

L'écosystème de la fabrication additive au Québec

René Poirier, économiste principal, Innovation, Sciences et Développement économique Canada *

De multiples écosystèmes de la fabrication additive ont émergé et se développent sur la planète. Les particularités et atouts de celui du Québec gagnent à être mieux connus. Les défis auxquels il fait face sont typiques de ceux que l'on rencontre avec les technologies de rupture, notamment celui de développer un espace commun pour l'expérimentation et l'innovation.

Le marché mondial des machines, produits, services et logiciels liés à la fabrication additive est passé de 1 G\$ US en 2010 à 11,9 G\$ US en 2019, avec un taux de croissance de 21,2 % pour la dernière année. Et en 2019, le Wohlers Report [1] prévoyait que la valeur de ce marché pourrait être multipliée par 3,6 pour atteindre 35,6 G\$ US en 2024. Puis survint la pandémie en 2020, entraînant une récession mondiale, un effondrement tant de l'offre que de la demande dans presque tous les domaines d'activité, ainsi que des perturbations majeures dans les chaînes d'approvisionnement.

La reprise qui se dessine serait lente et inégale pour les divers secteurs industriels - en forme de « K » disent plusieurs - ne permettra pas de récupérer les pertes de revenus des ventes. La firme de consultants AM Power parle d'une période de consolidation chez les fournisseurs de matériaux, d'équipements et de services liés à certains procédés de la fabrication additive (Power Bed Fusion-Laser Beam ou PBF-LB, par exemple) et de réduction des investissements en R&D pour des procédés moins matures comme le Binder Jetting (BJT) et certains Directed Energy Deposition (DED), avant le retour à une croissance prévue pour 2022 ou avant si on est plus optimiste [2].

Malgré cela, cette période pandémique n'aura pas remis en cause les avantages de cette

technologie de rupture, à savoir :

- Multiplicité des matériaux pouvant être utilisés.
 - Liberté de concevoir un produit par rapport à une performance attendue et non en fonction des contraintes d'usinage ou d'assemblage.
 - Flexibilité d'adaptation du design aux différents procédés de fabrication 3D.
 - Rapidité pour passer de la conception à la production et pour procéder à des changements d'outillage.
 - Partage possible des données et des designs pour une plus grande vitesse d'adaptation aux besoins.
 - Réalisation de pièces à géométrie complexe uniques et personnalisées.
 - Réduction du nombre de pièces et d'assemblages.
 - Allègement du poids des pièces fabriquées.
 - Conception et fabrication à façon et à proximité des utilisateurs, réduisant d'autant la dépendance aux importations et à des chaînes d'approvisionnement mondiales perturbées.
- Bien au contraire, la pandémie aura permis de mieux illustrer et promouvoir le potentiel de la fabrication additive auprès des industriels, des gouvernements et du grand public. Partout dans le monde, entreprises, collègues, universités, ingénieurs, designers et citoyens se sont mobilisés pour produire du matériel et des équipements de lutte contre la COVID-19,

en utilisant des imprimantes 3D. En peu de temps, ces masques, visières, respirateurs, matériaux à propriétés antibactériennes ou antivirales ont été conçus et ont été les premiers à être fabriqués et livrés.

À l'heure de la relance, les technologies numériques (fabrication additive, robotique, intelligence artificielle et Internet des objets) apparaissent donc, plus que jamais, conférer des avantages concurrentiels à tout acteur économique ou territoire qui cherche à rendre plus rapides, flexibles, locales et fiables leurs chaînes d'approvisionnement et de production.

Une industrie de la fabrication additive en plein essor au Québec

Les travaux et enquêtes réalisés dans le cadre de la démarche du *Livre blanc sur la fabrication additive au Québec* (2020) [3] ont révélé un écosystème en plein essor avec environ 200 entreprises et organisations qui les appuient. La **figure 1** vous en présente plusieurs.

Au niveau de l'industrie de la fabrication additive proprement dite, **plus d'une soixantaine de sociétés au Québec contribuent à cette chaîne de valeur en fabriquant commercialement des matériaux, équipements, accessoires ou en offrant des services liés à la fabrication additive**. 60 % d'entre elles offrent des services en conception et prototypage, 50 % en optimisation de procédés et 25 % en services d'impression. Les trois quarts ont moins de 100 employés. Certaines firmes ont une offre plus intégrée telle que *Siemens*, *FusiA Impression 3D Métal*, *Poly-Shape* et *Proto 3000*. À cette soixantaine de

*rene.poirier@canada.ca ; LinkedIn : <https://ca.linkedin.com/in/ren%C3%A9-poirier-5232b942>.

