De la pierre et du fil à l'intelligence partagée

Un point de départ au format carte de crédit pour la fabrication locale et la participation mondiale

Livre blanc HSIMC - Master français

Benny (Yan) Liao - Fondateur, HSIMC

W0-013 - P5-B French Master - 12 novembre 2026

Master source anglais : W0-011 · Vocabulaire contrôlé : W0-012

Autorité humaine · Capacité locale · Participation mondiale

Ne laisser personne de côté à l'ère physique de la GenAI

Note de publication

Le présent document est un livre blanc indépendant de HSIMC. Il ne revendique ni approbation, ni certification, ni partenariat, ni statut de norme, ni validation de la part des Nations Unies, d'OpenAI, du projet Model Context Protocol, de l'ISO, de l'IATA, du GHG Protocol, de l'aéroport international de Hong Kong, ni d'aucune autre organisation citée à titre de contexte externe.

Le livre blanc distingue les propositions, les références documentaires, les simulations, les enregistrements de simulation à distance, les résultats de référence physique, les configurations livrées physiquement et les résultats opérationnels. Lorsqu'une affirmation n'est pas encore étayée par le niveau de preuve approprié, elle demeure une proposition ou un objectif de conception.

L'empreinte plane d'une carte de crédit standard est utilisée comme point de départ familier. Il ne s'agit pas d'affirmer que l'ensemble du système proposé - calcul, communications, alimentation, détection et interfaces - a déjà été intégré dans une carte conforme à l'ISO/IEC 7810.

Avant-propos du fondateur - Commencer par ce qui existe déjà

J'ai passé une grande partie de ma vie professionnelle au plus près du moment où une idée cesse d'être un dessin et doit survivre au monde physique.

Cette expérience comprend le travail de normalisation, la vision industrielle, des projets industriels, la coordination de fournisseurs et tout le travail moins spectaculaire qui vient après une idée prometteuse : vérifier des dimensions, trouver le bon connecteur, fabriquer un gabarit, corriger un dessin, expliquer la même exigence à différentes équipes d'ingénierie et découvrir qu'un résultat qui semblait évident dans le logiciel ne l'est pas du tout sur le terrain de l'usine.

L'arrivée d'une GenAI puissante rend cet écart plus visible, et non moins visible.

Un modèle peut désormais produire du code, des dessins, des analyses, des traductions et des variantes de conception à une vitesse extraordinaire. Pourtant, le monde physique continue de poser des questions auxquelles on ne peut se soustraire. Quel matériau est réellement disponible ? Quelle machine peut le traiter ? Qui est autorisé à utiliser cette machine ? Quelle version est en cours de fabrication ? L'interface est-elle électriquement compatible ? Qui accepte le résultat ? Que se passe-t-il si le réseau disparaît alors qu'une action physique a déjà commencé ? Qui reçoit la valeur lorsqu'une tâche est achevée ?

Je me suis convaincu que l'une des opportunités les plus importantes de l'ère GenAI n'est pas simplement de construire davantage de machines autonomes. Elle consiste à rendre les capacités existantes plus faciles à comprendre, à combiner, à vérifier et à réutiliser.

Ces capacités sont partout. Il peut s'agir d'une équipe UWB sophistiquée à Shenzhen. Il peut s'agir d'un module de calcul T736 et du travail de développement accumulé par un fournisseur. Il peut s'agir d'une ancienne imprimerie de Kwun Tong capable de produire un repère précis ou un gabarit avant même qu'une équipe d'ingénierie éloignée ait terminé sa réunion. Il peut s'agir d'une machine à broder capable de poser un fil conducteur. Il peut s'agir d'un travailleur local qui sait gérer une remise difficile dans un hôtel. Il peut s'agir d'un petit atelier disposant d'un marqueur laser, d'une caméra, d'un rouleau de feuille de cuivre, d'une pile de matériaux d'emballage, d'une machine à coudre, ou simplement d'une méthode fiable pour fabriquer la même chose de manière répétable.

