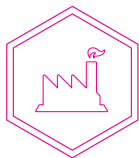




— LA SIMULATION NUMÉRIQUE —

TENDANCE MÉTIERS DANS L'INDUSTRIE



Outil d'aide à la décision en matière de conception industrielle, la simulation numérique bénéficie d'un nouvel élan du fait de l'arrivée sur le marché d'ordinateurs superpuissants qui permettent des calculs plus intensifs et plus rapides. Dans le monde industriel comme dans les ESN ou chez les éditeurs, la simulation numérique mobilise des expertises croisées que ce soit en informatique scientifique et industrielle, en mathématiques appliquées ou en physique. Cette dernière compétence s'avère essentielle pour pouvoir simuler différents types de phénomènes et tester, par exemple, la résistance de certains matériaux face à différentes contraintes (phénomènes d'usure, de force, de pression...). Signe de besoins qui vont en augmentant, les offres d'emploi diffusées par l'Apec sur le champ de la simulation numérique dans l'industrie ont été multipliées par 1,3 entre 2016 et 2017.



Avec le concours
du Programme d'Investissements d'Avenir



CAMPUS
D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE FORMATION PROFESSIONNELLE



—LES ENJEUX—

La simulation numérique propose une version allégée et virtuelle des tests et des essais physiques classiques. Le procédé consiste en l'exécution d'un programme informatique qui simule un phénomène physique ou un scénario (une chute, un écoulement) sur un prototype virtuel. Grâce à la résolution d'équations, la simulation numérique permet de mesurer l'impact de phénomènes comme s'ils s'étaient réellement déroulés, et ce sans générer de pertes matérielles. La simulation numérique intervient soit en amont de la construction de prototypes réels, soit en aval. Dans le premier cas, elle contribue à accélérer les phases de conception et de R&D de produits ou de solutions en développement. Dans le second, cette technologie est mobilisée pour optimiser des produits déjà existants. Dans tous les cas, elle représente un outil d'aide à la décision et un enjeu concurrentiel en matière de compétitivité.

— DES DOMAINES APPLICATIFS NOMBREUX —

Dans le champ industriel, l'usage le plus connu du grand public est probablement celui des crash-tests de voiture, mais la simulation numérique est aussi utilisée par les entreprises de l'aéronautique, de l'énergie, de la défense... Moins coûteuse techniquement parlant, la simulation numérique permet aux industriels de gagner du temps (rétrécissant les boucles de rétro-conception lorsque le test n'est pas concluant par exemple). Le marché de la simulation numérique s'étend au-delà de la sphère industrielle et même de celle du bâtiment, puisqu'il est gouverné en amont par d'importants éditeurs de logiciels comme HP, IBM, Dell qui conçoivent les supercalculateurs utilisés pour cette technologie. En France, ce marché est aussi porté par Bull et par de petites structures comme Silkan ou Esi.

— UNE TECHNOLOGIE QUI NE CESSE DE SE DÉVELOPPER —

Même si elle est introduite dans le domaine industriel et du bâtiment depuis plusieurs dizaines d'années déjà, la simulation numérique n'est pas encore une technologie totalement aboutie. Le principal enjeu pour les industriels se joue au niveau des éditeurs de

logiciel. Il concerne leur faculté à concevoir des logiciels qui permettraient de tester simultanément différents phénomènes. Le développement informatique de tels logiciels s'inscrit dans un temps long, ce qui se fait aux dépens d'une mise en application rapide. Toujours d'un point de vue technique, faire de la simulation numérique nécessite aussi de pouvoir disposer d'ordinateurs (HPC) capables d'offrir une intensité de calculs suffisante et capables d'engranger et de stocker quantité de données, et ce de manière sécurisée. À terme, se posent des questions d'ordre environnemental du fait du coût énergétique que représentent ces supercalculateurs notamment de leurs circuits de refroidissement.

