

Proposition de projet ARCM

ARCM vous propose de collaborer sur le 1^{er} projet d'une série, dans le cadre du programme appelé:

Monitoring Intelligent : CLM5 (Vers le Closed-Loop Manufacturing)

Projet 1: Auto-contact numérique micro-fraisage

Objectifs du projet : Le projet a pour ambition de qualifier scientifiquement et techniquement sur le démonstrateur Micro5 la **capabilité et la répétabilité numérique** en micro-fraisage du contact outil-matière basé sur le monitoring du **courant broche**.

Lancement de souscription : 7 septembre 2018

Délai de souscription : 21 septembre 2018

Financement : 30'800 CHF à diviser entre tous les partenaires

But du programme : Expérimentation, développements et validation de divers outils permettant l'upgrade des machines vers une autonomisation appelée SMART MACHINE.

Résumé :

Dans le domaine des machines-outils, les enjeux gravitant autour de la maîtrise SMART du couple outil-matière sont extrêmement élevés : pour garantir une qualité de production intrinsèque, il faut assurer simultanément la capabilité machine, objet très étudié et bien maîtrisé aujourd'hui par les fabricants, ainsi que le comportement de l'outil dans la matière (COM).

Ce dernier est aujourd'hui l'apanage quasi exclusif des metteurs en train qui définissent par expérience et contrôle le programme *idéal* ainsi que les gammes et temps associés. Le résultat est un programme fonctionnel issu d'une estimation-validation humaine du procédé propre à chaque fabrication de pièce. Ce travail chronophage doit être répété à chaque nouvelle pièce ! De plus, l'usure des outils vient s'ajouter à cette problématique. Nous sommes donc dans ce domaine encore très loin d'une maîtrise digitale.

Dans ce contexte, les approches de **condition monitoring** semblent être des outils pertinents pour aller vers une maîtrise SMART (numérique) des machines intégrant le monitoring du **contact outil/matière**. Les grandes quantités de données récoltées en temps réel depuis les capteurs embarqués dans les machines-outils (courants, tensions, vibrations) ouvrent de nouveaux horizons pour un *condition monitoring* plus réactif et adaptatif basé sur des mesures **indirectes** (et donc accessibles sans besoin d'arrêter la production). Toutefois, la masse et l'hétérogénéité des sources de données ne facilitent pas la tâche de l'analyse et la prise de décision.

Le but très ambitieux de ce projet est d'expérimenter un nouveau processus original, orienté données, dans lequel une machine peut s'autogérer selon la **trace significative et contextuelle** laissée dans un premier temps par la mesure du courant broche. Dans ce projet nous réaliserons les actions suivantes :

- **Mesurer** le courant (trace) consommé par la broche porte-outil
- **Evaluer** la précision de répétitivité de celui-ci dans un contexte défini et connu
- **Développer et Adapter** le traitement du signal et les routines CNC permettant de maximiser l'exploitation des signaux et favoriser la précision
- **Qualifier** les résultats

Le but ultime est de devenir les pionniers dans la maîtrise numérique du COM.

Contexte :

Le projet va utiliser comme terrain d'expérimentation le démonstrateur Micro5. Les raisons de ce choix sont d'une part sa conception orientée sobriété (taille, puissance installée, simplicité, précision intrinsèque), sa disponibilité et notre capacité à interagir avec son environnement Hardware et Software.

Le projet 1 est intégré dans une vaste réflexion sur les outils à développer pour aller vers l'autonomisation d'une machine de production, ainsi que l'interaction (interconnectivité) des machines entre elles et avec différentes sources externes. Le programme vise à expérimenter le potentiel d'automatisation lié à la parfaite maîtrise de l'utilisation de données pertinentes, fiables et traductibles en une réalité « métier » de ce qui se passe sur une machine in process.

Les capteurs les plus directement pertinents sont déjà disponibles sur la machine, soit la consommation électrique des actuateurs. Ceci n'est pertinent que si la consommation liée directement au besoin du process représente une part significative de la consommation totale. Le concept Micro5 est parfaitement dans cette cible et est idéal pour expérimenter et investiguer les limites de l'étude.

