

Maisons, lotissements petits collectifs : Chiffrage des ouvrages à prix non linéaire (une solution complète de chauffage en exemple)

Au sein des numéros E&C n°135 à n°137, nous avons pu découvrir sereinement que de nouvelles méthodes de dimensionnement permettent un chiffrage instantané T.C.E., très en amont, avant le premier coup de crayon. En s'appuyant sur la notion de modélisation et de métré mathématique, ces méthodes peuvent générer un quantitatif précis en partant du général pour aller au particulier. Les conséquences en sont nombreuses. Aujourd'hui nous aborderons le problème des ouvrages nécessitant un calcul préparatoire au chiffrage.

Qu'est-ce qu'un ouvrage à prix non linéaire ?

C'est essentiellement un ouvrage dont le prix ne peut pas se déterminer par rapport à une entité de mise en œuvre simple et connue : un dénombrement, une longueur, une surface, un volume, un poids...



▲ L'aquarelle de Martine Alvergnat intitulée : le foyer. Aujourd'hui de nombreuses solutions de chauffage performantes sont utilisables : cheminée avec foyer et distribution d'air chaud, climatisation réversible, planchers chauffants basse température... Leur mise en valeur demande un chiffrage précis.

► PAUL BLANC,

Docteur en Électrotechnique, Consultant pour l'UNTEC. Concepteur de la théorie mathématique du Dimensionnement Modélisé Etalonnable (D.M.E.). Auteur du logiciel Devis Pro CMI instantané, fruit de la technologie du D.M.E.

► MICHEL MARTY,

Professeur d'Économie de la Construction (reconversion public handicapé), Membre de l'UNTEC. Conseiller spécial bâtiment pour le logiciel Devis Pro CMI instantané.



Exemples d'ouvrages à prix linéaires :

- Le prix d'un ensemble de prises de courant est proportionnel à leur nombre,
- Le prix d'un chaînage est proportionnel à sa longueur (m),
- Le prix d'une chape est proportionnel à la surface mise en œuvre (m²),
- Le prix des semelles filantes est proportionnel à leur volume (m³)...

Exemples d'ouvrages à prix non linéaires :

- Le prix d'une ferme en charpente "tradi" est proportionnel au volume de bois mis en œuvre. Encore faut-il pouvoir calculer ce volume. Il dépend de nom-

breuses variables dont la portée de la ferme, la pente de la toiture et, dans certains cas, des forces s'exerçant sur cette ferme.

- Une poutre dépassant un certain seuil de longueur (4 à 5 m)

Souvent, une décomposition en élément plus simple de l'ouvrage permet un calcul facile et précis de son prix :

- Le carrelage complet d'une pièce qui comporte d'une part le chiffrage du carrelage stricto sensu proportionnel à la surface de la pièce et d'autre part le chiffrage des plinthes proportionnel au périmètre intérieur de la pièce, hors déductions liées aux ouvertures (Cf. théorème des cloisons minces E&C n°137).

► SOURIRE : IL Y A SURFACES ... ET SURFACES

Le Terre-plein (de l'italien *terrapieno*, issu de *terrapienare* remplir de terre) est un exemple typique d'ouvrage dont le chiffrage comporte des ambiguïtés. En effet, le calcul de son prix peut se faire avec la Surface Hors Œuvre (SHO) ou avec la Surface Dans Œuvre (SDO), le prix du chaînage étant inclus ou non. Soit au total quatre manières différentes de chiffrer un ouvrage somme tout assez simple. Ce sont autant de points à préciser d'entrée pour éviter toute contestation ultérieure.

La standardisation des modes de chiffrage de ce type d'ouvrages très répandus a énormément de mal à se faire, et a fortiori à être imposée, le marché étant très atomisé. Les professionnels du chiffrage doivent tenir compte de ces régionalismes et de ces habitudes avec philosophie.

Remarque : selon la manière de réaliser un terre-plein (tout venant, sablon, démolition recyclée...) les coûts peuvent varier du simple au double. Ajouté aux problèmes de stabilité différentielle des fondations trop superficielles, certains professionnels préfèrent désormais faire systématiquement appel à la technique des planchers portés sur vide sanitaire.

- Le prix d'un plancher d'étage en béton est proportionnel à la surface réelle du plancher mais comporte un frais fixe, la pompe à béton.

Complexité de mise en œuvre

La difficulté ou la complexité de mise en œuvre est l'une cause de non linéarité (non proportionnalité) du prix d'un ouvrage. Prenons le cas de la peinture. Une porte plane ou postformée sera plus facile à peindre qu'une porte vitrée à petits carreaux. Pour tenir compte de cette difficulté de mise en œuvre les peintres font souvent appel à un coefficient de peinture applicable à la surface hors tout de l'huissierie. Celui-ci peut valoir 2,3 dans le cas le plus simple (ce qui correspond sensiblement à la surface réelle) et atteindre 3,5 voire plus pour des portes vitrées (ce qui correspond à dix fois la surface réelle à peindre). Ce coefficient de complexité est simple d'utilisation et assez consensuel. S'appliquant sur des quantités et non sur des prix, il va avoir comme première conséquence de **dissocier** complètement la quantité de peinture pour chiffrage de la quantité réelle de peinture à mettre en œuvre.