« L'enjeu principal, c'est de concevoir des logiciels qui permettent de coupler différentes problématiques, c'est-à-dire qui puissent permettre de tester différentes contraintes – écoulement de l'air, fatigue, solidité, aérodynamisme – sur un même support, un avion par exemple. » (Expert).

Toutes les industries ne sont pas au même niveau de maturité concernant l'usage de cette technologie. Un exemple qui peut être cité concerne les industries de la santé, qui ont intégré plus tardivement les outils numériques dans leur écosystème. Or, ce sont bien des algorithmes traduisant des phénomènes physiques,

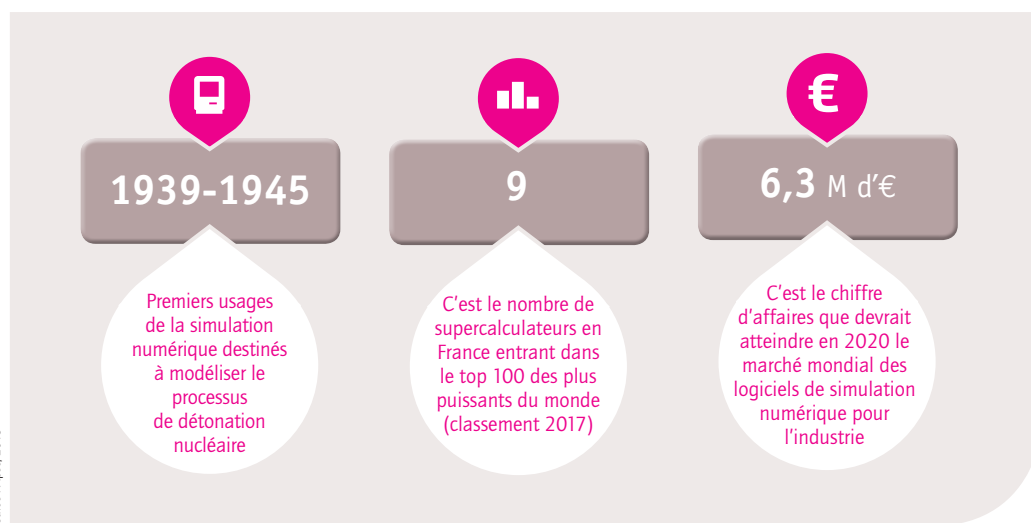
mécaniques, électromagnétiques ainsi que leurs implications qui sont transcrits en code dans les logiciels de simulation numérique. Aussi, toutes les entreprises ne sont pas égales face à l'usage de la simulation numérique, celle-ci étant surtout mobilisée dans les grands groupes capables d'investir dans des outils de simulation et dans des compétences associées. De fait, les PME n'y ont donc pas facilement accès.

D'ailleurs, elles n'ont pas toujours connaissance des avantages qu'elles pourraient tirer du recours à cette technologie. À l'heure du tout digital, le cloud computing devrait permettre d'élargir le marché des utilisateurs de la simulation numérique, en offrant aux petites entreprises des services d'ingénierie à distance.

L'externalisation serait d'autant plus intéressante pour ces entreprises qu'elle permettrait de répondre à des besoins ponctuels et donc d'éviter les frais d'un recrutement.

Plus encore, une impulsion nouvelle est attendue avec le projet Simseo qui fait partie des programmes d'avenir soutenus par les pouvoirs publics. Piloté par le pôle européen de calcul haute performance Teratec et de l'équipementier de calcul Genci, il réunit des partenaires comme Systematic, Advancity, le Centre scientifique et technique du bâtiment, l'institut de recherche technologique SystemX dans le but de promouvoir la simulation numérique dans les entreprises qui usent peu de cette technologie¹.