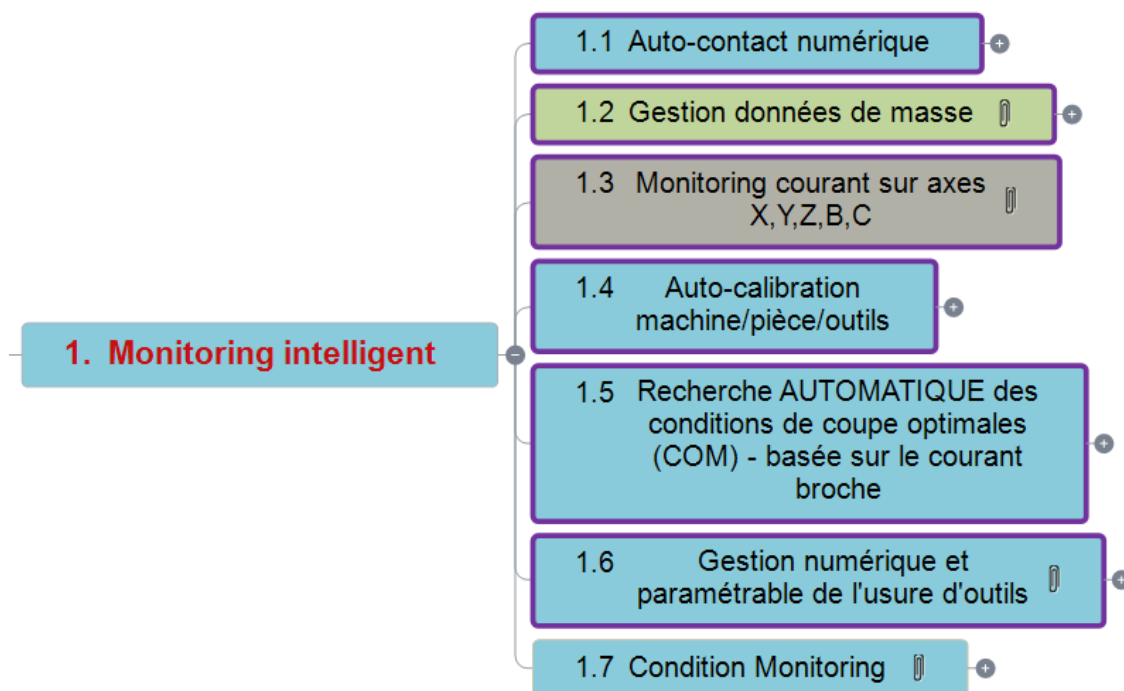
De manière globale, le capteur « courant » sera associé et croisé avec divers autres capteurs afin d'augmenter le potentiel de fiabilité dans la recherche d'événements plus aléatoires. Les données récoltées nous permettront par un traitement spécifique (AI) de travailler sur les aspects de maintenabilité du moyen de production. Pour ce faire, des outils digitaux de maintenance curative et prédictive seront développés dans la dernière partie de la thématique.

Le 1^{er} projet proposé est inséré dans une suite logique de différents projets nous amenant vers une véritable maîtrise SMART d'une fabrication sur une cellule d'usinage-type (Micro5).

Le développement de la thématique globale sera assuré de manière hybride, soit par diverses sources de financement (ARCM - HES-SO - Innosuisse - projets privés, mais avec droits partiels sur résultats) et dans certains cas conjointement avec des fournisseurs de prestation spécifiques.

À ce jour, le budget total du programme est de CHF 571,160. Par contre, un des projet (Surveillance multi-information numérique du process, faisant partie du 1.7 Condition Monitoring) a des chances de se financer à l'interne par la HES-SO à hauteur de CHF 261,386. De plus, il y a un autre projet industriel (procédé spécifique faisant partie du 1.1 Auto-contact numérique) déjà financé à hauteur de CHF 14,490. Le budget manquant à trouver pour expérimenter la thématique globale est donc: **CHF 295,284**.

