

PRODUCTIVITÉ

Moteurs synchrones à réluctance IE5



01



Tero Helpio
ABB IEC LV Motors
Division, Motion
Business Area
Helsinki (Finlande)

tero.helpio@fi.abb.com

Avec leur rendement « ultra-premium », niveau le plus élevé de la normalisation internationale CEI, les moteurs synchrones à réluctance d'ABB sont la solution privilégiée pour juguler le gaspillage énergétique dans l'industrie et répondre à la demande croissante d'écoperformance.



Jouni Ikäheimo
ABB IEC LV Motors
Division, Motion
Business Area
Helsinki (Finlande)

jouni.ikaheimo@fi.abb.com

Les moteurs électriques absorbent à eux seuls un tiers du courant consommé dans le monde. Sachant que le parc est appelé à doubler d'ici à 2040, il faudrait lui ajouter l'équivalent de la production électrique chinoise pour assouvir pareille soif énergétique. Cet enjeu majeur est le principal moteur de la course à l'efficacité énergétique des systèmes d'entraînement.

Grand classique de l'industrie, le moteur asynchrone (MAS) n'en a pas moins des défauts intrinsèques (pertes rotoriques dues à l'échauffement des enroulements, par exemple), qui pénalisent la performance et la longévité des organes et

roulements. Des lacunes aujourd'hui comblées par les nouveaux moteurs synchrones à réluctance (SynRM) de classe IE5 d'ABB, qui affichent les rendements « ultra-premium » normalisés CEI. Le SynRM se caractérise donc par une très haute efficacité énergétique mais aussi une grande fiabilité et une maintenance réduite →01-02.

Simple comme SynRM

Le moteur synchrone à réluctance fonctionne sur un principe connu de longue date mais qui n'a pu donner son plein potentiel qu'avec l'essor de la variation électronique de vitesse (VEV) :

— 01 Le nouveau moteur synchrone à réluctance SynRM IE5 d'ABB est idéal pour nombre d'applications de puissance, comme le pompage d'eau.

— 02 Le SynRM IE5 rend les moteurs électriques plus durables grâce à des gains en matière de rendement, de fiabilité et de densité de puissance.

— 03 Le SynRM IE5 dope les performances des installations agroalimentaires (ici, un silo).

son rotor est conçu pour produire la plus faible résistance magnétique, ou « réluctance », possible dans un sens, et la plus forte dans le sens perpendiculaire. Le variateur pilote le champ statorique de façon à le faire « tourner » autour du moteur. Ces propriétés de réluctance magnétique du rotor entraînent sa rotation à la même fréquence que le champ alimenté par le variateur.

— Sans aimants ni enroulements, le rotor s'affranchit de la plupart des pertes électriques.

Aux performances du moteur à aimants permanents et à la simplicité constructive du MAS, le SynRM ajoute une grande facilité d'entretien puisqu'il est dépourvu des terres rares qui composent habituellement les aimants. Résultat : sans aimants ni enroulements, le rotor n'accuse pratiquement pas de pertes électriques. Mieux, en l'absence de forces magnétiques dans le rotor, le SynRM est aussi simple d'entretien qu'un MAS.

Le SynRM d'ABB à rendement élevé IE4, lancé en 2011 pour les applications de pompage/ventilation, se prête aujourd'hui à tous les usages. L'offre ABB, qui s'est enrichie en 2019 du SynRM



02

ultra-premium, se décline en deux gammes de rendement, puissance et hauteur d'axe normalisée CEI :

- SynRM à haut rendement, 1,1 à 350 kW, 90 à 315 mm ;
- SynRM à ultra-haut rendement IE5, 5,5 à 315 kW, 132 à 315 mm.

Côté VEV, l'augmentation constante du nombre d'applications dope la commercialisation des SynRM.

Ces moteurs ABB classés IE5 font chuter les pertes énergétiques de 50 % par rapport aux moteurs IE2, mais aussi la consommation et les émissions de CO₂, surclassant les asynchrones IE2 d'usage courant →03.

