

QueryCraft : exécuter SQL en mode "pas à pas"

Emmanuel Desmontils^{1,2}[0000-0002-6150-278X] and Laura Monceaux¹

¹ Nantes Université, École Centrale Nantes, CNRS, LS2N, UMR 6004,
F-44000 Nantes, France

emmanuel.desmontils@univ-nantes.fr laura.monceaux@univ-nantes.fr

² Nantes Université, Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN),
UR 2661, F-44000 Nantes, France

Résumé La manipulation de SQL n'est pas toujours aisée et les erreurs retournées par les SGBD utilisés ne sont pas toujours faciles à comprendre pour les débutants. L'outil QueryCraft, que nous avons développé, permet ainsi de reformuler, via une IAgen, les éventuelles erreurs syntaxiques remontées par le SGBD de leur requête, mais aussi d'exécuter pas à pas leur requête SQL pour comprendre le sens de chaque opérateur utilisé (jointure, sélection, projection, regroupement, etc.). L'outil est en cours de développement et commence à être utilisé aussi bien en NSI que dans le supérieur.

Keywords: Didactique de l'informatique · SQL · NSI · IA générative.

1 Introduction

L'enseignement des bases de données est présent dans les curriculum universitaires depuis très longtemps et, depuis 2019, dans un chapitre à part entière du programme de NSI de terminale ([MENJ, 2019], annexe page 5). Nous constatons que l'enseignement en NSI est axé sur la compréhension et l'usage des bases de données en général ainsi que sur le questionnement et la modification des données d'une base de données relationnelle. Une difficulté de ce type de bases de données est le langage SQL (Structured Query Language), utilisé pour structurer et manipuler les données. C'est un langage structuré permettant de décrire, renseigner et interroger une base de données relationnelle dans un contexte concurrentiel et multi-utilisateur. Il comporte quatre "sous-langages" : le langage de définition de données (LDD), le langage de manipulation de données (LMD), le langage de contrôle de données (LCD) et le langage de contrôle des transactions (LCT). Le LMD, ciblé par le programme en NSI (terminale), propose des instructions pour manipuler les données de la base (ajout «**INSERT**», modification «**UPDATE**», suppression «**DELETE**» et recherche «**SELECT**»).

Le langage de requête SQL n'est pas très complexe en soi, mais ce changement de paradigme peut troubler voire poser des problèmes de compréhension fondamentaux [Sadiq et al., 2004, Ahadi et al., 2015]. En effet, les apprenants peuvent rapidement écrire des requêtes SQL sans comprendre réellement ce qu'elles font. Plusieurs travaux ont montré la difficulté de compréhension de

certaines opérateurs comme la jointure (en particulier l'auto-jointure), les sous-requêtes (en particulier synchronisées) ou les regroupements [Ahadi et al., 2015], [Kearns et al., 1997], [Miedema et al., 2021], [Renaud and Van Biljon, 2004]. Il est donc nécessaire de porter un peu d'attention à ces points de difficulté et de proposer lors de l'apprentissage des exercices progressifs et variés (comme dans [Desmontils and Monceaux, 2023]).

De plus, les erreurs produites par les SGBD lors de l'exécution d'une requête syntaxiquement incorrecte ne sont pas toujours faciles à comprendre par un débutant, pour les mêmes raisons qu'en programmation ([Barik et al., 2017] [Houssein and Peter, 2017] [Kohn and Manaris, 2020]). A ce jour, il n'existe pas d'outils pour analyser l'exécution d'une requête, comme il est possible d'en trouver dans les IDE en programmation. Reformuler ces erreurs à l'aide de l'IA générative (IAgen) est donc crucial dans l'apprentissage du SQL. Pour palier ces manques, nous proposons l'outil QueryCraft³ [Desmontils, 2025].

2 QueryCraft

En complément d'exercices progressifs ciblés, l'outil QueryCraft permet une aide à la compréhension des opérateurs LMD, via une exécution "pas à pas" et à la résolution des erreurs syntaxiques.