Contexte globale de la thématique de recherche



Afin de réaliser un processus d'usinage auto-adaptatif, l'objectif scientifique principal sera la conception d'algorithmes d'apprentissage automatique capables de :

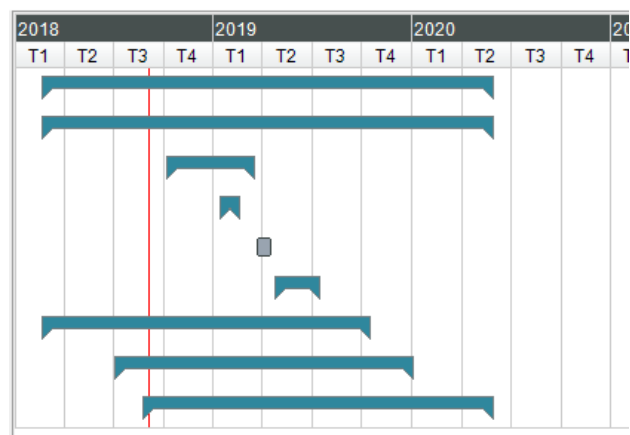
1. Estimer l'état d'usure d'un outil avec des mesures indirectes sans arrêter la production,
2. Evaluer le COM pendant un procédé de micro-usinage,
3. Explorer, adapter et optimiser les paramètres d'usinage en temps réel et pendant l'usinage

Le projet devra d'abord déterminer les variables explicatives des phénomènes d'usinage (variation de températures, de charge, de niveaux acoustiques, etc.) et cela sans négliger la dépendance entre le type d'outil, le type d'usinage, les matériaux adoptés et le résultat attendu.

Dans un deuxième temps, en se basant sur ces résultats, nous visons à réaliser des algorithmes de *Reinforcement learning* (RL) permettant à la machine de s'adapter aux conditions d'usure d'un outil dans l'objectif d'optimiser la qualité de production.

Planning global

	Pla...	Nom de tâche
1	→	Smart machine - Brique technologiqu...
2	→	1. Monitoring intelligent
3	→	1.1 Auto-contact numérique
33	→	1.2 Gestion données de masse
45	→	1.3 Monitoring courant sur axes X,Y,...
46	→	1.4 Auto-calibration machine/pièce...
55	→	1.5 Recherche AUTOMATIQUE des...
66	→	1.6 Gestion numérique et paramétr...
85	→	1.7 Condition Monitoring



Descriptif et objectifs du projet :

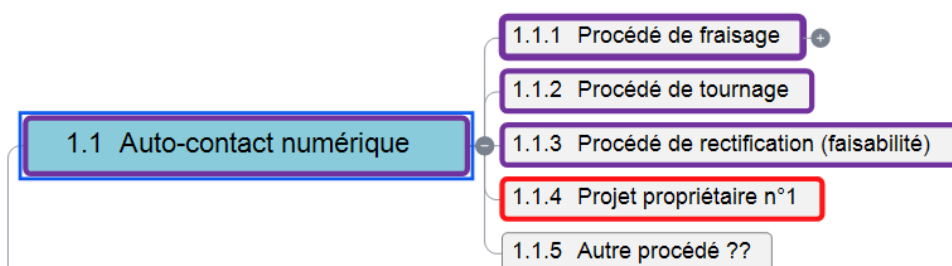
Le 1^{er} projet a pour ambition de qualifier scientifiquement et techniquement sur le démonstrateur Micro5 la **capabilité et la répétabilité numérique** en micro-fraisage du contact outil-matière basé sur le monitoring du **courant broche**.

Pour ce faire, des outils de diverses formes, diverses matières et différentes formes typologiques de pièce seront définis et testés en condition d'usinage. Ceci afin de pouvoir apporter une réponse à la précision atteignable par le processus développé et optimisé.