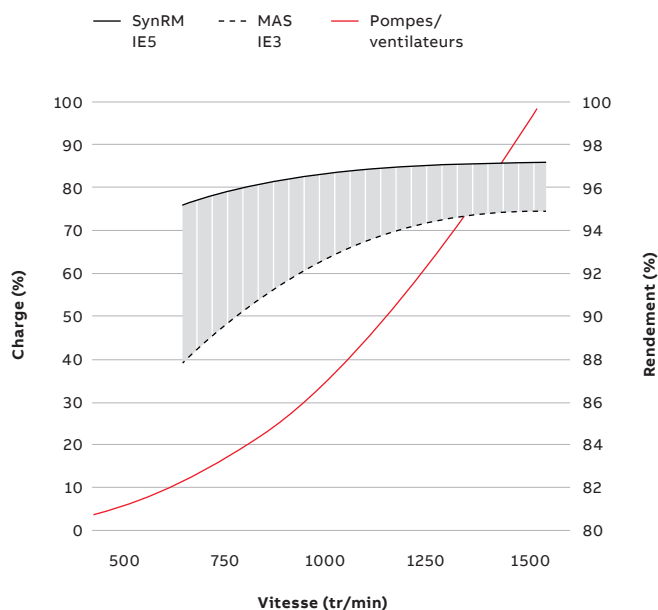
Faibles températures et compatibilité mécanique

La technologie SynRM permet d'abaisser de 30 °C la température des bobinages, et de 15 °C celle des roulements. Il en résulte un moindre échauffement du moteur, ce qui améliore la durée de vie des isolants et des roulements avec des intervalles de lubrification nettement plus longs. Une avancée radicale quand on sait que ce type de défaillances est à l'origine de près de 70 % des pannes intempestives.

Le SynRM IE5 occupe le même encombrement qu'un MAS de classe IE2, ce qui évite les modifications mécaniques en cas d'évolution et facilite le remplacement des MAS classiques. Cette compatibilité simplifie également l'approvisionnement en pièces détachées et la maintenance.

03





04

Évolution normative

La CEI 60034-30-1:2014, qui définit les classes de rendement IE1, IE2, IE3, est aujourd'hui remplacée par la CEI 60034-30-2:2016 applicable aux moteurs à courant alternatif commandés en vitesse variable et, pour la première fois, aux moteurs synchrones à réluctance IE5 d'ABB. C'est de cette norme qu'est né le niveau de rendement ultra-premium dont bénéficie désormais l'offre ABB.

Ce nouveau référentiel permet aussi de comparer directement en IE5 les MAS traditionnels pilotés par variateur et les moteurs de dernière génération conçus uniquement pour la VEV, comme les SynRM. Que ces moteurs soient à entraînement direct (CEI 60034-30-1) ou couplés

Les pertes d'un moteur IE5 sont 20 % inférieures à celles d'un IE4, toutes technologies ou normes CEI confondues.

à un variateur (CEI TS 60034-30-2), la notation IE caractérise toujours l'écoperformance des deux solutions en vitesse variable. En d'autres termes, qui dit même marquage IE dit même rendement énergétique.

Pour que la comparaison soit valable, il convient d'abaisser les valeurs de seuil des classes IE stipulées par la CEI 60034-30-2 en ajoutant au moteur alimenté par le réseau les pertes harmoniques supplémentaires occasionnées par le

variateur, et ce à hauteur de 15 % jusqu'à 90 kW de puissance, 25 % au-delà. Exemple : un IE3 de 15 kW couplé au réseau affichant un rendement nominal de 92,1 % avec un variateur fournit en réalité un rendement minoré de 15 %, soit 91 %. C'est cette valeur qu'il faut comparer aux 94,8 % d'un SynRM équivalent. Ces seuils doivent être atteints à 90 % de la vitesse et à 100 % du couple. Pour faciliter la comparaison, le catalogue SynRM IE5 d'ABB inclut le précalcul du rendement type d'un moteur IE3 associé à un variateur.

Dans la pratique, les pertes d'un moteur IE5 sont de 20 % inférieures à celles d'un IE4, quelle que soit la technologie ou la norme CEI applicable.

Rendement à charge partielle

Le règlement européen UE 2019/1781, qui fixe de nouvelles exigences d'écoconception pour les moteurs électriques et les variateurs, oblige les constructeurs à spécifier les pertes dans des conditions de charge bien précises. Ces données sont garantes de la comparaison entre moteurs fonctionnant à charge partielle avec un variateur. La comparaison a longtemps été impossible en raison du manque d'informations sur les MAS utilisés en vitesse variable. Une seule certitude : les SynRM IE5 fonctionnent très bien à charge partielle.