Le défi n'est pas de prétendre que toutes ces choses sont identiques. Le défi consiste à donner à chaque contribution une limite claire : ce qu'elle peut faire, dans quelles conditions, qui détient l'Autorité, comment une autre équipe la demande et quels Éléments de preuve démontrent le résultat.

C'est pourquoi ce livre blanc commence par la pierre et le fil.

La pierre représente une matière qui existe déjà - parfois précieuse, parfois mise au rebut, parfois mal décrite. Le fil représente une compétence familière et une machine ordinaire qui peuvent acquérir une nouvelle fonction lorsqu'ils sont associés à des matériaux conducteurs, à l'électronique et à une interface définie. Le point de départ au format carte de crédit représente une échelle physique que chacun peut comprendre immédiatement. Elle est assez petite pour être tenue en main, imprimée, transportée, fixée et discutée, tandis que l'intelligence qui la sous-tend peut rester répartie entre des surfaces locales, des modules électroniques, du calcul en périphérie, des équipements existants et des services cloud.

Le livre blanc élargit ensuite progressivement le champ. Il demande comment les personnes conservent leur Autorité lorsque les modèles et les outils deviennent plus puissants ; comment l'orientation de MCP vers un protocole sans état peut soutenir la collaboration sans effacer l'état du monde réel ; comment les équipes matérielles et logicielles peuvent commencer ensemble avant l'expédition du matériel final ; comment une même fonction peut être reproduite par plusieurs fabricants ; comment mesurer la valeur sans double comptage ; et comment un résultat de référence concluant peut mûrir jusqu'à une spécification partagée sans être qualifié trop vite de norme.

Le principe qui relie toutes ces dimensions est simple :

Un résultat défini, dans un lieu et à un moment nommés, selon des conditions convenues, réalisé par une partie responsable et vérifié par des Éléments de preuve.

Je crois que cela compte sur les plans économique, technique et social.

Sur le plan économique, cela peut réduire la distance entre un plan GenAI et quelque chose qu'un client peut utiliser ou acheter. Sur le plan technique, cela permet à différents spécialistes de travailler contre la même limite plutôt que d'attendre une équipe produit monolithique. Sur le plan social, cela crée une voie permettant aux personnes et aux petites organisations de contribuer des fonctions utiles sans devoir d'abord devenir des plateformes logicielles ou des usines entièrement automatisées.

Voilà ce que signifie, dans ce document, « Ne laisser personne de côté à l'ère physique de la GenAI ». Il ne s'agit pas d'affirmer que la technologie crée automatiquement l'inclusion. C'est une exigence de conception : la participation doit être compréhensible ; l'Autorité doit être visible ; la contribution doit pouvoir être attribuée ; les Éléments de preuve doivent accompagner le résultat ; et la valeur ne doit pas disparaître dans un système que le contributeur ne peut pas examiner.

Mon rôle de Fondateur de HSIMC n'est pas de prétendre que chaque élément est déjà résolu. Il est d'aider à définir les interfaces, à réunir des capacités complémentaires, à maintenir des limites de preuve rigoureuses et à avancer continuellement du plan vers un résultat testé.

L'invitation est donc volontairement pratique :

Apportez votre capacité existante.

Livrez une fonction reproductible.

Mesurez un résultat utile.

Faites des plans GenAI une valeur réelle - maintenant, ici, à l'échelle mondiale. - **Benny (Yan) Liao**

Fondateur, HSIMC

12 novembre 2026

Résumé exécutif

L'intelligence artificielle générative peut désormais produire des conceptions, du code, des instructions, des analyses et des alternatives à une vitesse extraordinaire. Le monde physique avance autrement. Un résultat utile dépend toujours de matériaux, de machines, d'outils, de personnes, d'espace, de temps, d'autorisations, de sécurité, de limites de fabrication et d'une méthode claire permettant de décider si le résultat est acceptable.