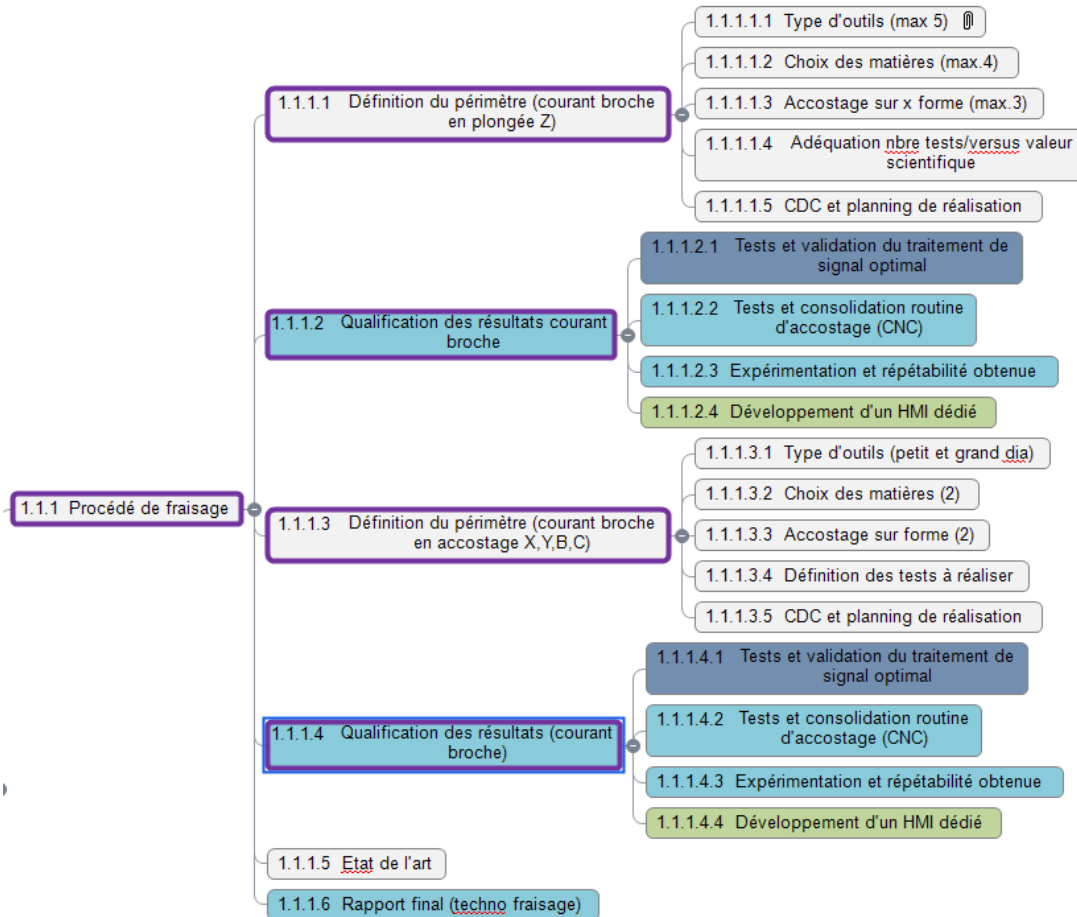
À travers de ce projet, nous développerons des compétences et des outils dans les domaines suivants :

1. Nouvelles approches CNC
2. Monitoring du courant broche (mesure, traitement et interprétation contextuelle)
3. Gestion de données de masse

Contexte du 1er projet étudié (auto-contact numérique)



Liste des tâches du projet1



Comment participer ?

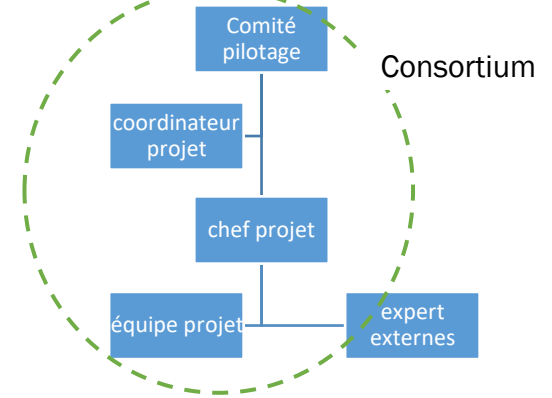
Vous avez jusqu'au 21 septembre pour donner votre réponse. S'il y a au moins 4 sociétés intéressées, le projet aura lieu. Les intéressées qui voudraient rejoindre le projet en cours pourront le faire moyennant une pénalité. Le projet sera diffusé auprès des actuels membres ARCM et auprès d'entreprises susceptibles de devenir membres s'ils souhaitent souscrire au projet. Pour confirmer votre engagement, il faut envoyer un email à bernat.palou@arcm.ch.