Comparatif SynRM IE5/MAS IE3 en vitesse variable

Mesures à l'appui, les laboratoires ABB ont démontré les avantages des SynRM IE5 sur les moteurs IE3, y compris à charge partielle, où les bénéfices sont encore plus notables qu'en régime nominal. En témoigne la courbe de rendement énergétique type d'un SynRM IE5 par rapport à celle d'un MAS IE3 pour une application de pompage/ventilation →04.

Sobriété énergétique et réduction du coût global

Réduire la consommation d'énergie avec la technologie SynRM et les solutions moteurs-variateurs se traduit inmanquablement par une baisse du coût de fonctionnement du procédé et du coût global de possession. Et même si des industriels peuvent rechigner à changer de moteurs ou à leur ajouter des variateurs, qui grèvent l'investissement initial, le coût d'un moteur ne représente qu'une fraction de la facture énergétique sur toute sa durée d'exploitation.

Rentabilité énergétique

Pour un moteur de 110 kW fonctionnant à 1500 tr/min, la différence de prix d'achat entre un SynRM IE5 et un MAS IE3 est négligeable par rapport aux économies d'énergie réalisées à l'année. La solution IE5 surclassera l'IE3 dès la mise en route et son surcoût sera amorti en à peu près

—
04 Comparaison en laboratoire du rendement d'un moteur SynRM IE5 et MAS IE3 à différents niveaux de charge d'une application de pompage/ventilation

—
05 Avec 100 % de couple à vitesse nulle et un excellent rendement à charge partielle, le SynRM IE5 a des atouts de poids pour amarrer les navires.

13 mois. Autre qualité appréciée : cette source d'économies perdurera tout au long des 10 à 15 années de service du moteur. En à peine 10 ans, les économies induites par la baisse de consommation auront compensé l'investissement.

En route pour le futur

La moindre consommation électrique du SynRM IE5 se répercute d'autant sur les émissions de CO₂. Son couple quadratique constant est synonyme de régulation rapide et précise : le moteur fournit 100 % de couple à vitesse nulle et un excellent rendement à charge partielle →05. Il assure également une régulation de vitesse très fine, du fait de sa nature synchrone, et des

—
Le couple quadratique constant du SynRM IE5 garantit une régulation rapide et précise.

performances quasi identiques à celles d'un servomoteur, en raison de la faible inertie du rotor. Très silencieux, c'est le moteur parfait pour la commande de pompes, ventilateurs, compresseurs, etc., quelle que soit l'application industrielle. Nombreux sont les clients à recourir aux SynRM IE5 d'ABB pour gagner en coût et

en productivité, à l'image de cette entreprise agroalimentaire qui a presque divisé par deux la consommation électrique d'une installation de ventilation.

Dans le domaine des moteurs, ABB se félicite de répondre aux besoins multimétiers d'un marché toujours en quête de puissance, de rendement, de compacité et d'allongement des intervalles de maintenance. La technologie SynRM IE5, qui dépasse les valeurs minimales de rendement normalisées (MEPS) en vigueur dans tous les grands pays industriels, trace durablement la voie des moteurs basse tension à très haute efficacité énergétique.

L'enjeu est de taille pour les constructeurs de moteurs et entraînements électriques : en Europe, aux États-Unis et en Asie, la tendance est au renforcement de la réglementation applicable aux moteurs mais aussi au système motorisé tout entier. Avec le SynRM IE5, la technologie ABB a déjà une belle longueur d'avance. •



PRODUCTIVITÉ

Deux nouveaux compagnons de labeur

La collaboration entre humains et robots sur le lieu de travail va croissant. Plus compacts, plus rapides et faciles à programmer, ces assistants à un ou deux bras ne cessent de gagner en vitesse, en polyvalence et surtout en sécurité pour donner naissance à une nouvelle catégorie de coéquipiers : les « cobots ».

L'univers robotique est en pleine évolution. Longtemps confinés dans des cages, les robots se font désormais une place dans des espaces de production plus petits et décloisonnés →01-02 pour assister les opérateurs dans la manutention, le service de machines et l'assemblage de composants : un soutien bienvenu dans les laboratoires →03, les plates-formes logistiques, les entrepôts et les ateliers.

