



**CONTRAT  
D'ENCADREMENT DE THESE N° J09051  
M. Léo GRILL**

Titre de la thèse : « Optimisation de l'efficacité énergétique d'un centre de données par une méthode d'Intelligence Artificielle. »

**Entre**

**Orange**, Société Anonyme au capital social de 10.640.226.396 €, immatriculée au Registre du Commerce et des Sociétés de Paris sous le numéro 380 129 866, dont le siège social est situé 78 rue Olivier de Serres 75015 Paris et représentée par Monsieur Nicolas DEMASSIEUX, agissant en tant que Directeur Orange Labs Recherche, dûment habilité à cet effet,

Ci-après dénommée « **Orange** »,

d'une part,

**Et**

**LE CENTRE NATIONAL de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE**, Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique, dont le siège social est 3, rue Michel Ange, 75794 PARIS Cedex 16, n° SIREN 180 089 013, n° TVA Intracommunautaire : FR 40 180 089 013, code APE 7219Z, représenté par son Président Directeur Général, Monsieur Antoine PETIT lequel a délégué sa signature pour la présente convention à Monsieur Ludovic HAMON, Délégué Régional pour la circonscription Centre, Limousin, Poitou-Charentes, 3E avenue de la Recherche Scientifique, CS 10065, 45071 ORLEANS Cedex 2,

Ci-après désigné par le « **CNRS** »

Le CNRS agissant dans le présent contrat au nom et pour le compte de :

**L'UNIVERSITE DE POITIERS**, Etablissement Public à caractère Scientifique, Culturel et Professionnel, dont le siège est 15 rue de l'Hôtel-Dieu, TSA 71117, 86073 POITIERS Cedex 09, France, n° SIREN 198 608 564, code APE 8542Z, représenté par son Président, Monsieur Yves JEAN,

Ci-après désignée par « **l'UP** »

Le CNRS et l'UP sont ci-après conjointement désignés par les « **ETABLISSEMENTS** ».

Les ETABLISSEMENTS agissent conjointement dans le présent contrat comme cotutelles du **Laboratoire de Mathématique et Application (LMA)**, UMR 7348, UNIVERSITE DE POITIERS, Site du Futuroscope - Téléport 2, 11 Boulevard Marie et Pierre Curie, Bâtiment H3 - TSA 61125, 86073 POITIERS, Cedex 9, dirigé par Madame Alexandra SARTI, ci-après le « **Laboratoire** »

d'autre part,

Orange et les ETABLISSEMENTS étant ci-après désignés individuellement par la « **Partie** » ou collectivement par les « **Parties** ».

\*\*\*\*\*



## SOMMAIRE

ARTICLE 1	DEFINITIONS .....	3
ARTICLE 2	OBJET DU CONTRAT .....	5
ARTICLE 3	DOCUMENTS CONTRACTUELS.....	5
ARTICLE 4	DUREE ET DATE D'EFFET DU CONTRAT .....	5
ARTICLE 5	DIRECTION DE THESE ET ACCOMPAGNEMENT DU DOCTORANT .....	6
ARTICLE 6	ORGANISATION .....	6
ARTICLE 7	MODALITES FINANCIERES .....	7
ARTICLE 8	FACTURATION - PAIEMENT .....	7
ARTICLE 9	INFORMATIONS CONFIDENTIELLES .....	8
ARTICLE 10	PUBLICATIONS .....	9
ARTICLE 11	PROPRIETE INTELLECTUELLE .....	10
ARTICLE 12	RESPONSABILITE.....	12
ARTICLE 13	FIN DES RELATIONS CONTRACTUELLES .....	12
ARTICLE 14	FORCE MAJEURE.....	12
ARTICLE 15	CONFORMITE.....	13
ARTICLE 16	STIPULATIONS GENERALES .....	14
ANNEXE 1	.....	16
ANNEXE 2	.....	18



## ETANT PREALABLEMENT EXPOSE QUE :

Considérant que les ETABLISSEMENTS au travers du Laboratoire possèdent des compétences et une expertise reconnues dans le domaine des algorithmes stochastiques, analyse de données, apprentissages statistiques, classification et intelligence artificielle, Orange souhaite confier aux ETABLISSEMENTS l'encadrement d'une thèse de doctorat préparée par Monsieur M. Léo GRILL, sous l'autorité de M. Yousri SLAOUI.

Cet encadrement doit intervenir dans le cadre d'une convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE) référencée n°2020/0009 et conclue entre l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT) et Orange.

Les Parties entendent formaliser leur collaboration par la signature du Contrat.

## IL A ETE CONVENU ET ARRETE CE QUI SUIV

### ARTICLE 1 DÉFINITIONS

Chacun des termes ci-dessous, utilisé dans le présent contrat aura la signification donnée dans sa définition à savoir :

- 1.1 « **Année Contractuelle** » désigne la période de douze mois à compter de la date d'entrée en vigueur du Contrat, ou à compter de la date anniversaire de la date d'entrée en vigueur du Contrat, pendant la durée de validité du contrat conformément à l'article 4.1.
- 1.2 « **Brevet** » désigne le brevet effectivement délivré par un office national ou régional de la propriété intellectuelle issu de la Première Demande de Brevet, ainsi que les brevets étrangers directement issus d'une Co-invention, effectivement délivrés où que ce soit dans le monde.
- 1.3 « **Co-invention** », signifie tout Résultat brevetable constituant un Résultat Conjoint.
- 1.4 « **Code Exécutable** » désigne un Logiciel exprimé en langage exécutable sur une machine.
- 1.5 « **Code Source** » désigne un Logiciel exprimé dans un langage de programmation compréhensible par un être humain.
- 1.6 « **Connaissances Propres** » désigne les inventions faisant l'objet de brevet ou de demandes de brevet, les Logiciels protégés par le droit d'auteur, les connaissances, le savoir-faire ainsi que les procédés, les technologies, les dossiers techniques, et toute information, quels qu'en soient la nature et/ou le support et protégés par le secret, les œuvres de l'esprit protégées par le droit d'auteur et de manière générale tous les éléments distinctifs et connaissances protégés ou non par le droit de la propriété industrielle dans un domaine identique au Travail de Thèse, détenus par l'une ou l'autre des Parties à la date de signature du Contrat (« Connaissances Antérieures ») ou acquises en-dehors dudit Contrat (« Connaissances Parallèles »), et Nécessaires à sa bonne exécution et/ou à l'Exploitation du Travail de Thèse.
- 1.7 « **Contrat** » désigne le présent document et ses deux annexes.
- 1.8 « **Directeur de thèse** » désigne M. Yousri SLAOUI, enseignant-chercheur rattaché à l'école doctorale auprès de laquelle le Doctorant est inscrit et sous la responsabilité de qui le Doctorant prépare son doctorat.
- 1.9 « **Doctorant** » désigne M. Léo GRILL, doctorant salarié d'Orange dont la mission est de réaliser le Travail de Thèse.