Il faut noter que cette manière de faire n'est pas généralisée dans toute l'Europe. Le professionnel de la quantification et du chiffrage devra en tenir compte.

Exemple : chiffrage d'une solution de chauffage à circulation d'eau chaude

Généralités

Nous prendrons comme exemple le chiffrage d'une offre DolceVita de Gaz de France qui fait appel à de nombreuses catégories d'ouvrages se chiffrant par des méthodes différentes (cf. www.gazdefrance.fr).

Deux paramètres fondamentaux rentrent en ligne de compte :

- La surface habitable (ou S.H.) selon qu'elle est inférieure ou supérieure à 90 m²,
- Le débit d'eau chaude sanitaire (de 12 l/mn à plus de 20 l/mn) fonction d'une part de la solution choisie et d'autre part du nombre de salles d'eau (bains ou douches) de l'habitation.

Lorsque la solution retenue comporte du plancher chauffant, il faut connaître certaines emprises au sol pour calculer les solutions :

Rez-de-chaussée : emprise au sol totale ou limitée aux seuls séjours, cuisine et entrée.

Étages ou Combles aménagés : emprise au sol totale sur plancher béton (le plancher chauffant s'utilise rarement sur des planchers ou sol bois)

- Pour chiffrer complètement une solution il faut déterminer plusieurs des éléments suivants :
- Type de chaudière (haut rendement, basse température, condensation...) et puissance,
 - Calcul de certaines surfaces globales de l'habitation et des planchers chauffants,
 - Choix et dénombrement des catégories de radiateurs (acier, chaleur douce, "design"...),
 - Dénombrement des sèches serviettes,
 - Dénombrement ou pré-dimensionnement des autres appareillages (nourrice, "bitubes", vannes...) et options éventuelles...

Catégories d'ouvrages à prendre en compte

Le chiffrage d'une solution fait appel à trois grandes catégories d'ouvrages :

- Les forfaits
 - Les ouvrages dénombrables (valeurs entières)
 - Les ouvrages quantifiables (valeurs décimales)
- que nous allons maintenant expliciter.

Les forfaits

Il s'agit essentiellement d'ouvrages ou d'actions indépendants des caractéristiques de la construction (Déplacement d'un conseil, location de matériel pour une demi-journée, frais d'outillage...). Un forfait désavantage les petites constructions.

Les ouvrages dénombrables :

- Chaudière
- Râteau ou nourrice de raccordement
- Thermostat d'ambiance
- Sonde extérieure
- Vannes de raccordement/isolation
- Radiateur

- Séche-serviettes
- Robinet thermostatique

A l'exception de la chaudière dont le choix fait intervenir deux seuils (surface et nombre de salles d'eau), le calcul des autres ouvrages est simple à effectuer : il suffit de les compter. Les quatre premiers sont souvent unitaires. Les autres peuvent être calculés en fonction du nombre et des particularités des pièces.

Les ouvrages quantifiables :

- Les linéaires : les longueurs de raccordement "bitubes".
- Les surfaciques : les surfaces de plancher chauffant.

Les volumiques se ramènent aux surfaces en les divisant par la hauteur sous plafond.

Calcul des linéaires de "bitubes"

Le calcul des "bitubes" est le seul qui peut poser une certaine difficulté quand on ne connaît pas encore tous les détails du projet de construction. Il faudra donc faire une estimation la plus précise possible à partir des seules caractéristiques connues. Quatre choix d'entités caractéristiques de mise en œuvre semblent être envisageables :

- La S.H.O. ou la S.H. (Surface Hors Œuvre ou Surface habitable). Ce choix n'est pas judicieux car un linéaire n'est pas une surface. Quand la surface est multipliée par 2, les linéaires sont multipliés par racine de 2 soit 1,41. Les grandes maisons sont pénalisées.
- La racine carrée de la S.H.O. ou de la S.H. Ce choix, bien que meilleur que le précédent (la racine carrée d'une surface est le coté d'un carré), ne tient pas compte de la forme générale de la maison. Les maisons carrées sont pénalisées.
- La diagonale de la maison. Ce choix est bon dans les maisons rectangulaires mais peut prêter à contestation dans le cas de maison dites à architecture décalée car la diagonale, même approximative, est difficile à définir précisément.
- Le périmètre extérieur ou intérieur de la partie habitable de la construction. Ce choix est de très loin le meilleur car il tient compte de la surface et de la forme générale de la construction. Sa valeur étant parfaitement définie, aucune contestation n'est possible.