Conçus pour travailler aux côtés de l'humain, sans barrière ni protection, ces cobots sont une aide précieuse pour les entreprises peinant à recruter et à retenir le personnel affecté à des tâches fastidieuses, sales, dangereuses ou pénibles. Selon un rapport McKinsey de 2020 sur l'avenir du travail [1], l'Europe vieillissante pourrait connaître une pénurie de main-d'œuvre au lendemain de la crise sanitaire. La popula-



Marc Mustard
Content & Robotics
Manchester
(Royaume-Uni)

marc.mustard@
gb.abb.com



—
01 Les robots de dernière génération interagissent en toute sécurité avec leurs collègues humains.

—
02 Grâce à la programmation assistée, l'opérateur crée des déplacements sur mesure en modifiant la position du bras robotique.

tion active du continent devrait diminuer de 13,5 millions (-4 %) d'ici à 2030.

Homme-robot, une cohabitation réussie

Robotiser les procédés sans avoir à dresser de protections physiques permet de réduire le coût global d'une installation mais aussi de gagner de la place dans un environnement de travail plus ouvert. Le personnel dispose ainsi d'une plus grande liberté de manœuvre, ce qui réduit d'autant les arrêts et redémarrages de la production pour accéder au robot.

La robotisation a bien d'autres avantages : réduction des coûts d'exploitation, qualité, souplesse et homogénéité de la fabrication, rendement en hausse, usage optimisé des installations. Utile pour pallier la pénurie de main-d'œuvre, elle améliore aussi la sécurité et la santé au travail en libérant le personnel du port de charges lourdes ou des tâches répétitives.

Il est également prouvé que l'automatisation d'un procédé ou d'une ligne de production améliore la satisfaction au travail : elle permet aux opérateurs de monter en compétence et de se recentrer sur des activités plus gratifiantes, mieux valorisées. Conscient de ces tendances, ABB vient de

lancer GoFa™ et SWIFTI™, deux nouveaux venus dans sa gamme de robots collaboratifs, en complément du plébiscité YuMi® et de sa déclinaison monobras.

GoFa™, le cobot passe-partout

D'une charge utile maximale de 5 kg, beaucoup plus véloce (2,2 m/s) et agile que ses concurrents, GoFa →04 excelle dans l'assemblage de composants, la prise/dépose de pièces et l'emballage, qui sont autant de tâches nécessitant un transfert rapide et précis d'un poste à l'autre. Sa répétabilité de positionnement micromé-

—
Vieillissante, l'Europe devrait voir sa population en âge de travailler diminuer de 13,5 millions (-4 %) d'ici à 2030.

trique lui permet de saisir, déplacer et déposer inlassablement des objets avec une précision d'orfèvre.

Sa portée de 950 mm dépasse d'environ 12 % celle des autres cobots de charge utile équivalente, et de 70 % celle du YuMi monobras. De quoi limiter le nombre de cobots à déployer dans un même espace.

Grâce à son système de sécurité passive intégré, plus besoin de barrières pour protéger ses collègues humains. Chacune de ses six articulations étant dotée de capteurs de couple et de positionnement, GoFa s'arrête en quelques millisecondes en cas de contact.

GoFa va partout où il peut se rendre utile. Léger (27 kg) et peu encombrant (165 mm² au sol), il peut être monté dans toutes les directions. Comme YuMi à un ou deux bras, il se plie à toutes les situations, qu'il s'agisse de faciliter des corrections de process en temps réel ou de prêter main forte à des lignes en sous-effectif. Autant d'atouts pour une adaptation rapide aux aléas de la production et aux demandes changeantes des clients.

GoFa est conçu pour travailler avec les commandes robotiques OmniCore d'ABB. D'un encombrement moitié moindre que ses aînés, OmniCore offre une souplesse,



UN COBOT AU LABO

Le laboratoire de l'hôpital universitaire Karolinska, en Suède, compte désormais un robot collaboratif ABB. Bilan : des laborantins déchargés de tâches manuelles et fastidieuses, plus efficaces et plus épanouis dans leur travail [1].

La robotique n'est pas une nouveauté dans le milieu médical. Face à l'accroissement notable de la charge de travail (tests, prise en charge des patients, développement de vaccins), les robots constituent une piste intéressante pour renforcer les équipes et les capacités de production.

Doté de son propre centre d'innovation, cet hôpital a cherché, avec plusieurs partenaires dont ABB, comment mettre l'automatisation et la robotique au service de la performance dans des domaines aussi variés que la chirurgie, la pédiatrie mais aussi le transport d'instruments, de linge et de repas.