- 1.10 « **Droit de Sous-Traiter** » désigne le droit de faire fabriquer ou de faire offrir par un tiers des produits ou des services sous les conditions suivantes :
- lorsque le produit ou le service est vendu ou fourni par ou pour l'une des Parties sous la marque, le nom commercial ou toute autre dénomination de cette Partie,
  - lorsque le produit ou le service est fabriqué ou fourni selon les spécifications ou les instructions fournies par ou pour cette Partie.
- 1.11 « **Encadrant Technique** » désigne M. David NÖRTERSCHÄUSER et M. Stéphane LE MASSON, chercheurs salariés d'Orange responsables de l'encadrement du Doctorant au sein d'Orange.
- 1.12 « **Exploitation** » ou « **Exploiter** » désigne les droits de reproduire, tout ou partie, de façon permanente ou provisoire, par tout moyen et sous toute forme, de représenter, d'utiliser, ou, s'agissant d'un Logiciel, de l'exécuter sur une ou plusieurs machines, de corriger, de traduire, d'adapter, d'arranger, de modifier, ainsi que le droit de mise sur le marché à titre onéreux incluant la concession de licence à des clients finaux, à titre gratuit ou onéreux, directement ou indirectement ainsi que tout autre droit nécessaire à la commercialisation de produits et/ou de services.
- 1.13 « **Filiales** » désigne par référence à l'article L.233-3 du code de commerce, une société dans laquelle la Partie :
- détient directement ou indirectement une fraction du capital lui conférant la majorité des droits de vote dans les assemblées générales de cette société,
  - dispose seule de la majorité des droits de vote dans une société en vertu d'un accord conclu avec d'autres associés ou actionnaires et qui n'est pas contraire à l'intérêt de la société,
  - détermine en fait par les droits de vote dont elle dispose les décisions dans les assemblées générales de cette société.
- Toute société sera présumée être une Filiale dès lors que la Partie dispose directement ou indirectement, d'une fraction de droits de vote supérieure à 40% et qu'aucun autre associé ou actionnaire ne détient directement ou indirectement une fraction supérieure à la sienne.
- 1.14 « **Information Confidentielle** » désigne toute information de nature propriétaire et/ou confidentielle, quelle qu'en soit la nature (commerciale, scientifique, financière ...) communiquée par une Partie à l'autre oralement ou par écrit quel que soit le support utilisé, sous réserve que la Partie qui communique les Informations ait indiqué de manière claire et non équivoque son caractère confidentiel ou dans le cas d'une communication orale si la Partie qui communique les Informations notifie par écrit son caractère confidentiel dans les trente(30) jours suivant la communication
- 1.15 « **Logiciel** » désigne tout programme d'ordinateur protégé par le droit d'auteur ainsi que les spécifications et la documentation associée.
- 1.16 « **Nécessaire** » appliqué à « **Résultat Nécessaire** » ou « **Connaissances Propres Nécessaires** » signifie qu'il n'est pas possible techniquement d'Exploiter un ou des Résultats sans contrefaire un ou des droits de propriété intellectuelle attaché à un ou plusieurs Résultats des ETABLISSEMENTS et/ou à une ou plusieurs Connaissances Propres des ETABLISSEMENTS.
- 1.17 « **Première Demande de Brevet** » : désigne le premier dépôt d'une demande de brevet relative à une Co-invention dont Orange acquiert les droits en vertu de l'article 11.1.4.2.1.
- 1.18 « **Résultat** » désigne tous résultats, de quelque nature et sous quelque forme que ce soit, et notamment toute connaissance, expérience, invention, savoir-faire, méthode, conception d'outil, procédé, composant spécifique, plan, dessin, maquette, prototype, Logiciel, qu'ils soient ou non protégés ou protégeables par un droit de propriété intellectuelle et/ou industrielle.
- 1.19 « **Résultat Conjoint** » désigne tout Résultat dans lequel chacune des Parties peut documenter une contribution inventive d'au moins un de ses salariés et dont les caractéristiques sont telles qu'il n'est



pas possible de séparer la contribution inventive de chacune des Parties pour l'application ou l'obtention d'un droit de brevet ou autre droit de propriété intellectuelle pouvant protéger un tel Résultat.

- 1.20 « **Revenus Bruts de Licensing** »: signifie les revenus hors taxes effectivement payés par des tiers à Orange, générés par :
- a. des licences du Brevet, issus :
    - i. de contrats de licence du Brevet signés, et/ou
    - ii. d'une transaction au titre de la contrefaçon du Brevet, et/ou
    - iii. de dommages et intérêts accordés par une décision de justice définitive au titre de la contrefaçon du Brevet
  - et/ou
  - b. la cession du Brevet.

Afin d'éviter toute confusion, les Parties conviennent que les Revenus Bruts de Licensing excluent les revenus générés par l'exploitation du Brevet par Orange et par le groupe Orange et ses filiales.

- 1.21 « **Revenus Nets de Licensing** »: signifie les Revenus Bruts de Licensing:
- moins les frais externes de commercialisation du Brevet et
  - moins les frais et honoraires de procédure, d'avocats et d'experts.
- 1.22 « **Travail de Thèse** » désigne la thèse intitulée « Optimisation de l'efficacité énergétique d'un centre de données par une méthode d'Intelligence Artificielle. » et dont une description figure en annexe 1 du Contrat.
- 1.23 « **Utilisation** » ou « **Droit d'Utilisation** » désigne les droits de reproduire, tout ou partie, de façon permanente ou provisoire, par tout moyen et sous toute forme, de représenter, d'utiliser, ou, s'agissant d'un Logiciel, de l'exécuter sur une ou plusieurs machines, de corriger, de traduire, d'adapter, d'arranger, de modifier.

## ARTICLE 2 OBJET DU CONTRAT

- 2.1 Le Contrat a pour objet de définir les conditions et modalités dans lesquelles les ETABLISSEMENTS accueille et encadre le Doctorant dans le cadre de son Travail de Thèse. Cette intervention représente l'accompagnement scientifique du Doctorant dans le cadre de la réglementation de la formation doctorale (Arrêté du 25 mai 2016 fixant le cadre national de la formation et les modalités conduisant à la délivrance du diplôme national de doctorat).
- 2.2 La description de l'intervention des ETABLISSEMENTS figure en Article 5 du Contrat.

## ARTICLE 3 DOCUMENTS CONTRACTUELS

- 3.1 Les stipulations du Contrat expriment l'intégralité de l'accord conclu entre les Parties relatif à l'objet défini à l'article 2 du Contrat.
- 3.2 Elles prévalent sur toute proposition, échange de lettre antérieure à sa signature ainsi que sur toute autre disposition figurant dans des documents échangés entre les Parties et relatifs à l'objet du Contrat.

## ARTICLE 4 DUREE ET DATE D'EFFET DU CONTRAT

- 4.1 Le Contrat prend effet à compter du 21/10/2019 pour une durée de 36 mois sous réserve de la conclusion du contrat de travail entre le Doctorant et Orange. Il prendra donc fin le 20/10/2022.
- 4.2 Il est convenu entre les Parties que le Contrat ne pourra en aucun cas être prorogé.



## ARTICLE 5 DIRECTION DE THESE ET ACCOMPAGNEMENT DU DOCTORANT

- 5.1 Une description du Travail de Thèse figure en annexe 1 du Contrat. Il est expressément convenu entre les Parties que toute modification ou réorientation du Travail de Thèse devra être acceptée par écrit par chacune des Parties.
- 5.2 L'accompagnement du Doctorant par le Directeur de Thèse comprend les éléments suivants :
- fournir au Doctorant, lors des périodes de présence de celui-ci aux ETABLISSEMENTS, les moyens (documentation, calcul...) qui lui sont nécessaires pour mener à bien son Travail de Thèse ;
  - veiller à faire progresser les connaissances (scientifiques, techniques...) du Doctorant dans son domaine de recherche (transmission du savoir-faire et de l'expertise du Directeur de Thèse, formations, conférences...);
  - mettre en place un suivi régulier de la progression du travail du Doctorant (résultats, publications...) en collaboration avec l'Encadrant Technique désigné par Orange ;
  - débattre des orientations nouvelles à prendre au vu des Résultats déjà acquis et l'échéance du Travail de Thèse et faire valider les Résultats de recherche ;
  - examiner et valider les publications et le manuscrit du Travail de Thèse avant sa soutenance ;
  - organiser la composition du jury de thèse.
- 5.3 Le Contrat ne met pas à la charge des ETABLISSEMENTS d'obligations de produire des résultats de recherche.