2.1 Exécution de la requête en mode "pas à pas"

L'exécution d'une requête de recherche SQL («**SELECT**») en mode "pas à pas" permet de comprendre les opérateurs utilisés dans la requête, en les décomposant de manière logique et progressive via un ensemble de requêtes, dont on pourra, au fur et à mesure, visualiser l'exécution. La décomposition des opérateurs se fait dans cet ordre : visualisation des tables utilisées, application progressive des jointures, sélection des tuples, regroupement, sélection sur les groupes, projection et tri. Il n'est pas question, à ce niveau, d'évoquer une optimisation quelconque. Par exemple, la requête «**SELECT Distinct nom, prenom FROM etudiants Join notes Using (noetu) WHERE noteex >= 10;**» sera décomposée comme suit :

1. Visualisation des tables mobilisées pour résoudre la requête : «**SELECT * FROM etudiants;**» et «**SELECT * FROM notes;**»
2. Jointure (lier les informations des 2 tables via l'attribut commun noetu) : «**SELECT * FROM etudiants Join notes Using (noetu);**»
3. Sélection des étudiants ayant une note d'examen ≥ 10 : «**SELECT * FROM etudiants Join notes Using (noetu) WHERE noteex >= 10;**»
4. Projection (informations à retourner : nom et prénom) : «**SELECT nom, prenom FROM etudiants Join notes Using (noetu) WHERE noteex >= 10;**»
5. Suppression des doublons : «**SELECT Distinct nom, prenom FROM etudiants Join notes Using (noetu) WHERE noteex >= 10;**»

3. <https://gitlab.univ-nantes.fr/l2n-didactique/querycraft>

Le mode "pas à pas" permet de comprendre précisément les opérateurs complexes manipulés comme les jointures ou encore le regroupement, ce que ne permet pas la visualisation seule de la table résultat finale. Comme le montre l'exécution de la requête «`SELECT noetu, AVG((noteex + notecc) / 2) FROM notes GROUP BY notes.noetu;`» qui permet de calculer la moyenne de chaque étudiant de notre base, l'étape 2 nous permet de visualiser précisément le regroupement des notes de chaque étudiant réalisé par le GROUP BY sur lequel va s'effectuer la moyenne (voir fig 1). Mais pour exploiter les résultats du mode "pas à pas", il faut que la requête soit syntaxiquement correcte et donc exécutable.

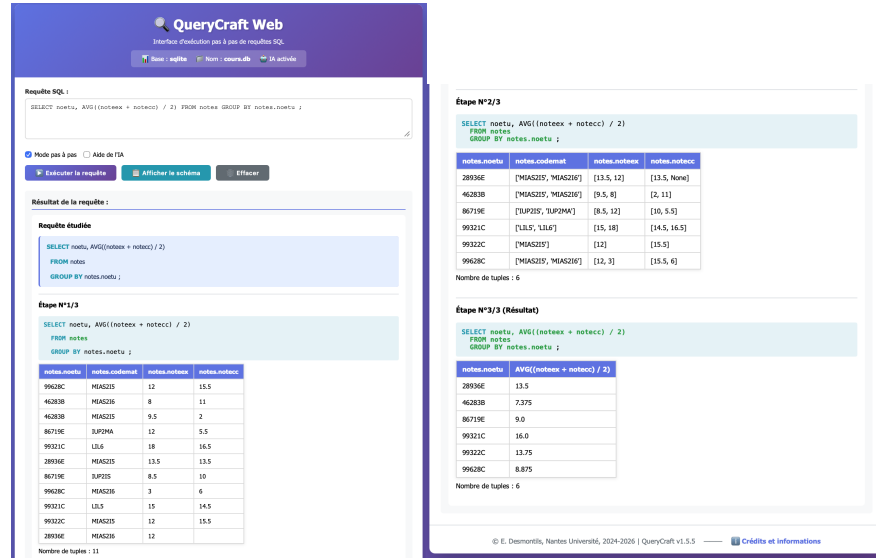


FIGURE 1 – Exemple de trace de QueryCraft

2.2 Aide précieuse pour soulever les erreurs

Quel que soit le SGBD utilisé (Oracle, MySQL, PostgreSQL, etc.), les messages d'erreurs ne sont pas faciles à interpréter pour des débutants. Pour les aider à les interpréter, QueryCraft propose de reformuler le message produit par le SGBD en utilisant une IAgen. Par exemple, pour la requête : «`SELECT noetu, AVG((notex + notecc) / 2) FROM note GROUP BY notes.noetu;`», QueryCraft produit la sortie de la fig 2 (en s'appuyant sur "Claude Sonnet 4.5" par POE⁴) où il reformule le message d'erreurs et propose une correction de la requête erronée. Le modèle de langage utilisé peut être facilement modifié en fonction des

4. <https://poe.com/>

attentes et des contraintes techniques. Il peut être local (Ollama ou LM Studio) ou externe par API (Open AI, POE, Google...). L'utilisation de ces ressources est assez libre puisqu'aucune donnée sensible n'est manipulée.