Son laboratoire fait partie des gagnants de cette collaboration. Si le tri automatisé contribuait déjà au traitement de millions d'échantillons médicaux chaque année, l'assistance robotique présentait un intérêt indéniable pour effectuer d'autres

opérations manuelles répétitives, comme scanner les tubes à essai ou ouvrir les étuis de transport. C'est aujourd'hui un cobot ABB qui se charge de

Pour soulager et renforcer le personnel, les robots ABB scannent les tubes à essai et ouvrent les tubes de transport.

ces tâches fastidieuses, source notamment de douleurs au poignet, pour en réduire la pénibilité. Autres avantages : des processus optimisés et une efficacité accrue. •

Dans les laboratoires hospitaliers, les robots peuvent prendre le relais de nombreuses tâches manuelles et répétitives.

Bibliographie

[1] ABB, ABB's collaborative robot at Karolinska University Laboratory, disponible sur : <https://new.abb.com/news/detail/24879/abb-azipodr-electric-propulsion-can-save-17-million-in-fuel-costs-annually-study-shows> (consulté le 19 mai 2021).





04

03 ABB explore les usages potentiels de la robotique en milieu hospitalier.

04 Avec ses 27 kg seulement, GoFa va partout où il peut se rendre utile.

Le cobot SWIFTI peut se déplacer à 5 m/s, soit cinq fois plus vite que ses concurrents.

une connectivité et des performances exceptionnelles, ainsi qu'une régulation de mouvement à la précision inégalée. OmniCore s'intègre aisément aux dernières innovations de l'usine numérique (bus de terrain, systèmes de vision évolués, commande d'effort et détection de force, etc.).

SWIFTI, ultrarapide et polyvalent

Bien plus rapide que GoFa, SWIFTI →05 est un cobot industriel destiné à des applications telles que l'assemblage ou le polissage. Capable de manipuler une charge de 4 kg à une vitesse de pointe de

5 m/s (cinq fois plus que ses concurrents), c'est le spécialiste du travail intermittent avec l'homme.

SWIFTI embarque un système de sécurité active basé sur un scanner laser. S'il détecte qu'un humain s'approche pour charger, décharger ou repositionner des pièces, le cobot ralentit et s'arrête, puis redémarre automatiquement dès que la personne sort du périmètre de sécurité, relançant au plus vite la production.

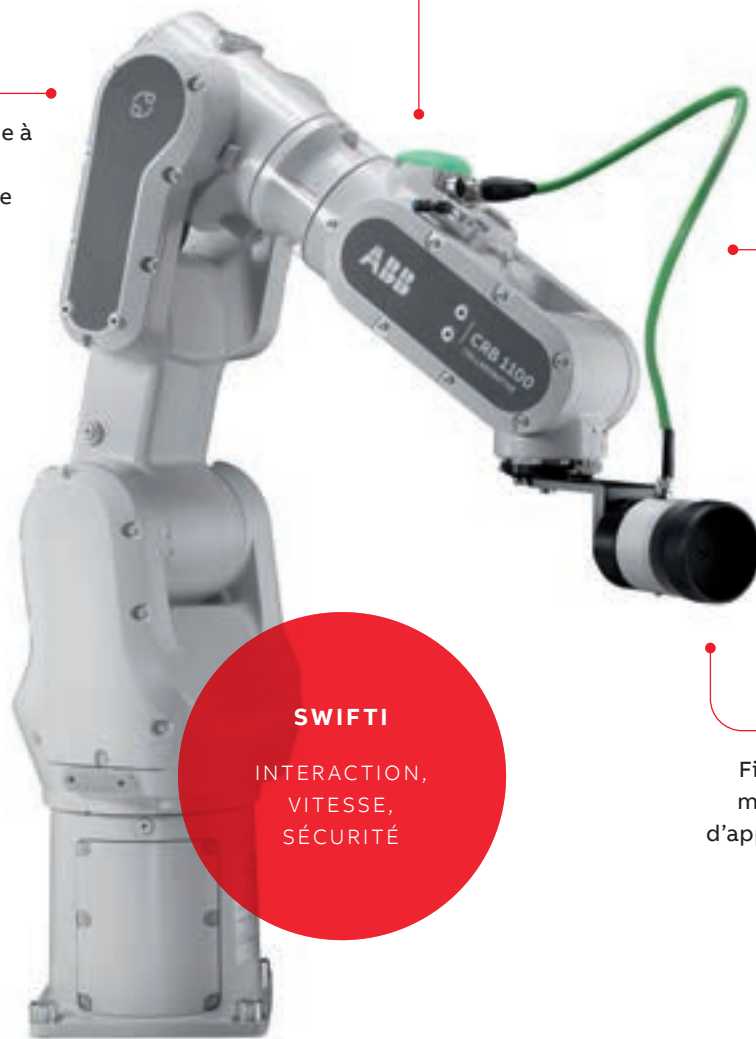
Conçu spécifiquement pour combler le fossé entre cobots et robots industriels, il lève les obstacles qui empêchaient jusqu'ici une adoption massive de ces automatismes. En associant les atouts d'un robot collaboratif (sécurité, simplicité d'installation et d'usage) à ceux du robot industriel IRB 1100 d'ABB (vitesse, précision, performance,