– Figure 1 –
Les chiffres-clés de la simulation numérique en France et dans le monde²



Source : Apec, 2018

– LES OPPORTUNITÉS –

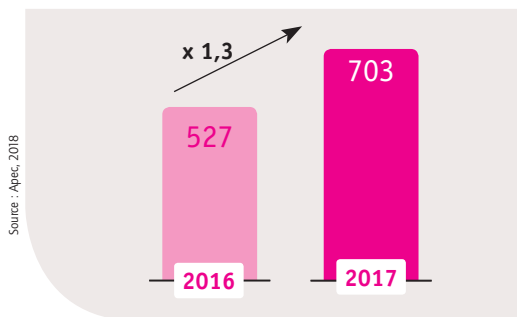
Entre 2016 et 2017, le nombre d'offres d'emploi diffusées par l'Apec dans le champ de la simulation numérique a été multiplié par 1,3, passant de 527 à 703 (figure 2). Elles ont été publiées par des entreprises recherchant des compétences et/ou proposant des missions en lien avec cette technologie.

– LA MOITIÉ DES OFFRES CONCERNENT LE SECTEUR DE L'INGÉNIERIE-R&D

Sur la période 2016-2017, 56 % des offres d'emploi dans le domaine de la simulation numérique ont été publiées par des sociétés d'ingénierie-R&D. Les entreprises de ce secteur représentent ainsi les

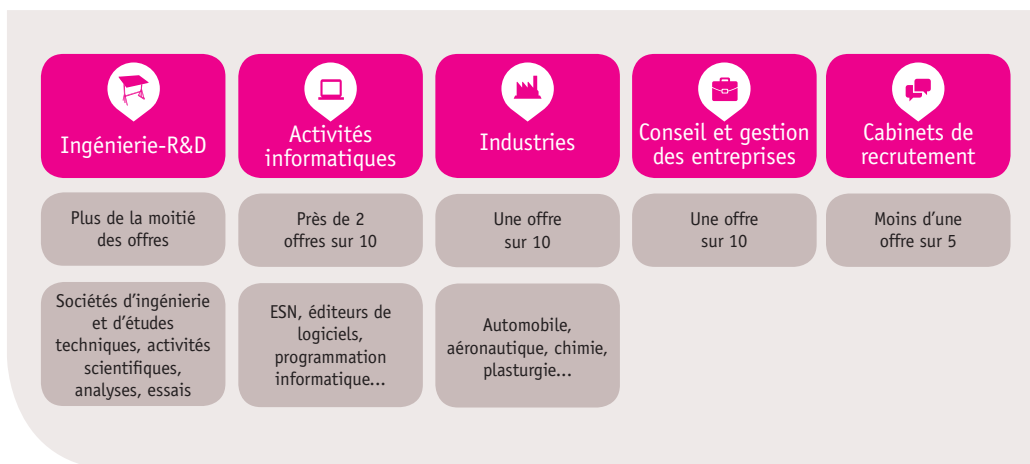
¹ Christian Saguez, « Calcul intensif et simulation numérique », Annales des mines - réalités industrielles, novembre 2016.
² Sources : http://irfu.cea.fr/Projets/coast_documents/communication/Simulation.pdf

- Figure 2 -
Nombre d'offres publiées par l'Apec entre 2016 et 2017 en simulation numérique



principaux pourvoyeurs d'offres, loin devant les entreprises du service numérique (18 %) et les entreprises du secteur industriel (11 %). Des offres ont également été émises par des sociétés de conseil aux entreprises et des cabinets de recrutement pour lesquels le client final est difficilement identifiable. Ces acteurs représentent 14 % des émetteurs d'offres dans le domaine (figure 3). Par ailleurs, dans les entreprises qui recrutent, les candidats souhaités relèvent dans 76 % des cas de métiers d'études et dans 16 % des cas, de directions informatiques.