La publication d'OpenAI du 3 novembre 2026, *Accelerating engineering for the physical world*, décrit des avancées dans la conception mécanique, l'électronique, le logiciel, la simulation et la fabrication, et invite explicitement les ingénieurs, sociétés d'ingénierie et éditeurs de logiciels à contribuer à structurer ce travail autour de vrais outils et de vrais problèmes. HSIMC répond par une proposition indépendante : rendre les capacités réelles existantes plus faciles à découvrir, à combiner, à vérifier et à réutiliser entre équipes, réseaux et lieux.

L'unité de base est volontairement simple : **un résultat défini, dans un lieu et à un moment nommés, selon des conditions convenues, réalisé par une partie responsable et vérifié par des Éléments de preuve.** Ce résultat peut être un échantillon, un matériau traité, une pièce inspectée, un article stocké, une remise achevée, une version logicielle publiée ou une action physique contrôlée. L'objectif n'est pas de tout automatiser. Il est de raccourcir le chemin entre un plan GenAI et un changement réel, utile et imputable.

Le livre blanc commence par ce que les gens possèdent déjà. L'empreinte plane d'une carte de crédit standard sert de référence physique familière ; elle ne prouve pas qu'un ordinateur complet ait déjà été comprimé dans le format d'une carte bancaire. L'intelligence peut être répartie entre une surface imprimée ou textile, un petit module électronique, un nœud de calcul en périphérie, une machine existante et des services cloud. Différents contributeurs peuvent ainsi livrer différentes fonctions contre la même interface et les mêmes conditions d'acceptation.

C'est pourquoi les matériaux et outils familiers comptent. Les flux de matériaux de construction peuvent être explorés pour de nouveaux usages de composants. Le fil conducteur, la couture et la broderie peuvent devenir des procédés de placement contrôlé lorsqu'ils sont associés à l'électronique et à des essais appropriés. L'impression peut produire des repères d'alignement, des étiquettes, des électrodes, des interfaces et des surfaces fonctionnelles. Un atelier local peut fournir un gabarit ; un ingénieur peut fournir un algorithme ; une autre équipe peut fournir un adaptateur de caméra, un Profil UWB ou une procédure d'essai. La contribution doit être assez petite pour être comprise et assez robuste pour être reproduite : **une fonction, avec des entrées et sorties claires, des conditions, une responsabilité, une version et des Éléments de preuve d'acceptation.**

HSIMC organise la collaboration autour de **Resource, Authority et Evidence**. Une Resource est la personne, le lieu, la machine, le matériau, la position d'inventaire, le service ou toute autre capacité du monde réel dont il est question. L'Authority décrit qui peut découvrir, lire, contribuer, réserver, configurer, exécuter, arrêter, accepter, libérer ou administrer une capacité. Les Evidence décrivent ce qui a été observé, testé, livré, accepté ou rejeté, avec suffisamment d'informations de version et de provenance pour qu'une autre partie puisse comprendre le résultat.

Ces concepts métiers sont distincts de la terminologie du Model Context Protocol. Dans MCP, les tools sont des opérations appelables et les resources fournissent des données ou du contexte à un client. La spécification du 28 juillet 2026 a fait évoluer MCP vers un noyau de protocole sans état, dans lequel les requêtes sont auto-descriptives et où l'état applicatif qui doit persister est référencé explicitement plutôt que caché dans une session de transport. HSIMC adopte cette leçon d'ingénierie sans prétendre que le monde physique n'a pas d'état. L'état des équipements, les réservations de Work, la Garde, l'Authority, les Reçus d'opération, le paiement et les Evidence persistent.