Dossier : Matériaux, procédés et fabrication additive



FIGURE 1 : Quelques acteurs de l'écosystème de la fabrication additive au Québec

firmes, on pourrait aussi ajouter une vingtaine de distributeurs d'imprimantes 3D. Au niveau des matériaux, le Québec compte **deux grands fabricants mondiaux de poudres métalliques pour la fabrication additive**. AP&C (propriété de GE Additive) et Tekna (propriété d'Arendals Fossekompani ASA) ont des capacités de production mondiale supérieures à 1000 tonnes par an chacune d'ici 2023 [4]. Pyrogenesis Additive est un autre fabricant qui distribue depuis 2019 ses poudres de titane en Europe en vertu d'un accord avec Aubert & Duval [5]. Rio Tinto développe présentement des poudres d'acier faiblement allié atomisées par eau pour le Binder Jetting (BJT) et le Power Bed Fusion-Laser Beam (PBF-LB). L'entreprise envisage aussi produire des poudres pour alliages en scandium-aluminium [6]. 5N Plus fabrique pour sa part des poudres de cuivre, d'acier inoxydable et d'Inconel [7]. Au niveau des poudres de graphène pouvant être utilisées dans la fabrication de composites, NanoXplore a inauguré l'an dernier la plus grande usine au monde, dotée d'une capacité de 4 000 tonnes métriques par an [8]. Au niveau des services offerts, on retrouve de **nombreuses PME dynamiques**. À titre d'exemple, PolyControls a mis en place en 2020 avec le Conseil national de

recherches du Canada (CNRC) une plateforme industrielle PolyCSAM de développement et de démonstration de la fabrication additive hybride par projection à froid (cold spray), intégrant préparation de surface, dépôt de matériaux, usinage et finition de surface robotisée, traitement thermique et contrôle de procédé basé sur l'analyse de données massives et l'apprentissage-machine [9]. Solaxis se spécialise dans la fabrication additive de pièces thermoplastiques de grand format et est impliquée dans le nouveau projet LIBIO Intérieur d'avions bioniques légers avec divers collaborateurs européens [10]. AXIS Prototypes est experte en prototypage rapide et en impression 3D utilisant divers procédés (DMLS, SLS, FDM, SLA, Polyjet) [11]. FZ Engineering œuvre en conception, fabrication, finition de surface et contrôle de qualité en lien avec la fabrication additive métallique et avec polymères. En 2019, elle a fait partie du TOP 50 du prestigieux Accelerate Program@Startup Grind Global Conference parrainé par Google [12]. Et P4BUS Systems développe de nouveaux protocoles numériques pour optimiser, communiquer et sécuriser les informations géométriques, graphiques et physiques dans le domaine de la fabrication additive.

Nanogrande est reconnue pour son imprimante permettant l'usage de divers matériaux de la taille des microns jusqu'aux nanomètres pour fabriquer des pièces 3D à haute densité, ce qui lui a valu un prix au réputé Frankfurt FormNext Start-up Challenge en 2018 [13]. Aon3D se distingue par des imprimantes rendant plus abordable la fabrication additive avec polymères de haute performance ou thermoplastiques [14]. Industries Sautech fabrique à grande ou petite échelle des pièces métalliques à l'aide d'un procédé d'impression par injection de liant qu'elle a breveté. Dyze Design développe avec succès des pièces, composantes et accessoires d'imprimantes 3D de haute performance, tels que des extrudeurs, têtes chauffantes et buses [15]. Deux autres facteurs stimulent aussi l'offre en fabrication additive au Québec : l'énergie et la main-d'œuvre. L'hydro-électricité québécoise explique en partie la présence de fabricants de poudres métalliques pour la fabrication additive sur son territoire puisque la fabrication de poudres nécessite une **grande quantité d'énergie disponible à prix concurrentiels pour les grands consommateurs industriels**. En octobre 2020, les surplus d'Hydro-Québec de cette énergie renouvelable (ou verte)

étaient estimés à 32 TWh/an ^[16]. Le Canada est aussi un pays exerçant un bon **pouvoir d'attraction de la main-d'œuvre étrangère spécialisée** en Amérique du Nord et dans le monde, comme en témoigne sa 8e place au récent classement de l'IMD World Talent ^[17].