- Figure 3 -
Principaux émetteurs d'offres en simulation numérique publiées par l'Apec sur la période 2016 - 2017



L'ÎLE-DE-FRANCE DRAINE PLUS D'UN TIERS DES OFFRES D'EMPLOI

En matière de distribution géographique, les entreprises franciliennes représentent, sur la période 2016-2017, 36 % des diffuseurs d'offres. Suivent ensuite les entreprises possédant des implantations en régions Auvergne - Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur. À eux deux, ces territoires représentent 31 % des offres émises dans le domaine de la simulation numérique. Cette distribution est moins le reflet de la place qu'occupe l'industrie au sein des différents territoires, que de la métropolisation de certaines activités de services aux entreprises : cabinets d'ingénierie, entreprises de services du numérique (ESN), sociétés de conseil³.

UNE OFFRE SUR QUATRE S'ADRESSE À DES CANDIDATS EXPÉRIMENTÉS

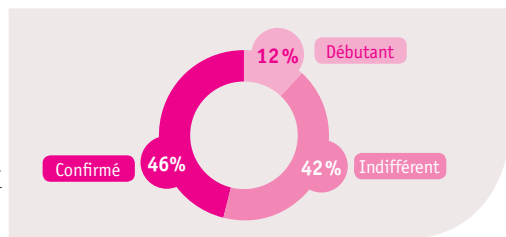
En 2016, 46 % des entreprises recherchent des cadres confirmés dans leur domaine (figure 4). Pour autant, les entreprises ne sont pas rétives aux candidats moins expérimentés dès lors qu'ils ont un bagage de formation solide. Les diplômés de niveau Bac +5 et plus, qu'il s'agisse d'ingénieurs ou de docteurs représentent pour les recruteurs, des candidats intéressants. Et il n'est pas rare non plus que les entreprises ciblent des profils étudiants.

« Le plus souvent ce sont des stagiaires que l'on recherche, ceux qui sont en 3^e année d'école d'ingénieur. On aime bien les prendre en projet de fin d'études [...] pour pouvoir ensuite les recruter dans l'entreprise. » (Recruteur).

³ Cartographie et analyse territoriale des offres d'emploi cadre par secteur, Apec, 2017, n°39.

– Figure 4 –

Niveaux d'expérience recherchés par les recruteurs en simulation numérique en 2016



Source : Apec, 2018

– LES COMPÉTENCES RECHERCHÉES –

Éditeurs de logiciels spécialisés et industries utilisatrices expriment le besoin de compétences croisées, avec dans le premier cas des besoins en compétences ciblées autour des métiers de l'informatique scientifique et de l'ingénierie d'application informatique, et dans le second de spécialistes du calcul. Aussi, quel que soit le recruteur, des compétences transversales et aptitudes personnelles sont attendues de manière commune.

CHEZ LES ÉDITEURS DE LOGICIELS ET DANS LES ESN, LA RECHERCHE DE COMPÉTENCES EN INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE DOMINE

Du côté des éditeurs de logiciels et des entreprises de services numériques, la demande cible des métiers de

l'informatique scientifique et industrielle. Il s'agit d'identifier des candidats (développeur, architecte, ingénieur d'application informatique, ingénieur en informatique scientifique...) qui puissent mettre leurs compétences au service de la conception, de l'analyse et de la programmation de logiciels permettant aux industries utilisatrices de simuler des phénomènes physiques. Ce sont des profils qui peuvent aussi intervenir dans la spécification des besoins des entreprises clientes. Pour ces profils, la maîtrise de plusieurs langages et logiciels est exigée (PHP, J2EE, Javascript, C++, Catia, Solidworks...), couplée à d'autres compétences. Il peut s'agir par exemple de maîtriser des logiques algorithmiques pour pouvoir transcrire les calculs mathématiques en code ou de maîtriser l'univers numérique pour pouvoir reproduire en 3D des objets, des processus et des contraintes.

INGÉNIEUR INFORMATIEN SCIENTIFIQUE H/F

Émetteur de l'offre d'emploi : Cabinet d'ingénierie (Auvergne – Rhône-Alpes).