## ARTICLE 6 ORGANISATION

### 6.1 Présence du Doctorant dans les locaux des Parties

- 6.1.1 Dès la conclusion du Contrat, les Parties s'engagent à accueillir, dans leurs locaux respectifs, le Doctorant afin de lui permettre d'acquérir une expérience professionnelle et de développer son Travail de Thèse.

*Pour Orange, les locaux seront situés à l'adresse suivante :*

Orange Labs  
2 avenue Pierre Marzin, 22307 Lannion

Pour les ETABLISSEMENTS, les locaux seront situés à l'adresse suivante:  
Laboratoire de Mathématique et Application, UMR 7348,  
Site du Futuroscope - Téléport 2,  
11 Boulevard Marie et Pierre Curie  
Bâtiment H3 - TSA 61125  
86073 POITIERS, Cedex 09

- 6.1.2 Il est convenu entre les parties que le Doctorant sera accueilli par les ETABLISSEMENTS à hauteur de 20% de son temps.

### 6.2 Directeur de Thèse

- 6.2.1 Le Doctorant prépare son doctorat sous la responsabilité du Directeur de Thèse.
- 6.2.2 Tout remplacement du Directeur de Thèse devra faire l'objet d'un accord préalable et écrit de la part d'Orange.



6.2.3 Le Directeur de Thèse s'engage à répondre au questionnaire de fin de thèse envoyé par l'ANRT dans le cas d'un Doctorant sous CIFRE.

### 6.3 Encadrant Technique d'Orange

Le Doctorant est placé sous la responsabilité de l'Encadrant Technique chez Orange.

### 6.4 Pouvoir hiérarchique et disciplinaire

6.4.1 Le Doctorant demeure en toutes circonstances sous l'autorité hiérarchique et disciplinaire de son employeur, Orange. Orange, en sa qualité d'employeur, conserve la gestion administrative, comptable et sociale du Doctorant. Le Doctorant, en sa qualité de salarié d'Orange, bénéficie de l'ensemble des droits et obligations des salariés d'Orange notamment l'attribution de congé.

6.4.2 Si la réalisation du Travail de Thèse et ou de l'encadrement par les ETABLISSEMENTS nécessitent la présence de l'une des Parties dans les locaux et les installations de l'autre Partie, les Parties doivent prendre les mesures nécessaires afin d'assurer le respect des règles d'hygiène et de sécurité applicables sur les lieux de leur intervention ainsi que de celles relatives à la sécurité des personnes et des biens de l'autre Partie.

6.4.3 L'accès aux locaux des Parties demeure sous l'autorisation de chacune des Parties selon les modalités définies par la Partie accueillante que l'autre Partie s'engage à faire appliquer par ses personnels.

## ARTICLE 7 MODALITÉS FINANCIÈRES

7.1 Les montants du Contrat sont, sauf disposition contraire, stipulés hors taxes. La TVA sera ajoutée aux prix indiqués au taux en vigueur le jour de la facturation.

7.2 Orange s'engage à verser au CNRS, une somme de **30 000€ HT** (soit trente mille euros hors taxes).

7.3 Ce montant représente la contrepartie de l'accueil et de l'encadrement du Doctorant, (y compris les frais d'organisation de la soutenance de thèse).

## ARTICLE 8 FACTURATION - PAIEMENT

### 8.1 Facturation

8.1.1 La facturation des sommes par le CNRS sera effectuée selon l'échéancier suivant :

- cinq mille (5.000) euros HT à la signature du contrat
- cinq mille (5.000) euros HT à T0 (date d'entrée en vigueur du contrat) + 12 mois,
- dix mille (10.000) euros HT à T0 + 24 mois,
- cinq mille (5.000) euros HT à T0 + 30 mois,
- cinq mille (10 000) euros HT à T0+ 36 mois

8.1.2 Pour être acceptée par Orange, chaque facture doit être accompagnée des éléments justificatifs nécessaires et doit indiquer, outre les mentions légales le n° inscrit sur le document « Commande sur Contrat Simple » qui sera transmis au CNRS séparément du Contrat.

8.1.3 Chaque facture sera envoyée à l'adresse suivante :

Orange CSPCF  
Comptabilité



TSA 28106  
76721 ROUEN cedex

## 8.2 Modalités de paiement

8.2.1 Les règlements seront effectués par virement sur un compte ouvert au nom de l'Agent comptable secondaire du CNRS Délégation Centre Limousin Poitou-Charentes, 3E avenue de la Recherche Scientifique, CS 10065, 45071 ORLEANS Cedex 2 :

Code banque :	10071.
Code guichet :	45000
N° de compte :	00001000035
Clé :	89
Domiciliation :	TP ORLEANS
N° TVA intracommunautaire :	FR 40 180 089 013

8.2.2 La date de paiement de chaque facture correspond au délai maximal de 60 jours calendaires comptabilisés à compter de la date d'établissement de la facture.

8.2.3 En cas de défaut de paiement d'Orange à la date d'exigibilité des factures, une majoration pour retard de paiement est automatiquement appliquée aux sommes restant dues sans qu'une mise en demeure soit nécessaire. Cette majoration est calculée par application du taux d'intérêt légal multiplié par trois sur le montant des sommes dues à compter du premier jour de retard. Le point de départ du calcul desdites pénalités sera le jour suivant la date d'exigibilité des factures. En sus de ce qui précède tout retard de paiement sera sanctionné de plein droit par l'octroi d'une indemnité forfaitaire pour frais de recouvrement d'un montant de quarante (40) euros fixé par l'article D441-5 du Code de commerce.

## ARTICLE 9 INFORMATIONS CONFIDENTIELLES

9.1 La Partie réceptrice s'engage pendant toute la durée du Contrat à ce que les Informations Confidentielles émanant de la Partie émettrice :

- soient protégées et gardées strictement confidentielles et soient traitées a minima avec le même degré de précaution et de protection qu'elle accorde à ses propres Informations Confidentielles,
- ne soient divulguées que de manière interne et aux seuls membres de son personnel ayant à en connaître et ne soient utilisées par ces derniers que dans le but défini par le Contrat. La Partie réceptrice déclare avoir pris ou s'engage à prendre les mesures nécessaires auprès de son personnel pour lui permettre de respecter les engagements pris au titre du présent article et notamment à faire connaître à ce personnel le caractère confidentiel de ces informations. La Partie réceptrice se porte garante de la bonne exécution de la présente obligation de confidentialité par ses dirigeants, ses représentants, ses salariés, ses sous-traitants et, plus généralement ses collaborateurs et ses préposés quels qu'ils soient,
- ne soient pas utilisées, totalement ou partiellement, à d'autres fins que la réalisation des obligations du Contrat, sans le consentement préalable et écrit de la Partie émettrice,
- ne soient ni divulguées ni susceptibles de l'être, soit directement soit indirectement, notamment par reproduction, à tout tiers ou à toutes personnes autres que celles mentionnées à l'alinéa (b) ci-dessus,
- ne soient ni copiées, ni reproduites, ni dupliquées totalement ou partiellement lorsque de telles copies, reproductions ou duplications n'ont pas été autorisées préalablement et de manière spécifique et écrite par la Partie émettrice.