Une demande industrielle qui explore et s'approprie la technologie

Estimer l'ampleur de la demande industrielle pour la fabrication additive est une tâche ardue. Les données de ventes des imprimantes 3D sont difficiles à obtenir et nécessiteraient des enquêtes directes auprès des fabricants, distributeurs et importateurs qui desservent la région à l'aide de bureaux de vente installés au Québec, aux États-Unis ou via des sites web. Par ailleurs, on sous-estimerait l'importance de ces usages par les entreprises, puisqu'elles peuvent développer l'expertise à l'interne, mais surtout sous-traiter ces tâches auprès de fournisseurs locaux ou étrangers de leur chaîne d'approvisionnement.

Cependant, les projets collaboratifs de R&D entrepris nous donnent déjà une indication sur le phénomène. En effet, ces projets sont une étape importante du processus d'appropriation de la technologie par les entreprises. Ils leur permettent de tester des technologies émergentes, d'évaluer le potentiel technologique et commercial des applications pouvant en résulter, de mener le développement à une plus grande maturité en fonction de leurs besoins spécifiques. Ainsi, des travaux menés dans le cadre de la démarche du *Livre blanc sur la fabrication additive au Québec* ont permis d'estimer qu'**au moins 80 entreprises des secteurs clés du Québec avaient exploré la fabrication additive par le biais de projets de R&D menés en collaboration avec des chercheurs académiques ou gouvernementaux** de janvier 2015 à août 2019. Ces sociétés appartiennent surtout aux industries de l'aérospatial et de la défense, des sciences de la vie, du matériel de transport terrestre, des produits métalliques, des machineries et de l'instrumentation, des services d'ingénierie et de logiciels.

Parmi celles-ci, **plusieurs grands donneurs d'ordre ou firmes stratégiques dans des secteurs clés se sont engagés dans de semblables projets d'exploration ou utilisent la fabrication additive** : Pratt & Whitney, Bombardier et Bell Textron en aérospatiale, CAMSO, Novabus et Dana-TM4 en matériel de transport terrestre, Kinova et Exacad en machineries et instrumentation, MDA en satellites, Zimmer Blomet et Laboratoire orthopédique Médicus pour le médical, Hydro-Québec et Siemens Power & Gas en énergie, etc.

Présentement, l'industrie de l'aérospatiale est assurément le premier client des fabricants de poudres métalliques en fabrication additive au Québec et de nombreux laboratoires dentaires, tels que Panthera Dental ^[18], 3D RPD et CAMCube, utilisent cette technologie pour fabriquer leurs produits.

Divers programmes permettent aussi aux entreprises d'acquérir des équipements de fabrication de pointe, dont des imprimantes 3D. Investissement Québec et Développement économique Canada (DÉC) sont les deux principales sources d'aide gouvernementale à cet égard.




PRESI

DES PRODUITS POUR CARACTÉRISER VOS PIÈCES


Polyjet, frittage laser, agglomération de poudre...

Quel que soit le procédé de fabrication que vous utilisez, que votre produit soit de forme complexe ou simple, métallique ou plastique, ductile ou au contraire très dur, il y a nécessairement une gamme PRESI pour la qualifier et répondre aux cahiers des charges de vos clients.


www.presi.com




TRONÇONNAGE




ENROBAGE



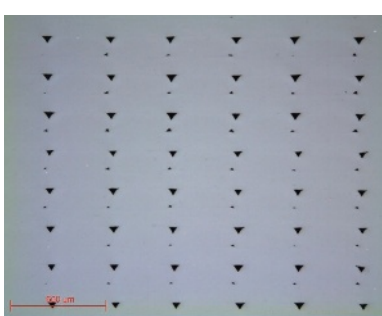
POLISSAGE



DURETÉ ET MICROSCOPIE



Alliage d'aluminium attaqué au réactif Keller (Obj x 5)



Polymère PLA (Obj x 5)

Produits utilisés	
SiC P320	Eau
SiC P210	Eau
RAM	3 µm LDM / Reflex Lub
NT	1 µm LDM / Reflex Lub
SUPRA	SPM / Eau

Produits utilisés	
SiC P600	Eau
TOP	9 µm LDP / Reflex Lub
STA	3 µm LDP / Reflex Lub
NT	Al ₂ O ₃ n° 1 / Eau

glnette: 01/21

Une communauté de la R&D engagée

Plus d'une quarantaine d'organisations académiques ou gouvernementales reconnues réalisent de la R&D en fabrication additive ou appuient ceux qui en font.