Missions En immersion dans un centre technologique, vous êtes au service de l'équipe spécialisée dans le développement de chaînes de calcul par éléments finis : **simulation mécanique** du procédé de fabrication et du comportement du produit fini. Votre poste vous place à l'interface de cette équipe et de celle en charge de l'informatique scientifique : bibliothèques de pré-post traitements et d'I/O, systèmes de compilation, interfaces graphiques, programmation web. Vous réalisez le développement et la maintenance de scripts améliorant l'environnement de travail et l'automatisation des tâches. Vos compétences vous impliquent dans l'intégration continue du code développé, sa documentation et sa qualité. Vous êtes autonome et bon communicant.

Profil De formation ingénieur informatique et/ou mécanique ou d'une formation Bac+5 équivalente, vous avez de bonnes connaissances des systèmes d'exploitation Linux et Windows. Développeur Python, vous maîtrisez aussi les langages de programmation C++ et Fortran. Votre expérience vous a conduit à utiliser des systèmes de compilation automatique (CMake, Jenkins) et de versionnage de code tel que GIT ou SVN. Une expérience dans le développement d'application de simulation numérique, de calcul haute performance ou de méthodes des éléments finis est un plus. Vous possédez un bon anglais technique.

Source : Apec.fr

LES INDUSTRIELS ET LES CABINETS D'INGÉNIERIE FONT AVANT TOUT LE CHOIX DE SPÉCIALISTES DU CALCUL

Véritables experts techniques, les spécialistes du calcul sont attendus pour leurs compétences scientifiques et analytiques. Leur mission consiste à étudier l'impact de contraintes physiques sur des prototypes modélisés (résistance au crash, à la pression, aux phénomènes d'usure...), et à être force de proposition pour ce qui

relève de la conception de prototypes. Aussi, ils interviennent dans des études de dimensionnement ou pré-dimensionnement de structures, d'équipements mécaniques, etc. Selon les domaines, les profils recherchés peuvent être ceux d'aérodynamiciens, de thermiciens, d'experts en combustion, en mécanique des fluides, en structures, en géotechnique... Pour chacun de ces profils, des expertises dans le domaine des mathématiques appliquées ou en physique sont exigées, conjuguées à une connaissance des logiciels de simulation ou de CDAO (Conception et dessins assistés par ordinateur).

INGÉNIEUR CALCUL MÉCANIQUE DES FLUIDES H/F

Émetteur de l'offre d'emploi : Cabinet d'ingénierie industrielle (Grand Est).

Missions Vous serez intégrés à l'équipe des ingénieurs calculs, vous serez amenés à réaliser des études mécaniques des fluides et thermiques complètes et globales pour nos clients : (contacts avec le client, récupération des données et plans, mise en place des études, réalisation de maillages et calculs, dépouillements et analyse des résultats, recherche de solutions de conception, présentation des résultats, rédaction des rapports). Vous serez également amené à réaliser des études pour les besoins de la société, par exemple pour l'amélioration de nos outils de modélisation (écriture d'UDF, test des nouveaux modèles numériques pour les transferts de chaleur, les écoulements multiphasiques, les changements de phase, etc.).

Profil Plusieurs années d'expérience de la Mécanique des Fluides / Transferts de chaleur. Une première expérience significative en CFD / **simulation numérique** des fluides et thermique. Mise en place de modèles numériques, choix des conditions aux limites afin de simuler des phénomènes physiques complexes (échanges de chaleur par conduction, convection, rayonnement, pertes de charges, réactions chimiques, turbulence, couches limites, écoulement diphasique...). Simulations 3D / Dépouillement et Analyses des résultats. Modélisation numérique, aérodynamique, moteurs, turbomachines, thermique, environnement. Connaissance des outils de maillage (Gambit Tgrid Workbench Design Modeler Ansys Meshing) et du Solver Fluent.

