

L'Intelligence Artificielle, un enjeu pour réduire les coûts énergétiques des Data Centers

Une collaboration entre le laboratoire de Mathématiques et Applications¹ et la société Orange étudie la mise en place d'algorithmes d'IA pour réduire les coûts énergétiques engendrés par les data centers. L'Intelligence Artificielle (IA) est une technique de plus en plus abordée pour résoudre de nombreux problèmes complexes, mais que font réellement ces algorithmes et comment fonctionnent-ils ?

Larousse définit l'intelligence artificielle comme l'« ensemble des théories et des techniques développant des programmes informatiques complexes capables de simuler certains traits de l'intelligence humaine » comme le raisonnement ou l'apprentissage.

Les data centers et sites télécoms, tout en étant un enjeu du 21^{ème} siècle, posent un problème environnemental considérable. Leur consommation d'énergie ne répond pas aux attentes environnementales actuelles. C'est là que, conjointement avec les avancées physiques et techniques, l'intelligence artificielle a un rôle à jouer. En effet, les données dont les mathématiciens disposent sur ces centres de stockage, permettent la mise en place d'algorithmes statistiques et probabilistes pour l'optimisation de l'efficacité énergétique de ces sites. Ces données sont issues de capteurs disposés dans les data centers et centres télécoms d'Orange afin d'en monitorer l'état. Cela permet de comprendre les phénomènes physiques qui s'y déroulent. Ainsi, les températures, hygrométries et puissances au niveau des différents équipements sont enregistrées. Ces informations sont sauvegardées dans des bases de données pour être exploitées par la suite par des algorithmes mathématiques.

UNE GESTION OPTIMUM DE L'ÉNERGIE

Le matériel informatique, d'une manière générale, produit beaucoup de chaleur avec ses serveurs, systèmes de stockages, commutateurs, routeurs ou même câbles d'interconnexion. Il a besoin de conditions environnementales particulières pour fonctionner sans dommages, ce qui entraîne une consommation d'énergie importante du système de conditionnement d'air. Pour fournir ces conditions sur de gros bâtiments tels que les data centers, les paramètres qui entrent en compte peuvent être nombreux et les techniques de l'IA peuvent être exploitées pour les optimiser.

"... en utilisant les leviers d'actions pour réduire la consommation énergétique."

L'idée est de piloter au mieux le système de conditionnement de l'air, en jouant par exemple sur la vitesse des ventilateurs du système de refroidissement d'une salle informatique. Cela passe par la mise en place d'algorithmes statistiques pour « apprendre » des règles efficaces. Ceux-ci sont construits sur les connaissances acquises, via un apprentissage à partir des

données mesurées. Les algorithmes vont définir des instructions pour déterminer par exemple la commande à fournir aux ventilateurs et les consignes de température des unités de traitement de l'air. Le but est de mettre au point un modèle mathématique capable de prendre des décisions, en utilisant les leviers d'actions pour réduire la consommation énergétique.

LES MATHÉMATIQUES AU CŒUR DU PROBLÈME

La problématique d'optimisation de la consommation énergétique sur la durée peut être découpée en un ensemble de sous problèmes. Chaque sous problème correspond aux choix à chaque laps de temps (on donne de nouvelles instructions toutes les 5 minutes) de la meilleure configuration pour le système. Ce problème peut se modéliser à l'aide des équations de Bellman :

$$V(x_0) = \max_{\{a_t\}_0} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t F(x_t, a_t)$$

Cette somme représente le gain énergétique, soit l'objectif au cours du temps. t est notre indicateur temporel, $t=0$ correspond à l'instant présent ainsi les instants suivants correspondent au futur. $\beta^t F(x_t, a_t)$ est l'expression mathématique du gain, la valeur du gain est grande quand la consommation d'énergie est faible et que les conditions du matériel sont respectées. \max signifie qu'on cherche à l'optimiser.

$$V(x_0) = \max_{\{a,x\}_t} \{F(x_0, a_0) + \beta V(T(x_0, a_0))\}$$

Cette équation a une vision différente sur l'objectif, elle représente le même problème mais l'aborde différemment : on va chercher à maximiser le gain de deux termes : $F(x_0, a_0)$ qui représente le gain direct et $\beta V(T(x_0, a_0))$ qui représente le gain dans le futur.