Les capacités des universités et collèges du Québec en recherche sur les matériaux et procédés sont reconnues et plusieurs de ces experts participent activement au réseau canadien HI-AM pour l'innovation holistique en fabrication additive du *Conseil de recherches en sciences naturelles et génie du Canada (CRSNG)* [19]. Plusieurs labos obtiennent aussi du financement pour leurs infrastructures et pour des équipements via la *Fondation canadienne de l'innovation (FCI)*.

Parmi les plus actifs en recherche sur la fabrication additive, notons :

- L'*Université McGill* avec le Laboratory for Powder Processing and Additive Manufacturing of Advanced Materials (P2 [AM]2) et l'Additive Design & Manufacturing Lab.
- *Polytechnique Montréal* avec la Chaire industrielle Safran de fabrication additive des

composites à matrice organique (FACMO), le Laboratoire de mécanique multi-échelles (LM2) et le Centre de caractérisation microscopique des matériaux.

- L'*École de technologie supérieure (ÉTS)* avec la Chaire ÉTS en ingénierie des procédés, des matériaux et des structures de la fabrication additive et la Chaire de recherche du Canada sur les matériaux et composants optoélectroniques hybrides imprimables.
- L'*Université Laval* avec le Laboratoire de métallurgie des poudres, le Centre de recherche sur les matériaux avancés et son École de design.
- L'*Université Concordia* avec le Centre for Advanced Manufacturing et l'INRS avec son Centre Énergie Matériaux Télécommunications.

À cette liste s'ajoutent d'autres chefs de file en recherche appliquée et développement que sont les centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) : le *Centre de métallurgie du Québec (CMQ)* avec son Centre pour le développement, la production et l'utilisation des poudres métalliques et sa Chaire industrielle

pour collèges du CRSNG sur le développement de poudres métalliques pour procédés de fabrication avancés et applications [20], *Coalia* et son laboratoire d'impression 3D spécialisé en plasturgie [21], le *Centre de développement des composites du Québec, TOPMED* pour les technologies médicales et *INEDI* avec son laboratoire de fabrication additive et prototypage rapide [22].

Au niveau gouvernemental, le *Conseil national de recherche Canada (CNRC)* est l'acteur fédéral de premier plan en R&D au pays. Au Québec, ses centres/programmes sur l'aérospatiale, l'automobile et les transports de surface, les matériaux avancés, la transformation de l'aluminium comportent tous des projets liés à la fabrication additive. Au niveau provincial, *Investissement Québec-CRIQ* appuie les entreprises dans l'adoption de la fabrication additive en offrant une vaste gamme de services, tout en produisant des prototypes de courtes séries. Le Centre effectue aussi de la recherche appliquée en fabrication additive, plus particulièrement grâce à son Laboratoire de reconstruction anatomique 3D, fruit d'une collaboration

Bibliographie

[1] Ces montants excluent les sommes investies en R&D par les entreprises utilisatrices telles que les Airbus, Adidas, Ford, Toyota et autres. Sources : Wohlers Report 2019. 3D printing and additive manufacturing. Global state of the industry, tel que rapporté par <https://www.forbes.com/sites/tjmccue/2020/05/08/additive-manufacturing-industry-grows-to-almost-12-billion-in-2019/?sh=2c2836ca5678>.

[2] <https://additive-manufacturing-report.com/wp-content/uploads/2020/05/AMPOWER-Report-2020-management-summary.pdf>.

[3] <https://www.prima.ca/materiaux-avances/livre-blanc-sur-la-fabrication-additive-au-quebec>.