Vitesse comparable à celle d'un robot industriel classique
5 m/s



Sécurité configurable sur FlexPendant



Éclairage interactif



Charge utile

4 kg

Portée maxi

580 mm

Fixation pour microconsole d'apprentissage



SWIFTI

INTERACTION,
VITESSE,
SÉCURITÉ

05

faible encombrement), SWIFTI offre le meilleur des deux mondes. Il favorise la coopération homme-robot dans de nom-

SWIFTI est aussi sûr, rapide et précis qu'un robot industriel.

breuses applications sans sacrifier sécurité, rapidité ni précision, avec à la clé de nets gains de productivité.

Autre source d'économies : SWIFTI accepte l'outillage d'un IRB 1100 traditionnel. Il intègre par exemple quatre entrées d'air qui peuvent être exploitées par l'alimentation d'un préhenseur pneumatique à ventouses pour saisir plusieurs pièces en

même temps. Destiné habituellement aux IRB 1100, l'outil peut équiper SWIFTI sans aucune modification.

Partageant la même plate-forme que l'IRB 1100, SWIFTI trouve toute sa place à proximité des humains pour des opérations de chargement, déchargement, assemblage, mais aussi de mise en kit, manutention et parachèvement (vissage, insertion, polissage).

Simplicité de programmation

Bien que perfectionnés, GoFa et SWIFTI n'exigent pas la maîtrise d'un langage de programmation complexe. Pour créer une application personnalisée, il suffit de mettre le bras du cobot dans différentes positions et de se laisser guider par l'assistant logiciel d'ABB. Très simple, cette programmation par apprentissage se

— 05 SWIFTI comble le fossé entre robots collaboratifs et robots industriels.

— 06 La programmation se résume à quelques cliquer-déposer de blocs graphiques sur l'écran FlexPendant d'ABB.

résume à quelques glisser-déposer de blocs graphiques sur l'écran FlexPendant → 06 d'ABB ; l'opérateur visualise immédiatement les résultats et procède à des ajustements si nécessaire. L'assemblage de ces blocs

—
Des blocs de programmation personnalisés peuvent commander des préhenseurs ou répondre à des besoins spécifiques.

permet de créer des programmes complets couvrant une large palette applicative.

Pour des besoins plus spécifiques, ABB propose le logiciel Skill Creator, qui transforme des routines de programmation RAPID standard en blocs directement exploitables dans l'assistant par des non-programmeurs. Ces blocs « métiers » servent par exemple à commander des préhenseurs ou à répondre à des applications spécifiques comme l'automatisation de laboratoire.

Autre outil appréciable : le logiciel de simulation et programmation hors ligne RobotStudio® d'ABB. Installée sur PC, cette solution de pointe autorise la programmation, la configuration et la mise en service virtuelle du robot avant installation. Enfin, l'application SafeMove Visualizer intègre des configurations de sécurité directement dans FlexPendant pour permettre aux opérateurs de définir des zones de travail sûres avant la mise en service de SWIFTI. •



Bibliographie

[1] McKinsey, *The Future of Work in Europe*, 2020, p. iv, disponible sur : [https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured Insights/Future of Organizations/The future of work in Europe/MGI-The future of work in Europe-discussion-paper.pdf](https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/The%20future%20of%20work%20in%20Europe/MGI-The%20future%20of%20work%20in%20Europe-discussion-paper.pdf) (consulté le 19 mai 2021).