Cette distinction permet un principe utile : **requête sans état ; responsabilité réelle persistante.** Un nouvel ingénieur peut rejoindre le travail depuis un autre client, appareil ou réseau sans dépendre d'une mémoire conversationnelle cachée, tandis que le travail physique reste lié à des identités et enregistrements explicites. Une nouvelle tentative ne doit pas créer un deuxième effet physique. Un Reçu d'opération historique ne doit pas être confondu avec une Observation récente. Une entrée QR ou NFC publique ne doit pas accorder silencieusement une Autorité de contrôle d'équipement. Une demande d'annulation ne doit pas être rapportée comme un arrêt physique tant que l'exécuteur physique n'a pas confirmé l'arrêt.

La voie matérielle la plus courte aujourd'hui utilise le module T736 et les actifs d'ingénierie déjà accumulés autour de lui. La route est la suivante : **simulation cloud et développement applicatif -> travaux matériels et d'interface en parallèle -> validation à distance sur carte de référence -> gel de configuration -> expédition -> association locale, récupération et poursuite de l'exploitation.** Cela permet au logiciel, au matériel, aux procédés et à la fabrication locale de commencer en parallèle contre des contrats communs.

La Limite de preuve d'ingénierie reste explicite. C0-005 est une référence documentaire matérielle. C0-007 est un simulateur dont la source est vérifiée. C0-008 enregistre 14/14 contrôles de simulation à distance Azure du 10 novembre 2026. Le T736 physique n'était pas accessible lors de ce test enregistré et H0-001 n'a pas effectué de

nouvelle sonde physique. Le matériel au format carte reste un objectif de conception. Ces enregistrements assurent la continuité de l'ingénierie ; ils ne constituent ni l'acceptation d'une carte physique ni l'affirmation d'un produit fini.

Une première fonction partagée proposée est l'alignement et l'inspection d'échantillons. Une équipe peut produire un échantillon imprimé ou un gabarit versionné, une autre développer le traitement d'image sur des entrées fixes, puis un adaptateur peut associer une caméra réelle et une cible T736, tandis qu'un second site peut reproduire la même fonction. La métrique produit n'est pas seulement de savoir si une démonstration fonctionne, mais de mesurer la rapidité avec laquelle une autre équipe peut la reproduire et la quantité de connaissance implicite qu'il faut clarifier.

La même méthode de collaboration peut s'appliquer à **Make, Move et Assist** tout en gardant séparés les dossiers de sécurité physique. Une petite usine peut avoir besoin d'un transfert à faible fréquence d'un matériau depuis le stockage vers une machine, puis vers une zone temporaire et enfin vers une remise à un prestataire logistique tiers. Les concepts aéroport-hôtel peuvent distinguer RoomReady, BagReady et GuestReady au lieu de traiter la livraison comme un événement unique. Les chariots vides peuvent être étudiés comme un problème de libération d'espace. La mobilité assistée peut réutiliser certaines interfaces et méthodes de preuve, mais un résultat de fret ne valide jamais un fauteuil roulant ni une autre application transportant des personnes.

La valeur est mesurée au moyen de registres séparés plutôt qu'avec un chiffre unique gonflé. Les résultats de trésorerie enregistrent les revenus réellement réalisés, les dépenses de trésorerie évitées et vérifiées, ainsi que les dépenses d'exploitation incrémentales. Les résultats de capacité libérée enregistrent le temps, le débit, l'attente, la préparation et la capacité à réaliser un travail supplémentaire. Les résultats utilisateur et service enregistrent le calendrier, le choix, l'accès et d'autres effets sur le service. Les résultats environnementaux et matériels enregistrent les flux réels, l'énergie et les frontières du cycle de vie. Les résultats de gouvernance enregistrent l'Authority, l'acceptation, la Garde, la qualité des Evidence, les litiges et la récupération. La comptabilité au niveau du réseau élimine ensuite les transferts internes afin qu'un paiement d'un participant à un autre ne soit pas compté deux fois comme une nouvelle valeur créée.