Projet communautaire ARCM et règles du jeu :

Les projets sont proposés aux membres ARCM qui bénéficient des synergies de la communauté. Pour obtenir les meilleurs résultats aux moindres coûts, et rapidement acceptés par les clients, collaborer ensemble pour la définition et développement des besoins fait sens. De plus, les frais de ce projet seront divisés par le nombre de participants, en réduisant d'autant leurs investissements initiaux. Cette démarche s'inscrit dans la nouvelle économie collaborative, grâce à un nouveau modèle répondant aux besoins d'innovation dans l'industrie 4.0.

Initiateur du projet, ARCM propose d'être le coordinateur entre les différents partenaires. Etant une association à but non lucratif, ARCM est dans une position idéale pour gérer les relations entre les différents participants au projet. ARCM propose d'intégrer entre 4 et 10 partenaires pour cofinancer le projet. Les conditions et règles du jeu sont proposées à la fin de ce document.

Le projet sera géré par un coordinateur de projet qui devra suivre les consignes du comité de pilotage (formé par tous les membres qui financent le projet). Les participants devront être membres d'ARCM. Le coordinateur du projet sera Bernat Palou d'ARCM, afin d'assurer la neutralité du projet. Le coordinateur, ensemble avec le comité de pilotage proposeront un chef de projet (technique). Le chef de projet sera soutenu par une équipe de projet formée par des experts des HES et des experts des membres participants, ainsi que des experts externes selon le besoin.



Aujourd'hui, ARCM propose comme chef de projet technique le professeur Claude Jeannerat de l'HE-Arc, qui sera soutenu par son équipe ainsi que les équipes du professeur Nabil Ouerhani et professeur Nuria Pazos. La figure suivante montre l'organigramme du projet.

En tant que coordinateur du projet, ARCM aura les tâches suivantes :

- Gérer l'administration
 - Paiements, communications, réunions, contrats et licences
- Prospecter les partenaires et les fournisseurs
- Monter et planifier le projet
- Superviser l'avancement et veiller à garder les intérêts des membres

Financement projet1 :

ARCM finance les travaux par une souscription ouverte auprès de ses membres. Les membres souscripteurs constituent un consortium d'entreprises partenaires du projet qui disposeront des résultats et seront libres de les utiliser pour leurs propres développements.

Ventilation des coûts du projet1

Nom de branche	Durée	Début	Fin	Travail	Coût
Smart machine - Brique technologique (app's)	701.53 jours?	19.02.2018	30.05.2020	9571.08 h	CHF 571 160.92
▣ 1. Monitoring intelligent	701.53 jours?	19.02.2018	30.05.2020	9571.08 h	CHF 571 160.92
▣ 1.1 Auto-contact numérique	132.84 jours	04.10.2018	18.03.2019	1049.1 h	CHF 65 523.00
▣ 1.1.1 Procédé de fraisage	69.53 jours	04.10.2018	21.12.2018	419.1 h	CHF 26 833.00
▣ 1.1.1.1 Définition du périmètre (courant broche en plongée Z)	8.61 jours	04.10.2018	12.10.2018	26.1 h	CHF 2 216.00
▣ 1.1.1.2 Qualification des résultats courant broche	28.76 jours	15.10.2018	16.11.2018	174 h	CHF 11 100.00
▣ 1.1.1.3 Définition du périmètre (courant broche en accostage X,Y,B,C)	1.38 jours	12.11.2018	13.11.2018	15 h	CHF 1 425.00
▣ 1.1.1.4 Qualification des résultats (courant broche)	25.07 jours	14.11.2018	12.12.2018	150 h	CHF 10 055.00
▣ 1.1.1.5 Etat de l'art	30 h	12.12.2018	18.12.2018	30 h	CHF 165.00
▣ 1.1.1.6 Rapport final (techno fraisage)	24 h	18.12.2018	21.12.2018	24 h	CHF 1 872.00

Le coût des travaux décrits ci-dessus est établi comme suit :

Tâches	Coûts (en KCHF)
Implémentation	26,8
Coordination ARCM	4
Total	30,8

La participation maximale serait de 7,7 KCHF (en cas d'être seulement 4 partenaires). Par contre, si le consortium est de 10 partenaires, la contribution par société serait de 3,1 KCHF.