Rappel : dans une habitation le Périmètre Hors Œuvre PHO s'exprime simplement en fonction du facteur de périmétrie F_p et de la racine carrée de la Surface Hors Œuvre SHO (E&C n°135 : Dimensionnement Modélisé Étalonnable)

Le bitube déterminé nous sommes en mesure de chiffrer avec précision l'ensemble de la solution de chauffage. Cette précision est nécessaire car il faut avoir toujours présent à l'esprit que :

“ Le manque de précision d'un chiffrage peut pénaliser des solutions innovantes et performantes ”

sur lesquelles, par précaution liée à la méconnaissance, on aura utilisé des coefficients de sécurité trop dissuasifs (Une note technique complète est à la disposition des lecteurs sur simple demande adressée aux auteurs). ■

► CALCUL DU PRIX D'UNE FERME À L'AIDE DE SA "SURFACE DE CHIFFRAGE"

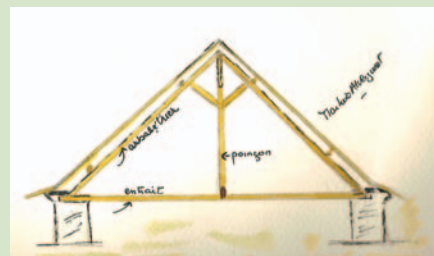
On peut calculer le prix d'une ferme avec une "surface de chiffrage" produit des longueurs de l'entrait et de l'arbalétrier :

- S_c = Surface de chiffrage
- L = Longueur de l'entrait de la ferme
- α = Angle de la toiture
- P_u = Prix unitaire d'un m^2 de ferme

$$S_c = L \times (0,5 \times L / \cos \alpha) = 0,5 \times L^2 / \cos \alpha$$

$$P = P_u \times S_c$$

L'aquarelle de Martine Alvergnat intitulée : la ferme



Cette méthode revient à dire que le prix d'une ferme est proportionnel au carré de sa longueur. Elle n'a pas un caractère aussi général que la méthode de Gregory-Newton exposée en dernière page mais permet de calculer un prix approché quel que soit l'angle de la toiture. Cette méthode doit être obligatoirement étalonnée avant utilisation.

Remarque : cette "surface de chiffrage" ne peut servir de base à aucun calculs techniques qui doivent être effectués, après commande, par les méthodes adéquates.

Paul Blanc

► CALCUL DU PRIX D'UN OUVRAGE PAR LA MÉTHODE DE GREGORY-NEWTON



L'aquarelle de Martine Alvergnat intitulée : la formule

Soit :

P = Prix de l'ouvrage à calculer

X = Entité de mise en œuvre (m, m², m³, kg, tonne...)

Connaissant trois prix de l'ouvrage P₁, P₂ et P₃

avec P₁ < P₂ < P₃

correspondant aux trois entités de mise en œuvre

X₁, X₂, X₃ et sachant que X₂ est au milieu de X₁

et X₃, c'est à dire que : X₂ - X₁ = X₃ - X₂

En posant : Y = (X - X₁) / (X₂ - X₁)

La formule permettant de calculer tous les prix compris entre X₁ et X₃ s'écrit de la manière suivante :

$$P = P_1 + Y \times (P_2 - P_1) + 0,5 \times Y \times (Y - 1) \times (P_3 - 2 \times P_2 + P_1)$$

On peut vérifier immédiatement que si :

X = {X₁, X₂, X₃} alors Y = {0, 1, 2} et P = {P₁, P₂, P₃}

Remarque : les deux premiers termes de l'expression de P correspondent à une simple interpolation linéaire.

Quand X₂ n'est pas centré par rapport à X₁ et X₃ il faut utiliser la méthode d'interpolation de Lagrange dont les formules beaucoup plus complexes dépassent le cadre de cet article et peuvent, dans certains cas, s'avérer moins significatives.

Il est dangereux d'utiliser cette méthode pour extrapoler un prix, c'est à dire quand X < X₁ ou X > X₃

Cette formule se calcule très facilement à l'aide de tout tableur du commerce.

Exemple : calcul du prix d'une ferme

Soit 3 prix P = {450 €, 800 €, 1 300 €} correspondant aux longueurs d'entrait X = {7 m, 9 m, 11 m}, nous obtenons la formule générale de prix suivante (valable pour toute longueur X comprise entre 7 m et 11 m) :

$$P = 450 + 350 \times Y + 75 \times Y \times (Y - 1) \quad \text{avec } Y = (X - 7) / 2$$

Pour X = 10 m nous obtenons Y = 1,5 et P = 450 + 525 + 56,25 = 1 031,25 €

(Une simple interpolation linéaire entre les prix P₂ et P₃ aurait donné P = 1 050 €)

Nota : ces méthodes mathématiques sont désormais abordées dans les formations diplômantes B.T.S. et supérieures.

Paul Blanc