur une maquette BIM et de partager les tâches pour réaliser le projet en entier va imposer des échanges et des mises au point avec des transmissions d'informations à l'enseignant sur les avancées et les points bloquants. En outre, sur des logiciels comme Revit, on a la possibilité de créer un fichier central et des fichiers locaux. Le fichier central est celui qui rapatrie ou fournit les évolutions de projet aux fichiers locaux. Chaque étudiant a accès à son fichier local. On peut aussi définir des types d'objets que chacun a le droit de modifier : c'est intéressant si on souhaite travailler en collaboration avec d'autres sections architecture, structure, électricité ou domotique, par exemple.

Mais il faut aussi habituer les étudiants à l'utilisation des très nombreux outils de travail collaboratif permettant d'organiser leur projet, de poser des questions (TeklaBimsight avec les .bcf, par exemple) [7], d'effectuer des rendus synthétiques (Camtasia pour des créations de vidéos), d'échanger ou de conserver leurs fichiers sur le *cloud* (GoogleDrive, par exemple), d'utiliser leur portable pour des mémos rapides sur leur projet en vue 3D (A360 d'Autodesk et Open Space3D pour des vues en réalité virtuelle, complètement gratuit) (cf. Eduscol STI pour les manipulations).

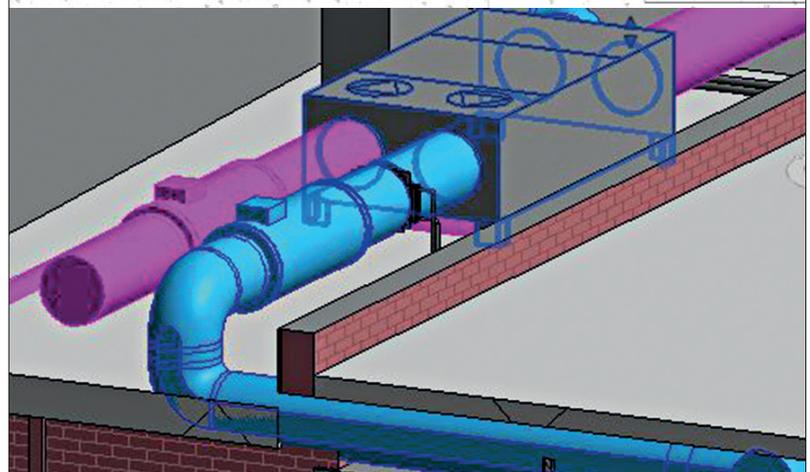
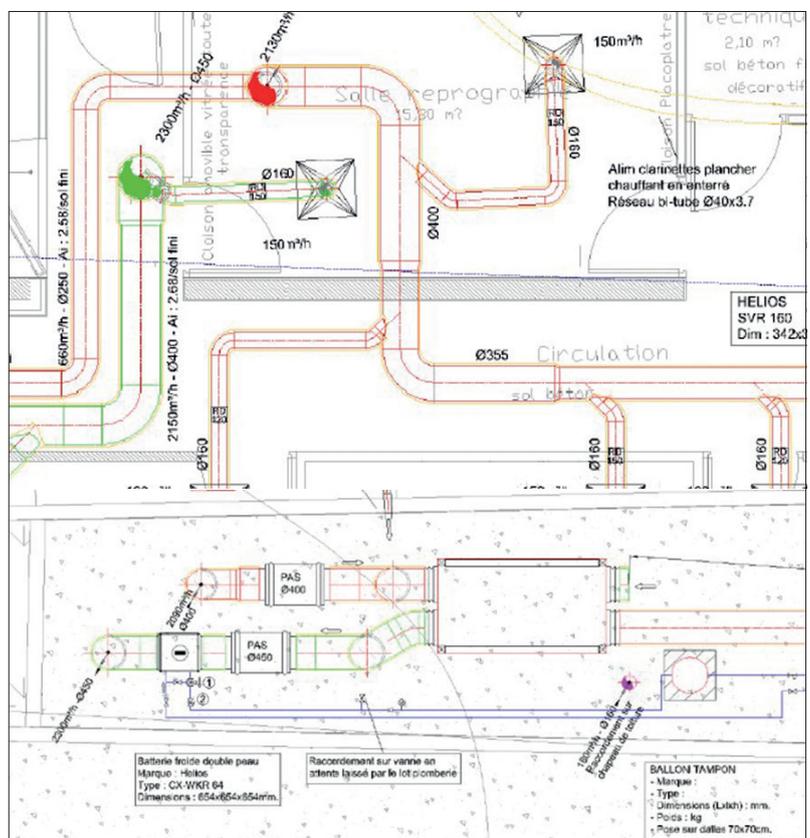
Le recours à des outils de suivi de projet

On pourra aussi responsabiliser les étudiants et leur montrer la réalité du travail en entreprise. En effet, les logiciels de suivi de projet permettent aussi des statistiques complètes sur le temps de travail, les questions et réponses... Ces outils de suivi des équipes, perçus dans le passé comme du « flicage », sont d'usage courant. Comme toute entreprise, la productivité est aussi présente en énergétique et on doit transmettre la nécessité d'une organisation du travail personnel.