9.2 Sous réserve des stipulations susmentionnées, la Partie réceptrice n'aura aucune obligation et ne sera soumise à aucune restriction eu égard à toutes Informations Confidentielles dont elle peut apporter la preuve :

- qu'elles sont entrées dans le domaine public préalablement à leur divulgation ou après celle-ci mais, dans ce cas, en l'absence de toute faute qui lui soit imputable ; ou
- qu'elles ont été reçues d'un tiers de manière licite, sans restrictions de divulgation ni violation du Contrat ; ou
- qu'elles ont été publiées sans contrevenir aux stipulations du Contrat ; ou





- d) qu'elles lui étaient déjà connues avant de les avoir reçues au titre du Contrat, cette connaissance pouvant être démontrée par l'existence de documents appropriés dans ses dossiers ; ou
  - e) que leur utilisation ou leur divulgation a été autorisée par écrit par la Partie émettrice.
- 9.3 Il est expressément convenu entre les Parties que la divulgation par la Partie émettrice des Informations Confidentielles au titre du Contrat ne peut en aucun cas être interprétée comme conférant de manière expresse à la Partie destinataire un droit quelconque (par licence ou par tout autre moyen) sur les connaissances brevetables ou non auxquelles se rapportent ces Informations Confidentielles. Il en est de même en ce qui concerne les droits d'auteur ou autres droits attachés à la propriété littéraire et artistique (logiciels, marques, secret des affaires, ...).
- 9.4 En cas de divulgation des Informations Confidentielles, chacune des Parties s'engage, d'une part, à en avertir promptement l'autre Partie et, d'autre part, à prendre immédiatement toutes mesures visant à faire cesser et à réprimer ladite divulgation.
- 9.5 Enfin, en cas de résiliation du Contrat ou à son terme, la Partie à qui seront transmises des Informations Confidentielles s'engage, sur simple demande de la Partie émettrice, à lui retourner et/ou à détruire tous les documents (y compris les copies) contenant ces Informations Confidentielles. La Partie émettrice se réserve le droit, par ailleurs, d'exiger de l'autre Partie un certificat attestant la destruction de l'ensemble desdits documents et de leurs éventuelles copies.
- 9.6 Les obligations de confidentialité de la Partie réceptrice expireront 3 ans après la fin du Contrat, excepté le cas de divulgation de Code Source, pour lesquelles lesdites obligations expireront 10 ans après la fin du Contrat.

## ARTICLE 10 PUBLICATIONS

- 10.1 Sous réserve des stipulations de l'article 9 du Contrat, toute publication externe ou communication externe d'informations, par l'une des Parties, relative au Contrat devra recevoir, pendant la durée du Contrat et dans l'année suivante, l'accord de l'autre Partie qui fera connaître sa décision dans un délai maximum de 2 mois à compter de la demande. Passé ce délai et faute de réponse, l'accord sera réputé acquis.
- 10.2 En conséquence, tout projet de publication ou de communication soumis par l'une des Parties à l'avis de l'autre Partie, autorisera cette dernière à demander la suppression ou la modification de certaines précisions dont la divulgation serait de nature à porter préjudice à la propriété intellectuelle ou à l'Exploitation dans de bonnes conditions, du Travail de Thèse. Toute demande de suppression ou de modification par une Partie dans un projet de publication ou communication doit être motivée par écrit par celle-ci.
- 10.3 Les éventuelles publications ou communications devront mentionner la collaboration entre les Parties.
- 10.4 Toutefois, les stipulations du présent Article 10 ne pourront pas faire obstacle :
- à l'obligation qui incombe aux Parties de produire un rapport d'activité à l'organisme dont elle(s) relève(nt) et à l'ANRT; et
  - à la soutenance de thèse des chercheurs dont l'activité scientifique est en relation avec le Contrat, étant entendu que dans un tel cas les Parties se concerteront afin d'arrêter les mesures propres à éviter une divulgation de Résultats pouvant porter préjudice à la propriété intellectuelle ou aux intérêts stratégiques des Parties ; en particulier, les Parties pourront demander au Chef d'établissement concerné à ce qu'il soit dérogé au principe de soutenance publique en conformité avec les dispositions de l'article 19 de l'Arrêté du 25 mai 2016 fixant le cadre national de la formation et les modalités conduisant à la délivrance du diplôme national de doctorat.



## ARTICLE 11 PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

### 11.1 Propriété des Connaissances Propres et des Résultats

#### 11.1.1 Propriété des Connaissances Propres

Il est expressément convenu entre les Parties que chacune d'elles conservera la propriété totale de ses Connaissances Propres. Aucune stipulation ne pourra être interprétée comme opérant le moindre transfert de propriété.

#### 11.1.2 Propriété des Résultats générés par le personnel d'Orange

Il est expressément convenu entre les Parties que tous les Résultats générés par le personnel d'Orange, y compris par le Doctorant, incluant le Travail de Thèse, seront la propriété exclusive et entière d'Orange, son employeur.

#### 11.1.3 Propriété des Résultats générés par le personnel des ETABLISSEMENTS

En ce qui concerne les Résultats qui pourraient être générés par le personnel des ETABLISSEMENTS, ils seront la propriété exclusive et entière des ETABLISSEMENTS.

#### 11.1.4 Propriété des Résultats Conjoints

11.1.4.1 Dans le cas d'une Co-invention, les Parties devront se communiquer par tous moyens écrits les éléments de leur contribution inventive afin d'établir qu'il y a effectivement Co-invention et faire signer à leurs inventeurs respectifs une déclaration d'invention conjointe.

11.1.4.2 Pour chaque Co-invention :

11.1.4.2.1 Les ETABLISSEMENTS s'engagent à céder à Orange sa quote-part sur tous les droits portant sur les Co-inventions dès qu'Orange en fait la demande :

- a. En contrepartie de cette cession, formalisée par un contrat de cession signé entre les Parties, Orange s'engage à verser aux ETABLISSEMENTS une somme forfaitaire, libératoire et globale de 5000 euros (cinq mille euros) hors taxes par Co-invention.
- b. Les Parties conviennent que le dépôt de la Première Demande de Brevet sera effectué aux noms conjoints d'Orange et des ETABLISSEMENTS et aux frais d'Orange sous réserve de l'article 11.1.6, et à condition que les ETABLISSEMENTS aient signé l'acte de cession de sa quote-part de la dite Première Demande de Brevet.
- c. Les ETABLISSEMENTS s'engagent à fournir, sur simple requête d'Orange, toutes pièces et signatures qui seraient nécessaires, incluant la signature, la reconnaissance et l'enregistrement de transferts spécifiques, attestations, déclarations et autres documents pour qu'Orange puisse pleinement jouir des droits attachés à la cession pays par pays

11.1.4.2.2 Dans le cas où Orange indique aux ETABLISSEMENTS qu'il ne souhaite pas acquérir la quote-part des ETABLISSEMENTS sur les droits portant sur la Co-invention, les Parties se concerteront pour décider d'un commun accord de la façon dont elles souhaitent traiter ce Résultat Conjoint.

