

Utilisation de LLM pour l'estimation du coût d'un bouquet de travaux de rénovation de chaufferie

Contexte :

WaltApp® offre une solution d'expertise et d'optimisation énergétique pour les installations de chauffage, ventilation et climatisation (CVC). Cette solution s'adresse aux chauffagistes, bureaux d'études, et maîtres d'ouvrage, et se compose d'une application terrain et d'une plateforme web. L'application facilite la collecte précise des données techniques, tandis que la plateforme web organise les interventions et synthétise les données pour affichage des indicateurs clés, essentiels à la prise de décision. Nos algorithmes permettent d'identifier les opportunités d'optimisation et de générer des rapports d'audit semi-automatiques. L'objectif est d'améliorer l'efficacité des systèmes existants et d'accélérer la rénovation énergétique, visant une réduction des coûts énergétiques d'au moins 20% et une diminution correspondante des émissions de CO2. Le temps de retour sur investissement est un critère décisif pour les maîtres d'ouvrage lors de la décision d'engager des travaux de rénovation.

Ce projet de recherche vise à développer un modèle permettant d'estimer le coût global d'un bouquet de travaux de rénovation (et non le détail des coûts individuels). Cette estimation globale aidera à évaluer rapidement le temps de retour sur investissement basé sur les économies d'énergie prévues.

Objectif :

Le projet vise à utiliser une architecture de Large Language Model (LLM) pré-entraînée pour détailler l'estimation des coûts en € des différents lots de travaux d'un bouquet d'optimisation ou de rénovation de système CVC à partir de la description en français des actions immédiates et à moyen terme. Plutôt que de fournir un coût global, le modèle devra être capable de structurer et d'affiner les estimations par catégorie de travaux, en prenant en compte les spécificités techniques de chaque type d'intervention.

Interrogations :

1. Méthodologie de Modélisation
 - Quel est le meilleur cadre pour la modélisation ? Fine-tuning d'un LLM, approche RAG (Retrieval-Augmented Generation) ou construction d'une ontologie spécifique au domaine ?
 - Peut-on utiliser une approche hybride combinant plusieurs de ces techniques pour améliorer la précision et la robustesse de l'estimation ?
 - Comment intégrer des contraintes physiques et techniques dans un modèle LLM, notamment les relations entre différents types de préconisations et leurs grandeurs associées ?
2. Définition des Groupes de Travaux et des Variables Pertinentes
 - Comment classifier les actions de rénovation en groupes homogènes de travaux (calorifugeage, remplacement de chaudière, régulation, etc.) pour structurer l'analyse ?

- Quelles grandeurs physiques influencent chaque type de préconisation ?
 - Exemples :
 - Calorifugeage → dépend de la longueur et du diamètre des tuyauteries
 - Remplacement de chaudière → dépend de la puissance thermique nécessaire → Elle-même dépend de la consommation du bâtiment, du climat et des paramètres de régulation
 - Installation d'une régulation avancée → dépend du nombre de circuits de chauffage
 - Quelle granularité adopter pour garantir une estimation fiable tout en limitant la complexité du modèle ?
- 3. Utilisation et Structuration des Données
 - Comment structurer les données issues des expertises pour les rendre exploitables par un modèle LLM ?
 - Quels enrichissements peuvent être apportés (ex. intégration de coûts réels de travaux issus d'autres bases de données, informations réglementaires, indices de coûts de construction – bbd batiprix) ?
 - Peut-on utiliser un modèle de type [DPGF](#) (Décomposition des Prix Globale et Forfaitaire) pour structurer l'estimation en lots de travaux ?
 - Comment gérer l'hétérogénéité des descriptions textuelles des travaux (rédigées par différents experts) pour en extraire des informations normalisées ?
- 4. Prise en Compte de la Variabilité des Coûts
 - Comment intégrer les effets de la localisation géographique sur le coût des travaux (main-d'œuvre, matériaux) ?
 - Peut-on établir des plages de coûts ou des intervalles de confiance pour refléter l'incertitude des estimations ?
- 5. Évaluation de la Performance du Modèle
 - Quels critères de validation utiliser pour mesurer la fiabilité des estimations fournies par le modèle ?
 - Comment comparer les résultats obtenus avec des méthodes traditionnelles d'estimation (experts humains, bases de prix) ?
 - Peut-on automatiser un système d'évaluation en comparant les estimations du modèle aux coûts réels constatés après réalisation des travaux ?
- 6. Intégration et Explicabilité
 - Comment rendre les prédictions du modèle explicables et compréhensibles pour les utilisateurs finaux (chauffagistes, bureaux d'études, maîtres d'ouvrage) ?
 - Peut-on générer des justifications basées sur des règles métier pour chaque estimation produite ?

Données :

Le corpus de textes fourni comprend des descriptions d'actions à effectuer à court ou moyen terme avec un prix associé pour l'ensemble du bouquet de travaux. Des informations concernant l'installation et le bâtiment peuvent également être ajoutés en tant que variables d'ajustement.

Nous disposons d'une base de données contenant plus de 800 expertises sur lesquelles nos utilisateurs ont estimé le coût total des travaux préconisés. Le corpus pourra également être augmenté à partir de données issues d'autres sources.

Variables	Description	Type
Travaux immédiats	Travaux d'optimisation sous forme de Bullet points	Zone de texte riche
Travaux moyen terme	Travaux d'optimisation sous forme de Bullet points	Zone de texte riche
Coût des travaux	Estimation de l'expert technique	Nombre entier
Puissance chauffage	Puissance installée	Nombre entier
Surface chauffée	Surface du bâtiment lié à la chaufferie	Nombre entier

Capture d'écran du logiciel :

Plan de travaux d'optimisation

Immédiats

Normal : B I U

- Déplacer la sonde extérieure (influence à la sortie de la ventilation haute de la chaufferie)
- Rendre étanche le coffret électrique extérieur de coupure
- Faire l'entretien des extincteurs (absence depuis plus de 5 ans)
- Remettre en ordre les ventilations hautes & basses avec croisement pour meilleur balayage (actuellement ouvrant sur VB et VH bouchée sur le même pan de mur) + Absence de consignation des réglages sur le livret de chaufferie et des contrôles trimestriels
- réduire les vitesses des circulateurs de recyclage chaudière (de V3 à V2 = gain de plus de 250Wh)
- mettre en conformité le remplir réseau (abs de dispositif complet avec disjoncteur contrôlable)

Moyen terme

Normal : B I U

Travaux sous-station GRIVES - HERONS - FLAMANTS - IBIS - JABIRUS

- Contrôler/nettoyer le filtre magnétique à poche
- réviser l'extincteur
- campagne de remplacement de vannes primaires non manœuvrables
- détartrer l'échangeur à plaques ECS
- remplacer V3V ECS
- réparer fuite/remplacer sur circulateur de bouclage ECS

Travaux sous-station EIDER

- Remplacer un moteur de circulateur (HS)
- réparer fuite sur V3V
- voir car circulation primaire à 70°C jusqu'au départ chauffage alors que absence de production ECS (fermer vanne primaire sur bouteille de découplage)
- consigner les réglages de régulation SAUTER.

Estimation des économies d'énergie liées au plan de travaux d'optimisation : 15 %

Paramètres économiques

Estimation du coût du plan de travaux d'optimisation : 400 000 €

Montant des aides financières : 0 €