Pour profiter de ces outils, le travail demandé doit être bien ciblé et on vérifiera trois fois s'il le faut la compatibilité avec le réseau du lycée. L'expérience veut qu'il soit préférable de se contenter d'un partage sur le réseau local plutôt que sur le *cloud* en raison des limites d'utilisation induites par les pare-feu des

<Nomenclature des bouches d'aération>				
A	B	C	D	E
Famille	Taille	Espace Volume	Flux	Taux de renouvellement
Bouche de soufflage	200e	171.86 m³	240.0 m³/h	1.396487
Bouche de soufflage	200e	171.86 m³	240.0 m³/h	1.396487
Bouche de soufflage	200e	35.17 m³	150.0 m³/h	4.2645
Bouche de soufflage	200e	34.68 m³	150.0 m³/h	4.324911
Bouche de soufflage	200e	34.92 m³	150.0 m³/h	4.295901
Bouche de soufflage				4.525406
Bouche de soufflage 120				4.447009
Diffuseur du soufflage - Circulaire - Noyau-Bouche - Acier - Récupération				1.291123
Grille de soufflage - Déflexion simple - Collet rectangulaire à face incurvée				4.526208
Grille de soufflage - Déflexion simple - Collet rectangulaire à face rectangulaire				3.745612
Bouche de reprise	200e	171.86 m³	210.0 m³/h	1.221926
Bouche de reprise	200e	171.86 m³	210.0 m³/h	1.221926

5 Le changement de terminaux est effectué par la nomenclature simplement et rapidement sans besoin d'accéder à la maquette (Autodesk Revit)



6 Correspondance de la solution 2D et 3D pour la détection d'erreurs de conception (Autodesk Revit)

rectorats. Le travail collaboratif ainsi mis en place décuple l'implication des étudiants et booste leur curiosité, parce qu'ils se rendent tout à fait compte de la marche intellectuelle et professionnelle entre le pré-bac et le post-bac. À l'équipe enseignante d'adapter les progressions.

Mise en place en BTS FED : une nouvelle organisation centrée sur le projet

Les progressions pédagogiques sont construites autour des projets réalisés. Les cours donnent des outils à utiliser de suite. Parfois même, c'est le projet qui enclenche une demande de développement sous forme de cours. La définition des projets est stratégique pour couvrir le programme et accompagner l'évolution des compétences de chacun.

Un outil permanent mais pas une matière supplémentaire

Dans tous les cas, le support BIM est systématique : l'utilisation des logiciels sélectionnés devient naturelle. Cette mouture autour du projet pouvait exister, mais le BIM systématise l'usage des projets et permet de gagner du temps afin d'une meilleure mise en situation et du développement de l'analyse.

Du lien avec les entreprises

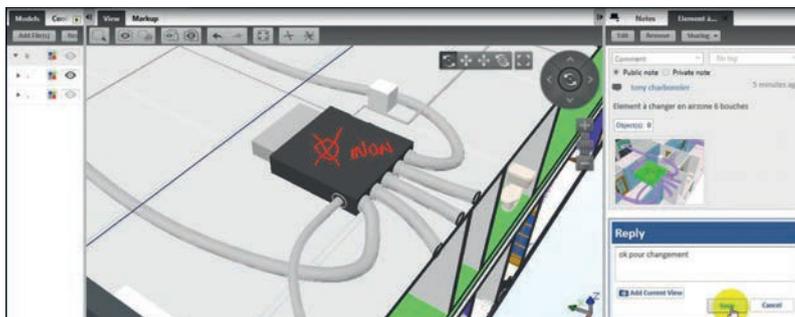
Au lycée Monge, à Nantes, le parti pris est de participer aux évolutions, notamment par des projets avec les entreprises. L'idée est à la fois d'être prêt quand les appels d'offres BIM seront généralisés et de montrer les intérêts du processus par les compétences développées au lycée pour favoriser l'insertion professionnelle.

Dans ce cadre, il a été conçu une installation de climatisation de bureaux avec deux variantes 8.

Pour ce projet, la maquette numérique est totale 9 et le réseau est paramétré jusqu'à obtenir les pertes de charges réelles de chaque tronçon 10. Les étudiants procèdent à l'équilibrage en explorant la maquette 3D. Leur activité est de l'ordre de l'analyse des résultats fournis. Les calculs répétitifs sont limités. Le logiciel présente le sens de circulation du fluide, les pertes de pression, ainsi que le réseau le plus défavorisé permettant de choisir instantanément la pompe 11. Toutefois, les étudiants contrôlent et valident les coefficients propres aux raccords et équipements, ainsi que le type de fluide ou matériau de la canalisation (teneur en glycol, température, PVC, acier, etc.).