[4] <https://www.advancedpowders.com/apc-position-paper>; <http://www.tekna.com/news/tekna-launches-its-activities-in-industrial-powder-production-in-europe>; <http://www.tekna.com/about-us?hsCtaTracking=735ef53c-4e34-43cd-a0cf-8e10e8b723cf%7C6844ad3b-259b-4584-a286-69bd2aca0d98>; <https://www.lesaffaires.com/dossier/materiaux-avances/le-quebec-brille-a-l-international-dans-les-poudres-metalliques/618287>.

[5] <https://www.aubertduval.com/fr/wp-media/uploads/sites/2/2019/01/Communique-presse-partenariat-poudres-titane-fabrication-additive-aubert-duval.pdf>.

[6] https://my.mpif.org/Portals/0/assets/ads/E-IJPM_56-2.pdf?ver=2020-05-15-101429-743; <https://resourceworld.com/rio-tinto-producing-rare-metal-scandium-in-quebec>.

[7] <https://www.5nplus.com/fr/engineered-powders-for-additive-manufacturing.html>.

[8] <https://www.indianchemicalnews.com/chemical/nanopore-commissions-new-graphene-facility-in-canada-5531>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589965119300133>.

[9] <https://polycontrols.com/fr/polycsam>.

[10] <https://www.criq.aero/lancement-du-projet-libio-leger-interieur-davion-bionique>.

[11] <https://www.axisproto.com>.

[12] <https://airtable.com/shr2vgqsnKhLjOVUM/tbl6WAm2JPwloLkFy>.

[13] <https://www.nanogrande.com/Nanogrande-in-the-news/winners-formnext-start-up-challenge-2018-revealed>.

[14] <https://www.3dprintingmedia.network/aon3d-kevin-han-interview>.

[15] <https://3dprinting.com/news/dyze-design-releases-high-output-typhoon-3d-printer-extruder>.

[16] <https://www.lesaffaires.com/secteurs-d-activite/ressources-naturelles/que-faire-des-32-twh-de-surplus-d-electricite-d-hydro-quebec/620181>.

[17] https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/release-2020/talent/imd_world_talent_ranking_2020.pdf

[18] <https://pantheradental.com/fr/top-growing-companies-2020>.

[19] <https://nserc-hi-am.ca>.

[20] <https://www.cegepr.qc.ca/creation-centre-recherche-developpement-poudres-metalliques>.

[21] <https://www.coalia.ca/un-nouveau-laboratoire-dimpression-3d-pour-le-cegep-de-thetford-et-coalia>.

[22] <http://inedi.ca/axes-de-recherche/protodec>.

[23] <https://www.criq.qc.ca/fr/actualites/icalrepeat.detail/2020/11/17/425/-/devoilement-du-laboratoire-de-reconstruction-anatomique-3d-une-primeur-au-canada.html>.

[24] Institut national d'optique (INO). Rapport annuel 2019-2020, p. 34 : https://inostorage.blob.core.windows.net/media/2219/rapport_annuel_19-20.pdf

[25] <https://www.ic.gc.ca/eic/site/101.nsf/eng/00065.html#d3>.

[26] L'initiative la plus récente à cet égard au Québec est celle du Cégep de Thetford (et de Coalia) qui offre une attestation d'études collégiales entièrement consacrée à la FA; un programme de 900 heures offert à temps partiel sur deux ans. <https://www.cegep-thetford.ca/aec/techniques-de-fabrication-additive>

[27] <https://www.eib.org/fr/publications/financing-the-deep-tech-revolution>.

[28] https://image-src.bcg.com/Images/BCG-The-Dawn-of-the-Deep-Tech-Ecosystem-July-2019-R-3_tcm79-221024.pdf

avec le Centre hospitalier universitaire de Québec rattaché à l'Université Laval^[23]. Les travaux de l'*Institut national d'optique* (INO) dont la moitié du financement provient des gouvernements du Québec et du Canada s'intéressent aussi à la fabrication additive^[24]. De plus, le *Bureau de normalisation du Québec* (BNQ), mandaté par le *Conseil canadien des normes* (CNN), coordonne au niveau national la contribution du Canada à l'élaboration de normes internationales relatives à la fabrication additive, au travers les travaux des comités techniques ISO/TC 261 et ASTM F42.