Source : Apecfr

RIGUEUR, SENS PRATIQUE ET APTITUDES RELATIONNELLES SONT REQUIS DANS CES MÉTIERS

Au-delà des compétences techniques requises, les recruteurs ont des exigences en matière de savoir-être. Leurs recherches ciblent des profils dotés d'une culture scientifique adossée à un esprit concret et méthodique.

La dimension applicative doit se situer au cœur des savoir-faire des candidats, leurs connaissances devant impérativement être mises au service d'activités de conception et de production. Aussi, des compétences fortes sont attendues sur le champ relationnel pour pouvoir communiquer et argumenter autour de propositions technologiques, mais aussi pour pouvoir travailler en mode projet, au sein d'équipes pluridisciplinaires. Très souvent, on leur demande aussi de maîtriser l'anglais.

–PRINCIPAUX DÉFIS RH–

La simulation numérique n'est pas à proprement parler une technologie récente, bien que les puissances de calcul offertes par les HPC et la massification des objets connectés offrent dorénavant des perspectives nouvelles. De fait, les modules de formation en simulation numérique existent depuis plusieurs décennies déjà dans l'enseignement supérieur, ce qui pourrait laisser penser à une juste adéquation entre l'offre et la demande, et plus largement encore à une fluidité du marché dans le champ de la simulation numérique. Pour autant, les recruteurs peuvent percevoir des difficultés de recrutement. Plusieurs points sont généralement avancés pour en expliquer les causes.

– ENTRE EXPERTISE ET POLY-COMPÉTENCE –

La première tient au niveau d'expertise requis sur certains postes. Dans le domaine du calcul par exemple, cette expertise peut porter sur la nature du phénomène physique à tester (résistance d'un matériau, aérodynamisme d'une structure...). Chacune fait appel à des connaissances scientifiques propres mais aussi à des instruments d'analyse spécifiques. Le logiciel devient alors l'un des principaux éléments permettant aux entreprises de discriminer certaines candidatures au profit d'autres.

« Nous sommes très attachés au logiciel, mais les logiciels ne sont pas forcément transposables d'une industrie à l'autre. Récemment, j'ai aussi posté une offre pour le monde du pétrole. Il me faut du logiciel Abaqus. Donc je recherche quelqu'un qui est expérimenté sur le secteur, mais s'il ne connaît pas Abaqus, il ne sera pas retenu. » (Recruteur).

Dans le milieu informatique, des expertises en circuits parallèles sont aussi fortement prisées par les recruteurs. Appliqué au domaine de la simulation numérique, le parallélisme permet en effet de concevoir des architectures qui permettent de traiter simultanément plusieurs types d'informations. Or, cette compétence est à ce jour identifiée comme rare.

« Il y a déficit de formation, de candidats, de compétences dans ce domaine-là. » (Recruteur).

La deuxième tient au contraire au souhait des recruteurs d'identifier des candidats ayant des compétences croisées, là où beaucoup de physiciens relèvent de domaines de spécialité différents.

« On a une pénurie aujourd'hui d'ingénieurs maîtrisant suffisamment les différentes physiques et les différents outils de simulation pour faire face à la demande. » (Recruteur).

Malgré ces difficultés, il convient de noter que la plupart des recrutements aboutissent dans des délais jugés raisonnables par les entreprises.

« Je ne peux pas dire qu'on a eu de grosses difficultés. Pour notre poste d'ingénieur laboratoire d'essais et simulation numérique, on a reçu une trentaine de candidatures sachant cependant qu'elles étaient loin de toutes correspondre. » (Recruteur).

– DOUBLE PROBLÉMATIQUE D'ATTRACTIVITÉ –

Un autre défi que rencontrent les recruteurs est celui du manque d'attractivité de certaines filières scientifiques et notamment des mathématiques appliquées. Ceci se joue au niveau de l'entrée en cursus de formation. À ceci s'ajoute le fait que certains postes d'entrée en simulation numérique sont considérés comme peu évolutifs et avec une dimension routinière qui peut amener certains salariés à quitter leur poste dans les deux à trois ans qui suivent leur prise de poste. D'où l'impératif ressenti pour les entreprises de lancer régulièrement des recrutements dans un contexte où les besoins en simulation numérique sont décrits comme croissants.