#### 11.1.5 Contribution exceptionnelle d'Orange

11.1.5.1 Dans le cas où Orange encaisse des Revenus Nets de Licensing du Brevet, Orange s'engage à verser aux ETABLISSEMENTS, en complément du montant de la cession visé au 11.1.4.2.1, une contribution exceptionnelle correspondant à 10% (dix pour cent) des Revenus Nets de Licensing encaissés par Orange pour ledit Brevet tant qu'Orange sera propriétaire du Brevet (ci-après la « **Contribution Exceptionnelle** »). Le montant de la Contribution Exceptionnelle, ne saurait excéder 100.000 euros hors taxes (cent mille euros hors taxes) par Brevet (ci-après le « **Plafond** »).



11.1.5.2 Pour chaque Brevet, Orange s'engage à payer la Contribution Exceptionnelle aux ETABLISSEMENTS en deux temps comme suit :

11.1.5.2.1 Paiement Initial

Au plus tard dans un délai de 12 (douze) mois à compter du 31 décembre de l'année au cours de laquelle Orange encaisse plus de 500.000 euros (cinq cent mille euros) de Revenus Nets de Licensing du Brevet, Orange enverra un rapport aux ETABLISSEMENTS mentionnant une Contribution Exceptionnelle de 50.000 euros (cinquante mille euros) hors taxes.

11.1.5.2.2 Paiement complémentaire

Au plus tard dans un délai de 12 (douze) mois à compter du 31 décembre de l'année à compter du premier de ces événements entre : la date de l'expiration du Brevet, la date de l'annulation du Brevet, et la date de cession du Brevet, Orange enverra un rapport aux ETABLISSEMENTS mentionnant le solde de la Contribution Exceptionnelle telle que définie à l'article 11.1.5.1.

11.1.5.2.3 Conditions de paiement

A compter de la date d'émission des factures correspondantes par les ÉTABLISSEMENTS, ces derniers s'engagent à les faire parvenir sans délai à Orange.

Tout paiement de Contribution Exceptionnelle sera réalisé en euros dans un délai de 60 (soixante) jours à compter de la date d'émission de la facture correspondante par les ÉTABLISSEMENTS.

Les Parties préciseront les points de contact et références bancaires dans le contrat de cession de la quote-part visé à l'article 11.1.5.2.1.

11.1.5.3 Orange ne prend aucun engagement, ni ne donne aucune garantie explicite ou implicite aux Etablissements au titre de ce Contrat concernant :

- la délivrance, la portée, l'étendue, la validité du Brevet ; ou
- le suivi des procédures ou l'entretien du Brevet; ou
- le montage et/ou le succès d'un programme de valorisation relatif à ce Brevet.

11.1.6 Chaque Partie fait son affaire de la rémunération de ses inventeurs.

11.2 Exploitation des Connaissances Propres et des Résultats

11.2.1 En cas d'Exploitation des Résultats et si Orange en exprime le besoin, Orange bénéficiera, sous réserve du droit des tiers, d'une licence d'Exploitation des Connaissances Propres des ETABLISSEMENTS, Nécessaires à l'Exploitation par Orange ou par l'une de ses Filiales des Résultats et du Travail de Thèse, et identifiées à l'annexe 2 du Contrat, aux conditions financières définies dans ladite annexe. Une telle licence comportera également pour Orange le Droit de Sous-Traiter et le droit de sous-licencier ces mêmes droits à ses Filiales.

A défaut pour les ETABLISSEMENTS d'avoir informé Orange par écrit, dans l'annexe 2 du Contrat, de l'existence de telles Connaissances Propres et des conditions financières d'une telle licence d'Exploitation, cette licence d'Exploitation sera incluse dans les conditions financières définies à l'Article 7 du Contrat.

Toutefois, dès lors que les ETABLISSEMENTS feraient valoir une Connaissance Propre non identifiée à la date de signature du Contrat:

- (i) parce que non existante à la signature du Contrat, ou
- (ii) en raison d'une évolution substantielle du Travail de Thèse décidée d'un commun accord entre les Parties,

Les ETABLISSEMENTS devront préciser, au plus tard avant la fin du Contrat, les conditions financières liées à l'Exploitation de cette nouvelle Connaissance Propre. A ce titre, les Parties négocieront alors de bonne foi à des conditions raisonnables et non discriminatoires les conditions notamment financières du contrat de licence d'Exploitation, Une telle licence comportera également pour Orange le Droit de Sous-Traiter et le droit de sous-licencier ces mêmes droits à ses Filiales.



- 11.2.2 Les ETABLISSEMENTS bénéficieront d'une licence gratuite d'Utilisation pour ses besoins de recherche interne des Résultats générés par le Doctorant à l'occasion de ce Travail de Thèse, à l'exclusion de toute exploitation commerciale.
- 11.2.3 Les ETABLISSEMENTS garantissent que les personnes appelées à travailler directement ou indirectement dans le cadre du Contrat ne bénéficient pas, dans le contrat les liant aux Etablissements, de dispositions leur permettant de faire échec aux stipulations de l'Article 11 du Contrat. Il est convenu que les ETABLISSEMENTS feront son affaire d'obtenir les accords nécessaires auprès des personnels concernés et/ou de leur commettant pour la mise en œuvre des stipulations de l'Article 11 du Contrat.

## ARTICLE 12 RESPONSABILITÉ

- 12.1 La responsabilité d'Orange et des ETABLISSEMENTS est limitée aux seuls dommages directs que subirait l'une des Parties du fait de la présence du Doctorant dans ses locaux à l'exclusion de tout dommage ou préjudice indirect tel que, et ce sans que cette énumération soit limitative, les pertes d'exploitation, les pertes de données, la perte de chiffre d'affaires, de profit, de clientèle ou d'économies escomptées, l'atteinte à l'image et le manque à gagner.

## ARTICLE 13 FIN DES RELATIONS CONTRACTUELLES

### 13.1 Résiliation pour faute

En cas de non-respect par l'une des Parties de l'une quelconque de ses obligations contractuelles, le Contrat pourra être résilié de plein droit par l'autre Partie 30 jours après l'envoi d'une mise en demeure identifiant les manquements constatés par lettre recommandée avec avis de réception, demeurée infructueuse, sans aucune autre formalité et ce sans préjudice de tous dommages intérêts auxquels la Partie lésée pourrait prétendre.

### 13.2 Résiliation pour convenance

Le Contrat peut être résilié à tout moment pour convenance moyennant l'accord des Parties. Dans ce cadre, les Parties établiront un avenant afin de définir les conditions de la résiliation.

### 13.3 Caducité du Contrat en cas de rupture du contrat de travail du Doctorant

- 13.3.1 Le Contrat étant lié notamment au contrat de travail entre Orange et le Doctorant, il est convenu qu'en cas de rupture du contrat de travail (notamment pour abandon de thèse) avant son échéance, le Contrat deviendra aussitôt caduc en application des articles 1186 et suivants du Code civil. Orange s'engage dans ce cas, à informer les ETABLISSEMENTS de la situation le plus tôt possible.
- 13.3.2 Aucune indemnité ou pénalité ne sera due de part et d'autre du fait de cette fin du Contrat.
- 13.3.3 Les Parties détermineront d'un commun accord les conditions accompagnant cette fin du Contrat.

### 13.4 Conséquences de la fin des relations contractuelles

La cessation des relations contractuelles, quel qu'en soit la cause, ne met pas fins aux obligations relatives à la confidentialité et à la propriété intellectuelle ainsi qu'à tous autres droits et obligations qui de par leur nature se prolongeraient après la résiliation ou l'expiration du Contrat.