Règlement du projet :

Le règlement décrit les relations entre ARCM et les membres qui souscrivent au projet. Le règlement fait partie de la proposition. La signature de souscription au projet implique la reconnaissance et l'observation du règlement.

Préambule

ARCM remercie l'ASRH pour le modèle du présent contrat. L'Association de Recherche Communautaire des moyens de production Microtechniques (ci-après: "ARCM") propose à ses membres le présent projet (ci-après: le "Projet") traitant *la maîtrise numérique du COM*. Les membres souscripteurs deviennent partenaires du Projet (ci-après: les "Partenaires"). Le directeur d'ARCM assume le rôle de coordinateur de projet (ci-après: le "Coordinateur de projet"). La réalisation des travaux est confiée à l'HE-Arc Ingénierie à Neuchâtel (ci-après: le "Mandataire"), qui agit dans le cadre d'un mandat de recherche. Le Mandataire accepte de travailler avec d'autres institutions et Partenaires.

Un contrat de projet lie le Mandataire et ARCM, il définit les conditions de réalisation du mandat, ainsi que les questions de confidentialité et les droits d'utilisation des résultats. Le Mandataire est soumis à une clause de confidentialité l'engageant à ne diffuser aucune information à des tiers pour tout ce qui concerne le Projet. Le Coordinateur de projet gère les travaux selon les besoins des Partenaires, qu'il réunit à la fréquence nécessaire pour assurer le pilotage et le suivi du Projet.

Le présent règlement s'applique à toutes les personnes physiques ou morales qui souscrivent des parts au Projet.

ARTICLE 1 Peut faire partie du Projet et bénéficier des résultats des recherches toute entreprise et/ou institution, privée ou publique, membre d'ARCM.

ARTICLE 2 Les décisions entre les Partenaires se prennent à la majorité simple.

ARTICLE 3 Les Partenaires sont informés de l'état d'avancement du Projet et des résultats des recherches. Ceux-ci sont communiqués aux Partenaires lors des séances de suivi. Ils font également l'objet d'un rapport de synthèse, présenté à l'occasion de la séance de clôture et transmis à tous les Partenaires à l'issue du Projet.

ARTICLE 4 Les Partenaires peuvent contribuer en nature en mettant à disposition des ressources avec un maximum de 25% de leur souscription.

ARTICLE 5 Chaque membre peut demander de traiter sa participation confidentielle vis-à-vis de l'extérieur.

ARTICLE 6 Tous les paiements passeront via ARCM. En tant que coordinateur de projet, ARCM gère les factures et paiements des membres et des fournisseurs. Les paiements se fera en 2 parts : 60% à la signature et 40% après les livrables, sauf pour le premier projet qui sera traité de manière indépendante et sera payée à l'avance. ARCM ne s'engage pas vis-à-vis des engagements financiers du résultat du projet.

ARTICLE 7 Les Partenaires et le Coordinateur de projet s'engagent à ne divulguer les informations en lien avec le Projet à aucun tiers pendant deux ans, à partir de la date de la séance de clôture du Projet. Tout intervenant au groupe de travail doit souscrire au même engagement de confidentialité.

ARTICLE 8 Tout membre d'ARCM peut devenir Partenaire, en cours du Projet, avec l'accord de la majorité simple des Partenaires. Ces derniers décident du montant que le nouveau Partenaire doit payer.

ARTICLE 9 Aucun des Partenaires ne peut déposer une demande de brevet et/ou revendiquer, de quelque manière que ce soit, les résultats du projet, ceux-ci appartenant collectivement à l'ensemble des Partenaires et à ARCM. Ces ayants-droit peuvent toutefois utiliser les résultats pour leurs propres développements et les valoriser dans leurs produits.

ARTICLE 10 Les Partenaires décident de l'opportunité de déposer des demandes de brevet couvrant les résultats du Projet. En cas de dépôt de demandes de brevet, celles-ci sont déposées au nom d'ARCM pour le compte de l'ensemble des Partenaires. Les inventeurs sont mentionnés comme tels. Les Partenaires supportent les frais y relatifs notamment de procédure, d'opposition et de maintien, en proportion du montant respectif des parts souscrites. Le Partenaire qui ne souhaite pas participer à ces frais, ou celui qui ne paye pas sa part des frais dans un délai de 3 mois après envoi de la facture y relative, perdra tous ses droits relatifs au brevet, et ne sera pas copropriétaire du brevet déposé.