MÉTHODOLOGIE

Cette note repose sur l'analyse des offres d'emploi publiées par l'Apec en 2016 et en 2017, comprenant les mots-clefs « simulation numérique », « prototypage virtuel », « prédiction numérique » et « calcul intensif ». Seules les offres émanant des entreprises relevant du domaine de l'industrie et de la construction, des services de l'ingénierie-R&D et de l'informatique ont été couvertes par cette analyse. Toutes les offres d'emploi citées ici à titre illustratif sont extraites de ce cahier d'offres. En complément de cette analyse, des entreprises ayant publié des offres en 2017 ainsi que des experts du domaine ont été interrogés. Ces entretiens, associés à une recherche documentaire, ont permis d'apporter un éclairage contextuel sur cette technologie, et d'en analyser les grandes tendances en termes de marché.

– LE PROJET DÉFI&CO –

Le projet DEFI&Co (*développer l'expertise future pour l'industrie et la construction*)*, piloté par CESI et soutenu par le programme Investissements d'Avenir, vise à construire des contenus de formation adaptés aux transformations en cours dans l'industrie et la construction. Dans le cadre de ce projet et sur une durée de cinq ans (2017-2021), l'Apec va réaliser chaque année une revue des tendances liées à l'usine du futur et au bâtiment du futur ayant un impact potentiel fort en matière d'évolution des compétences et des métiers pour les cadres. Ce document consacré à la **simulation numérique** s'inscrit dans la revue des tendances 2018. D'autres documents sont disponibles sur les thèmes de **l'intelligence artificielle**, de la **cobotique**, de la **cybersécurité des systèmes industriels**, de la **réalité virtuelle/réalité augmentée**, du **bâtiment intelligent**. Un dernier document est consacré à l'opinion des cadres de l'industrie et du bâtiment concernant l'impact des nouvelles technologies sur leur métier.

*Le projet DEFI&Co a été retenu dans le cadre de l'appel à projets « Partenariats pour la formation professionnelle et l'emploi » du programme Investissements d'Avenir. Le projet regroupe 34 partenaires dont on peut retrouver la liste à cette adresse : <https://recherche.cesi.fr/projets/defico/>

Toutes les études de l'Apec sont disponibles gratuitement sur le site www.cadres.apec.fr > rubrique *Observatoire de l'emploi*



www.apec.fr

ISSN 2557-6283
SEPTEMBRE 2018

Cette étude a été réalisée par la Direction Données, Études et Analyses (DDEA) de l'Apec.

Analyse et rédaction : Caroline Legrand.

Direction de l'étude : Gaël Bouron.

Direction de la DDEA : Pierre Lamblin.

Maquette : Ludovic Bouliol.

ASSOCIATION POUR L'EMPLOI DES CADRES
51 BOULEVARD BRUNE – 75689 PARIS CEDEX 14

CENTRE DE RELATIONS CLIENTS

0 809 361 212 Service gratuit + prix appel

DU LUNDI AU VENDREDI DE 9H À 19H

*prix d'un appel local

© Apec

Cet ouvrage a été créé à l'initiative de l'Apec, Association pour l'emploi des Cadres, régie par la loi du 1^{er} juillet 1901 et publié sous sa direction et en son nom. Il s'agit d'une œuvre collective, l'Apec en a la qualité d'auteur.

L'Apec a été créée en 1966 et est administrée par les partenaires sociaux (MEDEF, CPME, U2P, CFDT Cadres, CFE-CGC, FO-Cadres, CFTC Cadres, UGICT-CGT).

Toute reproduction totale ou partielle par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation expresse et conjointe de l'Apec, est strictement interdite et constituerait une contrefaçon (article L122-4 et L335-2 du code de la Propriété intellectuelle).