Les collaborations en R&D sur la fabrication additive entre la communauté de la recherche et l'industrie sont bien ancrées dans les mœurs et bénéficient de plusieurs incitatifs gouvernementaux : le *CRNC-Programme d'aide à la recherche industrielle* (PARI), le *CRSNG, Investissement Québec-Programme d'innovation, Solutions innovatrices Canada, MITACS*^[25], le *Fonds de la recherche du Québec-Nature et technologie*, etc. Mandatés par le *Ministère de l'économie et de l'innovation* (MEI), les *Regroupements sectoriels de recherche industrielle* (RSRI) jouent aussi un rôle d'importance dans les maillages entre ces milieux scientifiques et industriels, dans l'émergence et le financement de projets de R&D collaborative. Citons plus particulièrement pour les projets en fabrication additive: le *Pôle de recherche et d'innovation en matériaux avancés du Québec* (PRIMA Québec), le *Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium* (CQRDA), *Medtech+ L'innovation pour la santé*, le *Consortium de recherche industrielle en aérospatiale au Québec* (CRIAQ) et le *Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique* (CRITM).

Principaux défis à relever

Les enjeux auxquels est confronté l'écosystème de la fabrication additive au Québec sont typiques de ceux que l'on retrouve avec les technologies de rupture ou du deep tech :

- **L'adoption technologique** pour permettre aux entreprises des secteurs clés de bénéficier de la valeur ajoutée qu'apporte la fabrication additive et de rattraper le retard face à leurs compétiteurs. Cela passe par la sensibilisation, l'accès à l'équipement et aux logiciels, par l'expérimentation des divers procédés et la réalisation de projets pilotes. Des investissements en temps et en ressources sont donc requis par les entreprises pour maîtriser ces nouveaux savoirs et évaluer les impacts de cette technologie sur leurs chaînes

d'approvisionnement. C'est un défi plus grand pour les PME qui ont des ressources limitées et qui sont déjà aux prises avec une rareté de main-d'œuvre qualifiée.

- **Le développement et la certification d'une main-d'œuvre qualifiée** pour renforcer les capacités de l'industrie de la fabrication additive, mais aussi pour permettre aux entreprises utilisatrices de maîtriser pleinement ces nouveaux procédés, de produire plus rapidement et différemment leurs produits ou de nouveaux produits^[26].
- **La R&D** afin de développer des matériaux/procédés innovants, surtout la R&D collaborative qui partage les risques, conjugue les avancées de la communauté de la recherche avec les besoins des industriels, rapproche les petites entreprises qui développent des solutions novatrices avec de grandes sociétés à la recherche de fournisseurs pouvant bonifier leurs portefeuilles d'innovations.
- **L'entrepreneuriat et l'accès à du capital patient** pour développer une masse critique de firmes de la fabrication additive capable d'épauler les secteurs clés de l'économie. Selon

l'European Investment Bank (2018)^[27], c'est encore plus important pour les firmes en deep tech, qui requièrent de substantiels investissements sur une longue période pour développer des applications commercialisables. Les investisseurs ont donc plus de difficulté à évaluer la viabilité technique et financière des propositions d'affaires de ces entreprises.

- **La mobilisation, la concertation et la mutualisation au sein de l'écosystème d'innovation.** Les entreprises, la communauté de la recherche et les gouvernements gagnent à développer des ces écosystèmes sur la base d'une vision commune, d'un cadre de travail ouvert, de projets phares et d'initiatives de partage et de mutualisation des savoirs, des expériences et des équipements, créant ainsi un espace commun d'expérimentation et d'innovation. C'est ce que souligne le Boston Consulting Group (2019) et qui ressort assez significativement des stratégies sur la fabrication additive adoptées au cours des dernières années dans la plupart des pays^[28].

FOURS INDUSTRIELS DE TRAITEMENTS THERMIQUES



Together, building your success!

**DES TRAITEMENTS THERMIQUES
DE HAUTES PRÉCISIONS :**

- AUSTÉNITISATION
- REVENU
- CÉMENTATION
- CARBONITRURATION
- RECUIT
- BRASAGE
- NITRURATION








WWW.CODERE.CH

CODERE SA
 ROUTE DE MIÉCOURT 12 - CP 147 - CH - 2942 ALLE SUISSE
 T +41 32 465 10 10 | F +41 32 465 10 11 - INFO@CODERE.CH