Les 17 Objectifs de développement durable des Nations Unies fournissent une grille de lecture des résultats, pas une collection de badges. La pertinence initiale la plus forte pour ce livre blanc concerne les compétences et l'apprentissage, le travail décent et les petites entreprises, une industrie et une innovation inclusives, la réduction des inégalités, la consommation et la production responsables, ainsi que les partenariats. Les autres Objectifs ne deviennent pertinents que dans les applications où les Evidence nécessaires existent. **La pertinence pour un ODD n'est pas la réalisation d'un ODD. Une intention ESG n'est pas une performance ESG. Les Evidence d'un Work ne constituent pas des Evidence pour l'ensemble de la plateforme.**

« Ne laisser personne de côté » devient une question d'exploitation : qui peut participer, qui ne le peut pas, pourquoi, qui détient l'Authority, qui contribue un effort non rémunéré, qui reçoit une valeur en espèces, qui supporte un nouveau risque, et si des voies de participation alternatives existent pour les personnes qui n'ont pas la langue, l'appareil, le compte ou la compétence privilégiés.

Enfin, le livre blanc explique comment un travail de référence peut mûrir vers des spécifications partagées. Une démonstration réussie n'est pas une norme. Le chemin de maturité est : **observation -> méthode de référence -> Profil versionné -> méthode de Conformité -> implémentations indépendantes -> spécification partagée -> normalisation formelle, lorsque cela se justifie.** Les normes formelles exigent un processus de normalisation approprié et un consensus multi-acteurs ; les méthodes de référence et profils de compatibilité HSIMC ne doivent pas être qualifiés de normes internationales simplement parce qu'ils sont utiles.

Le réseau peut commencer avec une petite contribution. Un participant peut apporter un échantillon de matériau, un procédé de couture ou d'impression, une heure-machine, un gabarit, une image caméra, un adaptateur, un site de test local, un algorithme, une méthode d'inspection ou une plage de service acceptée. Les personnes sans API peuvent tout de même participer. La contribution minimale utile peut être une fonction, un échantillon, une note de procédé, une méthode d'acceptation, une déclaration d'Authority et des Evidence de temps/coût réels.

L'invitation est la suivante :

Apportez votre capacité existante.

Livrez une fonction reproductible.

Mesurez un résultat utile.

Faites des plans GenAI une valeur réelle - maintenant, ici, à l'échelle mondiale.

Comment lire ce livre blanc

Ce livre blanc est conçu pour plusieurs types de lecteurs, qui peuvent y entrer par des points différents.

Si vous êtes dirigeant d'entreprise ou responsable d'exploitation, commencez par la Partie I et la Partie V. Elles expliquent l'écart entre un plan numérique et un résultat réel, l'unité Work utilisée tout au long du document, ainsi que la manière de mesurer la trésorerie, la capacité libérée, les effets ESG et les résultats distributifs.

Si vous êtes maker, petit fabricant ou prestataire local, commencez par la Partie II et l'Annexe G. Elles montrent comment des matériaux, machines et compétences ordinaires peuvent être décrits comme des capacités délimitées, sans exiger une plateforme logicielle complète ni un projet d'automatisation couvrant toute l'usine.

Si vous êtes ingénieur logiciel, IA ou MCP, commencez par les Parties III et IV. Elles distinguent l'Autorité humaine de l'autorisation protocolaire, HSIMC Resource de MCP resource, les Observations récentes des Reçus d'opération, et le comportement d'un protocole sans état de la persistance de l'état métier et physique.

Si vous êtes ingénieur matériel ou fournisseur, commencez par la Partie IV et les Annexes C-E. Elles décrivent les contrats communs, les seuils de preuve, T736 comme voie de référence actuellement la plus courte, les adaptateurs remplaçables, le gel de configuration et la reproduction sur un second site.