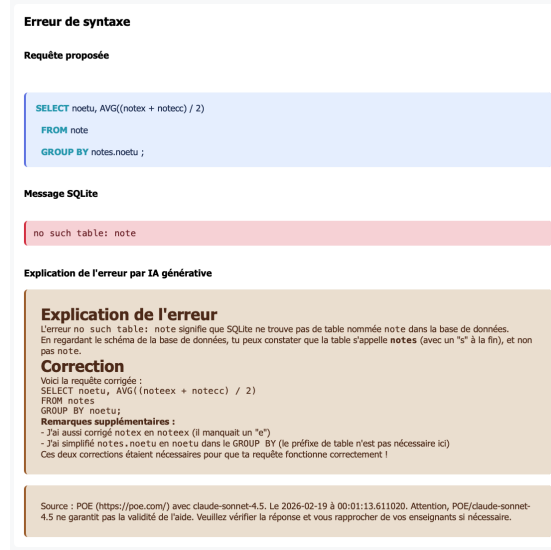


FIGURE 2 – Exemple de trace de QueryCraft en cas d'erreur

3 Conclusion

QueryCraft est un outil simple, mais innovant, permettant d'accompagner l'apprentissage des bases de données, par une approche d'exécution SQL "pas à pas". Il propose aussi un usage raisonné de l'IAgen pour aider à la compréhension des erreurs, sujet toujours présent chez les débutants. QueryCraft n'a pas encore fait l'objet d'une expérimentation formelle en classe, mais a été utilisé dans des modules de didactique de l'informatique dans les universités de Nantes (M1 MEEF 2D NSI, 2025 et 2026) et de la Réunion (L3 Informatique, option "Métiers de l'enseignement", 2025). L'outil a été apprécié permettant de mieux comprendre les opérateurs complexes, mais aussi d'aborder la question de la transposition didactique des opérateurs SQL. L'outil reste à être fiabilisé et évalué par des expérimentations plus formelles en NSI et en licence informatique. D'autres fonctionnalités ont été ajoutées comme la formulation de la requête de l'élève ou la correction d'une requête à travers deux types d'exercices [Desmontils and Monceaux, 2023] pour une évaluation formative [Houssein and Peter, 2017]. D'autres types vont être ajoutés.

Remerciements Le développement de l'outil a été effectué par les auteurs, aidés par des stagiaires de la licence informatique (Nantes Université) : Wiktoria SLIWINSKA (2024) et Baptiste GIRARD (2025). L'expérimentation à l'université de la Réunion a été menée par C. Declercq en 2025.

Références

- [Ahadi et al., 2015] Ahadi, A., Prior, J., Behbood, V., and Lister, R. (2015). A quantitative study of the relative difficulty for novices of writing seven different types of sql queries. In *Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, pages 201–206.
- [Barik et al., 2017] Barik, T., Smith, J., Lubick, K., Holmes, E., Feng, J., Murphy-Hill, E., and Parnin, C. (2017). Do developers read compiler error messages? In *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, pages 575–585. IEEE.
- [Desmontils, 2025] Desmontils, E. (2025). QueryCraft.
- [Desmontils and Monceaux, 2023] Desmontils, E. and Monceaux, L. (2023). Enseigner SQL en NSI. In *Atelier «Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l'Université», dans le cadre de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)*, pages 17–24.
- [Houssein and Peter, 2017] Houssein, S. and Peter, Y. (2017). Outils d'assistance et les difficultés d'enseignement/apprentissage de la programmation quelle aide? In *Atelier «Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l'Université», dans le cadre de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)*.
- [Kearns et al., 1997] Kearns, R., Shead, S., and Fekete, A. (1997). A teaching system for SQL. In *Proceedings of the 2nd Australasian conference on Computer science education*, pages 224–231.
- [Kohn and Manaris, 2020] Kohn, T. and Manaris, B. (2020). Tell me what's wrong : a python ide with error messages. In *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 1054–1060.
- [MENJ, 2019] MENJ (2019). Programme de l'enseignement de spécialité de numérique et sciences informatiques de la classe terminale de la voie générale. Bulletin officiel spécial 8, Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse.
- [Miedema et al., 2021] Miedema, D., Aivaloglou, E., and Fletcher, G. (2021). Identifying SQL misconceptions of novices : Findings from a think-aloud study. In *Proceedings of the 17th ACM Conference on International Computing Education Research (ICER 2021)*. ACM.
- [Renaud and Van Biljon, 2004] Renaud, K. and Van Biljon, J. (2004). Teaching SQL— which pedagogical horse for this course? In *Key Technologies for Data Management : 21st British National Conference on Databases, BNCOD 21, Edinburgh, UK, July 7-9, 2004. Proceedings 21*, pages 244–256. Springer.
- [Sadiq et al., 2004] Sadiq, S., Orlowska, M., Sadiq, W., and Lin, J. (2004). SQLator : an online SQL learning workbench. In *Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*, pages 223–227.