Amélioration du niveau technologique des étudiants : le froid industriel se met aussi au BIM

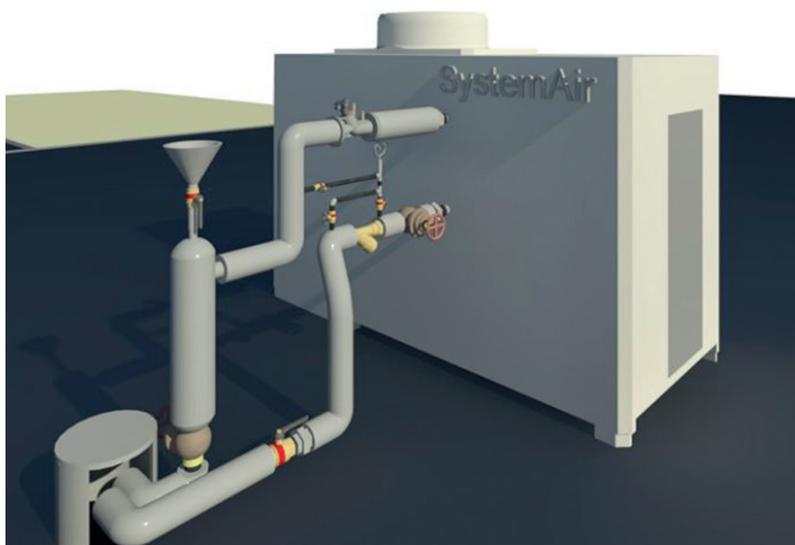
Dans la nouvelle organisation des BTS FED, on va retrouver l'option B et C, soit respectivement le froid industriel et la domotique. L'option A étant l'option « Génie climatique » (bureau d'étude CVC). Les



7 Suivi du projet par création de notes avec TeklaBimsight et échange sous format .bcf



8 Climatisation de bureaux sur deux étages avec la solution Airzone (Autodesk Revit)



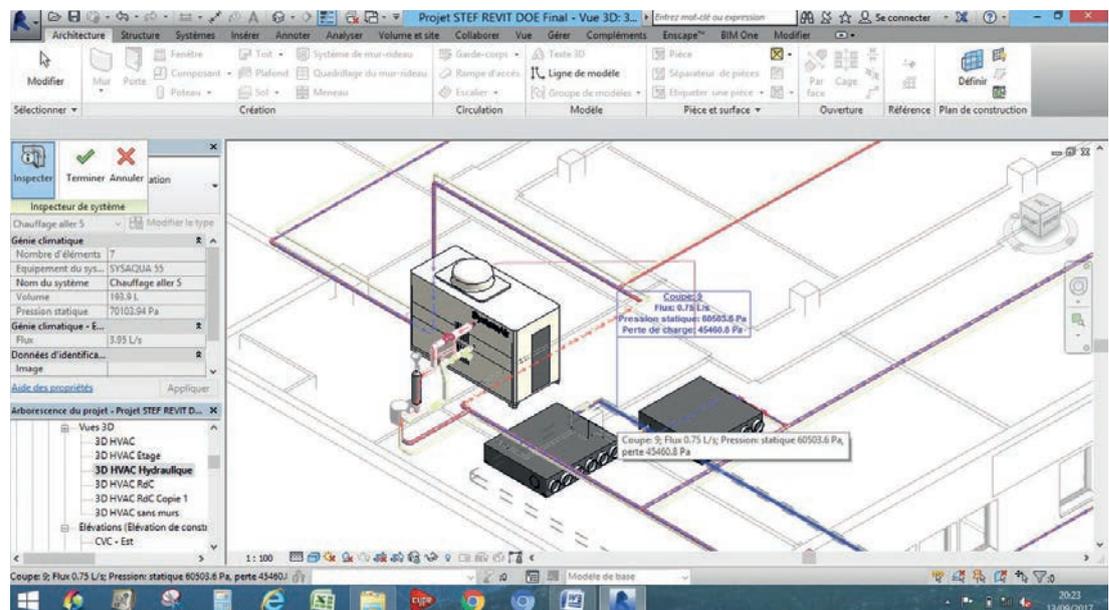
9 La maquette numérique en toiture de la climatisation (Autodesk Revit)