## ARTICLE 14 FORCE MAJEURE

- 14.1 En cas de force majeure telle que définie par l'article 1218 du Code civil rendant impossible l'exécution par l'une ou l'autre des Parties des obligations mises à sa charge par le Contrat, les obligations



respectives des Parties seront tout d'abord suspendues pendant toute la durée de son existence. La Partie qui, du fait de la survenance d'un cas de force majeure ne sera pas en mesure d'exécuter ses obligations ou d'exercer ses droits, notifiera à l'autre Partie aussi rapidement que possible la cause, la nature, la durée et les effets prévisibles de cet événement.

- 14.2 Si cette suspension devait durer plus de 30 jours, le Contrat pourra être résilié de plein droit sur l'initiative de l'une ou l'autre des Parties moyennant l'envoi d'un courrier adressé en recommandé avec accusé de réception, sans qu'aucune indemnité ou pénalité, à ce titre, ne soit due de part et d'autre.
- 14.3 En tout état de cause, en cas de survenance d'un tel événement, les Parties s'efforceront de bonne foi de prendre toutes mesures raisonnablement possibles en vue de poursuivre l'exécution du Contrat.

## ARTICLE 15 CONFORMITÉ

- 15.1 Le développement d'Orange et des ETABLISSEMENTS est fondé sur un ensemble de valeurs et de principes tels que figurant pour Orange dans sa Charte Déontologique et sa Politique Anticorruption du groupe Orange disponible sur le site [www.orange.com](http://www.orange.com) et pour les ETABLISSEMENTS, dans les documents ayant une visée et une portée analogues qui sont consultables publiquement sur les ressources ou site webs des ETABLISSEMENTS.

Ces textes traduisent l'engagement des Parties à respecter l'ensemble des dispositions légales et réglementaires nationales, européennes et internationales qui leurs sont applicables dans la conduite de leurs activités incluant notamment la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme, les normes de l'Organisation Internationale du Travail, les directives de l'OCDE (notamment celles qui concernent la lutte contre la corruption), le « US Foreign Corrupt Practices Act », le « UK Bribery Act », Sapin 2 et le Code pénal français relatif aux crimes et délits financiers et économiques, ainsi également que les règles relatives aux sanctions économiques internationales (embargos) pouvant être mises en œuvre, en application du chapitre VII de la charte des Nations Unies, par l'Union Européenne (notamment DGT et OFSI), les autorités et lois américaines (y compris OFAC), les autorités et les lois françaises, ou ne pas être inscrit sur des listes notamment la « Consolidated Travel Ban and Assets Freeze List » publiée par le Comité de sanctions des Nations Unies, la « Specially Designated Nationals and Blocked Persons list » conservée par l'OFAC, la « Asset Freeze Target List » conservée le Ministère des Finances du Royaume-Uni et la liste consolidée des personnes et entités soumises à des sanctions financières européennes (ci-après les « Règles »).

- 15.2 En cas de modification du cadre législatif et réglementaire ainsi que de décisions de justice qui auraient pour conséquence la violation par l'une des Parties des Règles, les Parties s'engagent à introduire sans délai les adaptations nécessaires au Contrat pour y remédier.
- 15.3 Les Parties s'engagent pour leur compte, et à obtenir de leurs actionnaires, dirigeants, mandataires sociaux, employés, affiliés, sous-traitants et leurs représentants respectifs qu'ils s'engagent :
- à avoir mis en œuvre les moyens direct et indirect appropriés à la mise en œuvre effective et au maintien d'un programme de compliance afin de garantir le respect des Règles.
  - à ce que
    - (i) chacune des personnes visées à l'article 15.3 et qui interviendront de façon directe ou indirecte de quelque façon que ce soit dans l'exécution du Contrat et
    - (ii) l'ensemble des moyens directs ou indirects, techniques, financiers et opérationnels qui auront été mis en œuvre par les Parties pour cette exécution,respectent les Règles.
- 15.4 Afin de garantir le respect des Règles pendant toute la durée du Contrat, les Parties s'engagent d'une part à faire droit à tout moment aux demandes de l'une des Parties tendant à obtenir de l'autre Partie l'ensemble des éléments justifiant de sa conformité aux Règles et d'autre part à informer l'autre Partie sans délai de tout manquement aux Règles commis par elle ou l'une quelconque des personnes visées à l'article 15.3 dont elle aurait connaissance, ainsi que des mesures correctives mises en place pour se conformer aux Règles.



- 15.5 En cas de non-respect par l'une des Parties des Règles et des engagements visés supra l'autre Partie est en droit de résilier tout ou partie du Contrat avec effet immédiat et ce, notwithstanding tous dommages intérêts qui pourraient être imputés à la Partie à l'origine du manquement, dans le cas où la Partie à l'origine du manquement n'a pas remédié audit manquement dans un délai de 30 jours à compter de la réception d'une notification aux fins de se conformer aux Règles et ayant pour conséquence une impossibilité pour l'autre Partie d'exécuter le Contrat.

## ARTICLE 16 STIPULATIONS GÉNÉRALES

### 16.1 Interprétation des titres

En cas de difficulté d'interprétation entre l'un quelconque des titres figurant en tête des clauses du Contrat et les stipulations qu'elles contiennent, les titres seront déclarés inexistantes.

### 16.2 Nature du Contrat

16.2.1 Le Contrat ne crée ni ne vaut intention des Parties de créer entre elles une société ou une entité juridique quelconque, l'affectio societatis étant formellement exclu.

16.2.2 Le Contrat ne crée aucun droit pour l'une des Parties de représenter l'autre ou d'agir en qualité de mandataire de l'autre Partie à quelque titre que ce soit.

16.2.3 Aucune stipulation du Contrat ne crée ou ne reconnaît une responsabilité conjointe ou solidaire des Parties envers les tiers.

### 16.3 Autonomie des clauses contractuelles

Si l'une quelconque des stipulations du Contrat était déclarée nulle à la suite d'une décision de justice ou devait être modifiée par suite d'une décision d'une autorité nationale ou communautaire, les Parties s'efforceront de bonne foi d'en adapter les conditions d'exécution, étant entendu que cette nullité n'affectera pas les autres stipulations du Contrat.

### 16.4 Non renonciation

Le fait pour l'une des Parties de ne pas se prévaloir d'un manquement par l'autre Partie à l'une quelconque des obligations visées au Contrat ne saurait être interprété pour l'avenir comme une renonciation à l'obligation en cause.

### 16.5 Cession du Contrat

16.5.1 Les Parties déclarent que le Contrat est conclu « intuitu personae ». En conséquence, aucune Partie n'est autorisée à transférer à un tiers tout ou partie des droits et obligations qui en découlent pour elle, sous quelque forme que ce soit et sous quelque modalité que ce soit et notamment sans que cela soit limitatif, par voie de fusion, scission, apport partiel d'actifs, location gérance, sans l'accord préalable et écrit de l'autre Partie.

16.5.2 Toutefois, Orange demeurera libre de céder tout ou partie des droits et obligations du Contrat à l'une quelconque de ses Filiales à la condition d'en informer par écrit et préalablement le Laboratoire.

### 16.6 Modification du Contrat

Toutes modifications qu'il s'avérerait nécessaire d'apporter feront l'objet d'un avenant.



16.7 Domiciliation

16.7.1 Pour l'exécution du Contrat, les Parties font élection de domicile aux adresses indiquées en en-tête des présentes.