L'APPRENTISSAGE RENFORCÉ ET L'APPRENTISSAGE PROFOND

L'apprentissage renforcé est une technique d'intelligence artificielle permettant d'apprendre par l'expérience. Cette méthode confronte un modèle mathématique (comme un réseau de neurones) avec un environnement dans lequel il pourra apprendre de ses actions et de ses erreurs. L'environnement dans ce cas représente le site à optimiser ou une simulation de celui-ci. L'avantage de la simulation est qu'il n'y

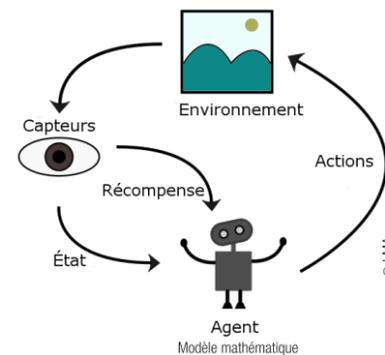
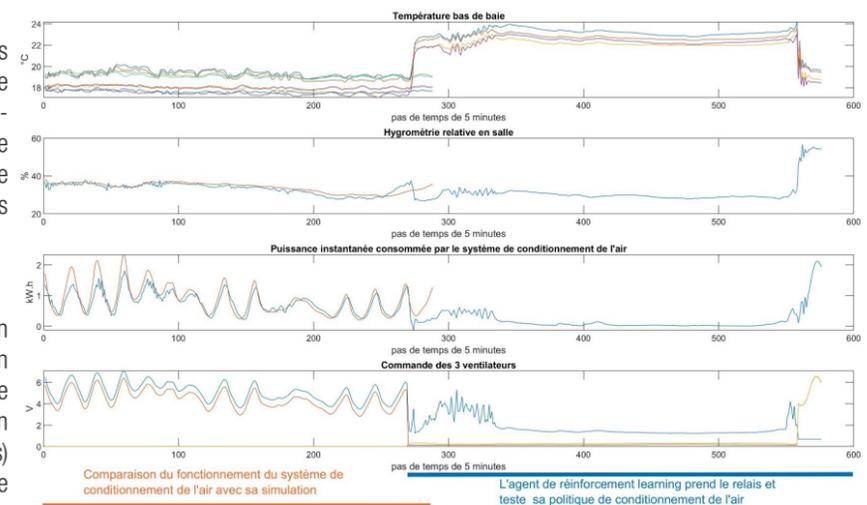


Schéma des interactions d'un agent d'apprentissage renforcé (ici un modèle mathématique) avec son environnement lors de son entraînement. Le modèle mathématique entreprend des actions qui vont modifier l'environnement. Ces modifications vont induire une récompense en fonction de leur efficacité, qui sera transmise au modèle mathématique.



Graphique représentant la simulation du contrôle de l'état d'un centre télécom d'Orange au cours du temps. Une intelligence artificielle entraînée via l'apprentissage renforcé prend le relais sur le contrôle, qui était assuré par un système classique basé sur la physique.

a pas de risque d'endommagement de l'environnement pendant l'apprentissage.

L'apprentissage profond correspond à l'utilisation de réseaux de neurones artificiels. Ce sont des modèles mathématiques inspirés des neurones biologiques. Ces modèles sont puissants mais nécessitent un apprentissage important donc beaucoup de données. Les apprentissages renforcé et profond s'utilisent conjointement pour répondre à des problèmes complexes d'optimisation, pour lesquels on dispose d'un volume conséquent de données. L'apprentissage profond permet de modéliser l'environnement, tandis que l'apprentissage renforcé permet de définir un modèle mathématique qui va agir de manière optimale sur cet environnement.

La mise en place de tels modèles est étudiée dans le cadre d'une collaboration entre Orange et le Laboratoire Mathématiques et Applications au travers d'une thèse. Ces recherches permettent d'étudier les barrières encore existantes à la mise en place de telles méthodes. Comme par exemple la maîtrise des effets de bords de ces solutions. Pouvoir faire confiance à des modèles mathématiques sur ces sujets est primordial. Cependant, il faut que cela soit justifié par une maîtrise des comportements de ces algorithmes. Ces modèles ont un intérêt dans les domaines industriels, comme par exemple pour réaliser les tâches complexes et contraignantes via des robots, ou encore dans le secteur de la finance ou de la conduite autonome.

Léo GRILL < ORANGE & LMA
leo.grill@orange.com

Yousri SLAOUI < LMA
Yousri.Slaoui@math.univ-poitiers.fr

David NORTERSHAUSER < ORANGE
david.nortershauser@orange.com

Stéphane LE MASSON < ORANGE
stephane.lemasson@orange.com

<http://rech-math.sp2mi.univ-poitiers.fr>

¹ LMA (UMR 7348 CNRS / Université de Poitiers)



Data center