Total Pressure Loss Calculations by Sections										
Section	Element	Flux	Taille	Vitesse	Pression de vitesse	Longueur	Coefficient K	Frottement	Total Pressure Loss	Section Pressure Loss
1	Pipe	0.75 L/s	28 mmø	1.4 m/s	-	0.115	-	389.88 Pa/m	34.3 Pa	551.2 Pa
	Fittings	0.75 L/s	-	1.4 m/s	724.8 Pa	-	0.713176	-	516.9 Pa	
	Equipment	0.75 L/s	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa	
2	Pipe	0.75 L/s	25 mmø	1.2 m/s	-	19.477	-	585.78 Pa/m	11409.0 Pa	48853.2 Pa
	Fittings	0.75 L/s	-	1.2 m/s	735.3 Pa	-	50.925748	-	37444.2 Pa	
34	Fittings	0.10 L/s	-	0.0 m/s	12.9 Pa	-	0.451811	-	5.8 Pa	5.8 Pa

Critical Path : 7-6-5-26-25-24-23-22 ; Total Pressure Loss : 70103.9 Pa

10 Exemple de tableau bilan extrait de Autodesk Revit : les coefficients permettant le calcul des pertes de charge sont vérifiés, mais les calculs sont automatiques

11 Représentation schématique du groupe de climatisation enrichi d'informations (Autodesk Revit)



demandes client en BIM arrivent aussi au niveau des agences en froid industriel. L'investissement en temps et donc financier est important, car la modélisation de ces équipements n'est pas forcément disponible sur MEPContent, par exemple. Pourquoi ne pas profiter d'un moment dans l'année pour modéliser ces équipements en accord avec l'entreprise et échanger les projets BIM finalisés **12** ?

La question des droits et du secret professionnel est à modérer, car aujourd'hui, quand la maquette en natif est fournie au client, elle transporte les modèles d'équipement (« Familles » sur Revit)... qui deviennent du coup publiques !

La modélisation **12** intéresse au plus haut point les entreprises et, pour nos étudiants, les explorer sur écran ou en lunettes VR permet à moindre coût de parfaire leurs connaissances technologiques.

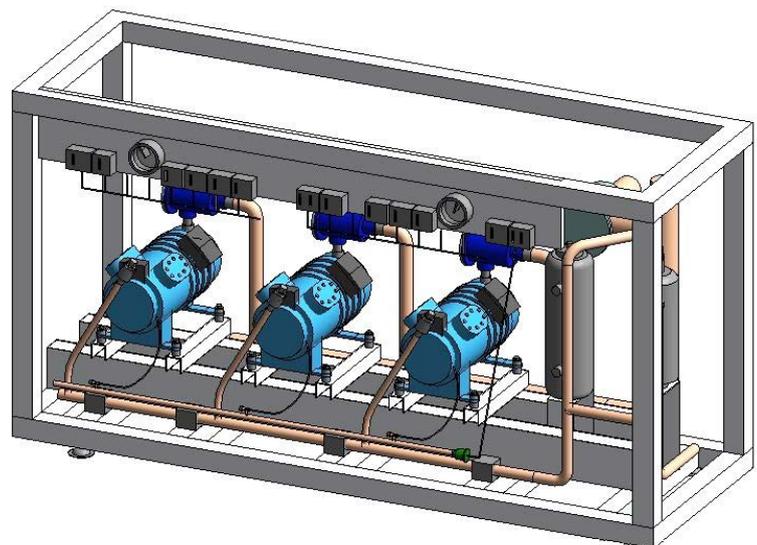
Le double écran est une nécessité

L'usage du BIM nécessite alors du matériel adéquat, surtout pour les visions 3D « en temps réel ». Au-delà des besoins en carte graphique ou en processeur, la station de travail doit comporter deux écrans. Sur un écran, la maquette, et sur l'autre, les CCTP (cahiers des clauses techniques et particulières), documents techniques et gestion des outils collaboratifs : c'est une configuration communément admise en entreprise.

Le BIM transporte beaucoup d'informations et les *plug-in* toujours plus nombreux se synchronisant avec les logiciels plateforme imposent une gestion à double écran et ce, même pour nos étudiants.

Conclusion

Il existe pour nos métiers quelques logiciels comme Revit, Plancal, Cype, etc. Chacun a ses avantages,



12 Pour cette modélisation effectuée à partir de la documentation-constructeur, compter environ 16 heures de travail (Autodesk Revit)

préférant par exemple la force de calcul à la représentation réaliste du projet. Les applicatifs, de l'étude d'éclairage jusqu'à l'acoustique en passant par l'approvisionnement de chantier, la richesse des *plug-in* (Bimone, Enscape...) incitent à faire des choix d'après les besoins de nos étudiants, mais aussi d'après les usages des entreprises dans chaque bassin d'emploi.

Mais malgré cette nécessité de choix, les potentiels des logiciels et les ouvertures vers des usages pédagogiques nouveaux invitent à procéder à un vrai changement. Il s'opère de manière exponentielle chez les éditeurs de logiciels, dans les bureaux d'étude, encore timidement dans les entreprises et, pour ces raisons, nos étudiants doivent se familiariser avec ces outils. ■