16.7.2 Tout changement de domicile par l'une des Parties ne sera opposable à l'autre qu'à l'expiration d'un délai de quinze jours à compter de la réception de la notification qui en aura été faite par lettre recommandée avec accusé de réception.

16.8 Loi applicable – juridiction compétente

16.8.1 Le Contrat est régi par la loi française.

16.8.2 Dès survenance d'un quelconque différend concernant la conclusion, l'interprétation ou l'exécution du Contrat, les Parties s'engagent à tenter de le résoudre amiablement. En cas de litige insoluble à l'amiable, les litiges seront portés devant les tribunaux compétents.

\*\*\*\*\*

**Fait en deux exemplaires originaux signés et paraphés**

**Pour Orange**

A Châtillon, le 09/07/2020

Nicolas DEMASSIEUX  
Directeur Orange Labs Recherche

**ORANGE**  
Technology & Global Innovation  
Orange Labs Research  
44, avenue de la République  
CS 50010  
92326 CHATILLON Cedex - France

**Pour les ETABLISSEMENTS**

A Poitiers, le 21 JUIL. 2020

Ludovic HAMON  
Délégué Régional du CNRS

**Pour le Président-Directeur Général du CNRS  
le responsable par intérim  
du Service du Partenariat et Valorisation  
Limousin-Poitou-Charentes  
Cédric LEBAILLY**

## ANNEXE 1

### TRAVAIL DE THESE

#### Description des travaux à effectuer par le Doctorant lors du Travail de Thèse

Sujet de la thèse (Titre) : « Optimisation de l'efficacité énergétique d'un centre de données par une méthode d'Intelligence Artificielle. »

#### Contexte – Etat de l'art

L'évolution des architectures permettant de fournir les services des technologies de l'information (IT en anglais) et des télécommunications est en pleine mutation. D'une part l'évolution du cloud, des NFV, de l'IOT [1], la découverte et l'évolution des potentiels du big data induisent une croissance importante des architectures (explosion du stockage notamment mais également des ressources pour y accéder dans des délais acceptables), d'autre part la consommation énergétique inhérente à cette révolution IT/télécom doit nécessairement être maîtrisée tant pour les aspects écologiques qu'économiques [2].

Au niveau de l'infrastructure et de l'environnement technique, d'importantes initiatives ont ainsi été lancées pour améliorer l'efficacité énergétique des chaînes d'alimentation en énergie, des solutions de refroidissement des salles ou équipements (du free cooling [3] au liquid cooling [4]). Nombreuses d'entre elles sont encore au stade d'études mais pourront être déployées dans un futur proche ; le directeur énergie France annonçait il y a peu de temps que 80% des leviers d'économie pour les salles proviendraient de l'optimisation du cooling (pour les datacenters et salles telecoms).

Des économies importantes pourraient également être obtenues, sans investissement, si l'on disposait de système d'adaptation dynamique du cooling en fonction de la réalité de la salle (charge dissipée), de l'enveloppe du bâtiment (inertie) et des données météorologiques.

Au niveau matériel, les fabricants, conscients des enjeux, fournissent de génération en génération, des équipements (serveur, switch, SAN...) dotés de nouvelles fonctionnalités (Sleep mode, Power capping [5-6], DVFS, proportional computing) permettant de gérer au mieux leurs consommations énergétiques. Par ailleurs, la réduction de la finesse de gravure des processeurs conduit à des composants dont le service rendu par watt consommé croît au fil des générations.

Une pression institutionnelle (notamment au niveau européen) pousse les constructeurs à mettre en exergue l'efficacité énergétique des serveurs, permettant ainsi aux hébergeurs de pouvoir effectuer un choix plus rationnel.

Enfin, au niveau logiciel, l'essor de la virtualisation (et du cloud) permet également d'exploiter plus intelligemment les serveurs physiques au consolidant les applications (via les machines virtuelles) sur un même serveur. L'impact énergétique reste toutefois à quantifier

Toutes ces actions décorrélées visent à l'amélioration du monde ITN mais manquent pourtant d'une orchestration avancée qui permettrait d'effectuer une optimisation dynamique globale des datacenters.

Orange doit donc poursuivre ses travaux de recherche pour optimiser ses propres centres ITN (datacenter, NGPoP, NGCO).

En effet, l'évolution des réseaux va impliquer la construction de nouveaux sites, y compris de datacenters de proximité (Edge datacenters).

Le nombre de leviers à optimiser conjointement est colossal :

- Optimisation dynamique des systèmes de refroidissements, de façon plus granulaire en tenant compte de la charge réelle, de la position des machines, des conditions climatiques.
- Choix des machines à consolider via les VM,
- Position de ces machines dans la salle,
- Charge CPU atteinte, charge CPU optimale pour une machine donnée
- température optimale de la salle compte tenu de la charge à un instant, de la température extérieure.

Cette complexité rend illusoire toute tentative de développement d'un algorithme global de régulation.

Si l'on se concentre tout d'abord sur les systèmes de refroidissement. On a pour l'instant au mieux, une régulation ajustée à l'échelle de la salle, sans anticipation des conditions climatiques. Ces limitations font qu'une singularité (une baie de très forte dissipation) très localisée peut entraîner un sur-refroidissement de l'ensemble de la salle (voire du bâtiment), et donc un gaspillage énergétique important.





Pour résoudre ce problème, il est nécessaire de modifier la méthodologie de refroidissement en usage en permettant pour l'air cooling, via des dalles à ouvertures commandées par exemple, de concentrer la distribution de froid uniquement où le besoin se trouve. Cette nécessité d'optimiser localement s'applique aussi au liquid cooling.

Si d'un point de vue matériel, cette amélioration relève de l'ingénierie, le pilotage optimisé du refroidissement localisé ne peut être effectué par les systèmes actuels, en raison d'un trop grand nombre d'actuateurs à commander et de données à recueillir et analyser (il peut s'agir de mesures physiques ou embarquées). Par ailleurs, construire des lois de commande à partir des équations de la physique n'est pas envisageable, en raison de la complexité des systèmes d'équations (non linéaires) et du nombre de mailles qu'impliquent les échelles de la mécanique des fluides.

La littérature ne présente pas de solution satisfaisante de ce problème, qui reste donc à investiguer. Par contre, l'intelligence artificielle a été utilisée pour des prédictions de besoins en chauffage ou refroidissement dans le bâtiment résidentiel. Dans [7], les auteurs se penchent sur les modèles dynamiques de prédictions des besoins en énergie (chauffage/refroidissement). Ils rappellent que les méthodes physiques classiques nécessitent des temps de calculs gigantesques, une connaissance des caractéristiques physiques précises de l'ensemble du système, données qui font souvent défaut. A contrario, ils démontrent l'efficacité pour la résolution du problème de méthode AI reposant sur des régressions linéaires multiples, des réseaux de neurones ou des machines à vecteur de support, ou encore des modèles hybrides employant ces 3 méthodes.

Dans [8], les auteurs, prédisent de façon satisfaisante et en mode dynamique, les besoins en refroidissement de bâtiments. Ils emploient les transformées en ondelettes, les machines à vecteur de support et des régressions aux moindres carrés partielles.

Dans [9], les résultats satisfaisants de l'optimisation d'un système de climatisation par un modèle d'AI basé sur des réseaux de neurones et l'analyse d'un grand nombre de données, sont démontrés. Les auteurs rappellent que « résoudre les modèles physiques passe par des processus itératifs qui entraînent souvent des instabilités et des divergences associés à des coûts de calculs et de mémoires importants ». L'utilisation de l'intelligence artificielle pour la résolution d'un tel problème donc une méthodologie à même d'aboutir à une solution et ainsi d'optimiser des sites télécoms et des datacenters existants et futurs.