ARTICLE 11 Les Partenaires s'engagent financièrement pour toute la durée du Projet. Aucun remboursement n'est effectué sur les montants déjà payés en cas de sortie, pour quelque raison que ce soit, de l'un ou l'autre des Partenaires en cours de projet.

ARTICLE 12 ARCM, par la Coordination de projet, reçoit une contribution financière prévue dans le budget initial du Projet (autour du 15% du projet), pour la direction de celui-ci.

ARTICLE 13 En cas de violation, par un Partenaire, des obligations souscrites, les autres Partenaires, à majorité simple, peuvent prononcer l'exclusion avec effet immédiat de ce dernier. Toutes les sommes versées par le Partenaire exclu restent acquises. Le Partenaire exclu pour faute devra dédommager l'ensemble des Partenaires pour le préjudice éventuel occasionné. De plus, dans le cas particulier de violation par un Partenaire des dispositions décrites à l'art. 9, une licence non exclusive, gratuite, avec droit de donner des sous-licences, est de fait accordée à tous les autres Partenaires.

ARTICLE 14

(1) Chaque Partenaire conserve la pleine et entière propriété de toutes ses informations et connaissances techniques et scientifiques existant au début du Projet (Propriété Intellectuelle Antérieure = PIA). Il en est de même pour ce qui est des informations et connaissances techniques et scientifiques développées indépendamment par chacun des Partenaires en parallèle au Projet (Propriété Intellectuelle Parallèle = PIP).

(2) Les Partenaires n'ont pas l'obligation d'informer sur leurs éventuels projets dans le même domaine que le Projet.

(3) Par contre, un Partenaire disposant de demandes de brevet ou de brevets dans le domaine du Projet, constituant de la PIA ou de la PIP et sur lesquels une licence serait nécessaire pour l'exploitation des Résultats du Projet a l'obligation d'informer en temps utile (dès que raisonnablement possible, selon les circonstances concrètes au début ou en cours du Projet) les autres Partenaires sur l'existence de cette PIA ou PIP, ceci afin d'éviter un blocage du Projet.

(4) Au cas où une licence sur une telle PIA et/ou PIP serait nécessaire, ARCM négociera avec le Partenaire concerné, pour le compte des autres Partenaires, les termes et conditions d'une option pour un contrat de licence non exclusive et non transférable à des conditions financières raisonnables permettant l'exploitation commerciale des Résultats du Projet. L'utilisation de la PIA ou PIP concernée par les autres Partenaires sera strictement limitée à la valorisation des résultats du Projet, à l'exclusion de toute autre utilisation.

(5) Lorsqu'un Partenaire a rempli son obligation d'informer en temps utile selon l'alinéa 3 ci-devant, il n'est pas obligé d'accorder l'option sur la licence selon l'alinéa 4 ci-devant, si les termes et conditions offertes ne sont pas à sa convenance. Lorsqu'un Partenaire n'a pas rempli son obligation d'informer en temps utile selon l'alinéa 3 ci-devant et que la PIA ou PIP est indispensable pour l'exploitation des Résultats, il doit accorder une licence gratuite, non exclusive et non transférable, strictement limitée à la valorisation des résultats du Projet, à l'exclusion de toute autre utilisation.

(6) Les litiges ayant trait à l'application du présent article seront également soumis au tribunal arbitral selon l'art. 15 ci-après.

ARTICLE 15 Tous litiges, différends ou prétentions nés du présent Règlement ou se rapportant à celui-ci, qui ne peuvent pas être réglés à l'amiable, seront tranchés par voie d'arbitrage, conformément au Concordat sur l'arbitrage adopté par la Conférence des directeurs cantonaux de la justice le 27 mars 1969. Le nombre d'arbitres est fixé à trois. Le siège de l'arbitrage sera à Neuchâtel.

Bernat Palou

le 7 septembre 2018

Directeur d'ARCM