

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
المدرسة العليا للإعلام الآلي 8 ماي 1945 - سيدي بلعباس
Higher School of Computer Science
8 Mai 1945 - Sidi Bel Abbas



Master's Thesis

To obtain the diploma of Master's Degree

Field of Study: Computer Science

Specialization: Information and Web Systems (SIW)

Theme

Application Instrumentation for End-to-End Energy Traceability

Presented by

Mr. BENHAMMADI Ilyas

Defended on: **14 September 2025**

In front of the jury composed of

Dr. BABA AHMED Manel
Dr. BENDELLA Mohammed Salih
Dr. KHALDI Miloud
Dr. SHATNAWI Anas

President of the Jury
Examiner
Supervisor
Supervisor

Academic Year: 2025/2026

Abstract

Software systems, and especially web applications, increasingly contribute to global energy demand as they serve millions of users daily. Reducing this demand requires not only efficient hardware but also a systematic approach to measuring software energy consumption. Since end users initiate every computation through their interactions, understanding the relationship between user behaviour and energy consumption is central to building more sustainable applications. This thesis contributes to this objective by introducing an End-to-End Web Energy Traceability system that formalises user-centric attribution of energy consumption across frontend, backend, and database layers. This system integrates heterogeneous telemetry into coherent end-to-end traces that follow real user journeys, enabling the identification of energy hotspots and the analysis of behaviour-driven consumption patterns. By reframing the problem in terms of challenges and solutions, the thesis establishes a conceptual basis for future research and the development of tools that can attribute energy consumption to user actions, opening the way for more energy-aware software design and operation.

Keywords : Software Energy Consumption, Green Software Engineering, Web Instrumentation, Energy Traceability, Energy profiling, Software Telemetry.

الملخص

تساهم الأنظمة البرمجية، وخاصة تطبيقات الويب، بشكل متزايد في الطلب العالمي على الطاقة حيث تخدم ملايين المستخدمين يومياً. إن تقليل هذا الطلب يتطلب ليس فقط عتاداً أكثر كفاءة بل أيضاً مقارنة منهجية لقياس استهلاك الطاقة البرمجية. وبما أن المستخدمين النهائيين يطلقون كل عملية حسابية من خلال تفاعلاتهم، فإن فهم العلاقة بين سلوك المستخدم واستهلاك الطاقة يعد أمراً محورياً لبناء تطبيقات أكثر استدامة. تساهم هذه الأطروحة في هذا الهدف من خلال تقديم نظام تتبع طاقة الويب من البداية إلى النهاية الذي يؤسس إسناد استهلاك الطاقة المتمركز حول المستخدم عبر طبقات الواجهة الأمامية والخلفية وقواعد البيانات. يدجج هذا النظام القياسات المتنوعة في آثار متماسكة من البداية إلى النهاية تتبع رحلات المستخدمين الحقيقية، مما يمكن من تحديد نقاط الاستهلاك المرتفع للطاقة وتحليل أنماط الاستهلاك المدفوعة بالسلوك. ومن خلال إعادة صياغة المشكلة من حيث التحديات والحلول، تؤسس الأطروحة أساساً مفاهيمياً للبحث المستقبلي وتطوير الأدوات القادرة على إسناد استهلاك الطاقة إلى أفعال المستخدمين، مما يفتح الطريق أمام تصميم وتشغيل برمجيات أكثر وعياً بالطاقة.

الكلمات المفتاحية: استهلاك الطاقة البرمجية، هندسة البرمجيات الخضراء، قياسات الويب، إمكانية تتبع الطاقة، تحليل الطاقة، القياس البرمجي.