Cette thèse ambitieuse vise principalement à développer des solutions d'optimisation du refroidissement afin d'adresser les sites existants (télécoms et datacenters) et les nouveaux sites (NGPoP, etc.). Il s'agit ici de réduire la consommation du poste refroidissement en fournissant aux machines des débits de fluides (eau ou air) dépendant de leur besoins dynamiques, ce qui n'est pas du tout réalisé à l'heure actuelle.

Si l'avancée des travaux le permet, cette étude pourra aussi fournir aux orchestrateurs, des informations sur les machines pouvant être consolidées, à partir de considérations énergétiques (distance par rapport à la capacité de cooling maximale de la salle, consommation des machines fournies par les mesures embarquées).

Afin d'assurer une transition efficace recherche>anticipation> delivery, l'accent sera porté sur les facilités de mise en œuvre de la solution. Par ailleurs, compte tenu de la complexité des environnements réels et des écarts qui peuvent être observés entre simulation et expérience, les solutions seront testées (Proof Of Concept) sur le prochain OpenGreenLab de l'entité GDM/ICE (datacenter de petite taille, qui constituera une vitrine des nouvelles solutions d'optimisation de l'environnement technique).

Le sujet s'inscrit pleinement dans la politique de développement durable d'Orange. Par ailleurs, des rapports d'experts montrent qu'à l'horizon 2020, les «datacenters» américains rejeteront autant de CO2 que les avions. Des contraintes risquent d'être imposées à terme aux opérateurs afin qu'ils réduisent leur consommation électrique. La consommation des datacenters pourrait donc devenir à terme un facteur de différenciation entre opérateurs. Cette thèse s'inscrit dans le projet de recherche Celtic IA4Green lancé en 2019.

## **Objectif – Verrous**

L'objectif de cette thèse consistera à développer des algorithmes d'optimisation dynamique et localisé du cooling basé sur l'intelligence artificielle. Elle permettra d'aboutir à une meilleure efficacité énergétique grâce à un refroidissement adapté à la charge réelle des machines, aux conditions climatiques. Grâce aux informations fournies par cette solution, l'allumage/extinction des machines pourrait s'effectuer sur des considérations énergétiques, et venir fournir à l'orchestrateur des informations clés pour la consolidation des serveurs.

Les défis et verrous à relever sont :

- Quantifier le niveau de complexité du problème afin d'établir la/les solutions d'intelligence artificielle les plus adaptées (système déterministe, machine learning, deep learning à l'aide de réseaux neuronaux)



- Sur la base des modèles déjà développés (modèles de serveurs, de thermiques du bâtiment, de modélisation des systèmes de refroidissement, etc.), simuler le fonctionnement des solutions d'IA développés.
- Les mettre en œuvre à une échelle réduite mais réaliste (OpenGreenLab)
- Être capable de généraliser la solution à des sites de taille supérieure.

### Approche méthodologique – Planning

Dans un premier temps une bibliographie sera effectuée afin de dresser un état de l'art suffisant pour orienter les travaux de recherche. Elle portera notamment sur les composants électroniques, les équipements IT Telecom, l'environnement technique des sites ICT, les solutions de refroidissement et solutions de contrôles du refroidissement classiques basées sur des lois physiques (white box). Les méthodes de modélisation (puissance consommée par les serveurs en fonction du service rendu, solutions de refroidissement), etc. Une recherche bibliographique d'envergure sera également menée sur les méthodes d'intelligence artificielle.

La solution d'AI sera développée et simulée afin d'optimiser le refroidissement en fonction des dissipations/consommations énergétiques réelles des machines

Les grandeurs d'importance (cooling, température, énergie globale consommée, présence de sources renouvelables à valoriser) seront ajoutées étape par étape, afin d'enrichir la solution globale. Les grandeurs à considérer pour l'optimisation seront sélectionnées par le biais d'une étude de sensibilité.

En fin de thèse, une expérimentation réelle devra avoir été réalisée et validée afin de garantir une industrialisation du procédé.

T0+ 3 mois : Bibliographie

T0+ 6 mois : Livrable sur présentant une description théorique d'une méthode d'intelligence artificielle adaptée à la problématique, ainsi que les grandeurs/actions à considérer après étude de sensibilité.

T0+ 12 mois : Première version de l'outil permettant d'optimiser l'optimisation du cooling par le biais d'une adaptation spatiale et temporelle basée sur des températures locales (mesures physiques ou embarquées), des dissipations locales.

T0+ 18 mois : Evolution de la solution d'intelligence artificielle afin de prendre en compte l'inertie thermique de la structure, et des conditions extérieures.

T0 + 24 mois : Extension des possibilités de l'outil à la prise en compte de la totalité des grandeurs/actions identifiées précédemment

T0 : 30 mois : Finalisation de l'outil et Proof of Concept

### Références

[1] Cloud et IoT vont exploser le trafic des datacenters en 2019, <http://www.silicon.fr/cloud-traffic-datacenters-cisco-2019-130474.html>

[2] Cop21 : comment limiter l'appétit en énergie de l'IT ? , <http://www.silicon.fr/cop21-limiter-energie-it-129688.html>

[3] S. Le Masson, D. Nörtershäuser "Complex Wall for Indirect Freecooling in Datacentres"  
IEEE Intelec 978-1-4673-1000-0/12/\$31.00 ©2012 IEEE

[4] F. Douchet, D. Nörtershäuser, S. Le Masson, P. Glouannec "Experimental and numerical study of water-cooled Datacom equipment" Applied Thermal Engineering 84 (2015)

[5] Power capping yields savings and floor space, <http://www.infoworld.com/article/2631095/processors/power-capping-yields-savings-and-floor-space.html>

[6] Examining Intel's New Speed Shift Tech on Skylake: More Responsive Processors  
<http://www.anandtech.com/show/9751/examining-intel-skylake-speed-shift-more-responsive-processors>

[7] Z.Wang, R. S. Srivinasan, "A review of artificial intelligence based building energy use prediction" Renewable and Sustainable Energy Reviews 75 (2017) 796–808

[8] J. Zhao & X. Liu, A hybrid method of dynamic cooling and heating load forecasting for office buildings based on artificial intelligence and regression analysis

[9] Xiaofei He, Zijun Zhang, Andrew Kusiak, Performance optimization of HVAC systems with computational intelligence algorithms, Energy and Buildings 81 (2014) 371–380



## ANNEXE 2

### ENCADREMENT DE LA RECHERCHE PAR LE LABORATOIRE D'ACCUEIL

A compléter par les ETABLISSEMENTS avant signature du Contrat

#### **2.1 Temps d'encadrement en jours/mois :**

Le volume d'encadrement individuel du Doctorant par l'encadrant universitaire est évalué à 2 jours par mois.

#### **2.2 (éventuellement) moyens mis en œuvre :**

Pour le Laboratoire, encadrement du doctorant par l'encadrement universitaire et accueil du doctorant dans les locaux à raison de 20% de son temps de travail

#### **2.3 (le cas échéant) Connaissances Propres des ETABLISSEMENTS Nécessaires à l'Exploitation du Travail de Thèse et des Résultats :**

#### **2.4 (le cas échéant) contrepartie à payer par Orange en cas d'Exploitation et/ou de concession à ses Filiales des Connaissances Propres :**