Si vous représentez une institution publique, une équipe ESG, une université ou un partenaire de développement, commencez par la Partie V, l'Annexe A et l'Annexe B. Elles montrent comment cartographier les 17 ODD sans prétendre à une réalisation lorsqu'aucune preuve n'existe, et comment maintenir les Evidence environnementales, sociales et de gouvernance séparées du langage marketing.

Si vous envisagez de rejoindre le réseau, commencez par la Partie VI et l'Annexe G. Vous n'avez pas besoin d'arriver avec un produit complet. Une vraie tâche ou une capacité reproductible suffit pour commencer.

Les libellés de niveau de preuve utilisés dans tout le livre sont définis dans l'Annexe F. Le statut de version et de publication est enregistré vers la fin du livre afin que le lecteur puisse distinguer une proposition, une simulation, une simulation à distance, un résultat de référence physique, une configuration livrée et un résultat opérationnel.

Table des matières unifiée

Éléments liminaires - Avant-propos du fondateur - Commencer par ce qui existe déjà - Résumé exécutif - Comment lire ce livre blanc

Partie I - L'opportunité : faire entrer l'intelligence dans la fabrication quotidienne - Chapitre 1 - La distance entre une réponse et un résultat - Chapitre 2 - Un point de départ au format carte de crédit - Chapitre 3 - Ne laisser personne de côté à l'ère physique de la GenAI

Partie II - Les matériaux de départ : ce que les gens savent et possèdent déjà - Chapitre 4 - Une seconde vie pour la pierre - Chapitre 5 - Du fil à l'interface - Chapitre 6 - Du savoir-faire à la Capacité reproductible

Partie III - Le modèle de collaboration : personnes, Tools, Resources et Evidence - Chapitre 7 - Les personnes détiennent l'Autorité - Chapitre 8 - Tools, Resources et contrats partagés - Chapitre 9 - Requêtes sans état, résultats imputables

Partie IV - La voie d'ingénierie : développer ensemble, vérifier dans la réalité - Chapitre 10 - Construire ensemble avant l'expédition du matériel - Chapitre 11 - La voie de référence T736 - Chapitre 12 - Une fonction, plusieurs fabricants

Partie V - La valeur : résultats utiles et participation mesurable - Chapitre 13 - Parcours réels : Make, Move et Assist - Chapitre 14 - Mesurer la valeur sans double comptage - Chapitre 15 - Dix-sept Objectifs, des contributions spécifiques

Partie VI - L'invitation : un réseau mondial de capacités existantes - Chapitre 16 - Un réseau ouvert de capacités complémentaires - Chapitre 17 - Des résultats de référence aux spécifications partagées - Chapitre 18 - Une invitation à rendre l'IA réelle

Annexes - Annexe A - Les 17 ODD : pertinence, contribution, Evidence et limites - Annexe B - Cadre de mesure ESG - Annexe C - Common Capability Contract - Annexe D - Profils d'interface physique et de matériaux - Annexe E - Feuille de route d'ingénierie de référence et d'acceptation - Annexe F - Registre Evidence et notes de sources - Annexe G - Guide de participation - Annexe H - Règles éditoriales multilingues - Glossaire - Bibliographie et registre des sources - Registre des versions et Evidence

Partie I - L'opportunité : faire entrer l'intelligence dans la fabrication quotidienne

La Partie I en un coup d'œil

L'IA générative peut produire des plans, du code, des dessins, des analyses et des alternatives à une vitesse qu'il devient de plus en plus difficile au monde physique d'égaler. Il faut toujours trouver le matériau. La machine doit toujours être disponible. Le gabarit doit convenir. Une personne doit avoir l'Autorité d'agir. Un résultat doit être accepté, réparé, remis, payé ou rejeté. L'opportunité décrite dans ce livre blanc consiste à rendre ces capacités physiques plus faciles à découvrir, à combiner et à vérifier, sans prétendre que le monde réel est devenu sans friction.

La Partie I établit trois propositions.

Premièrement, la distance entre une réponse et un résultat n'est pas un simple inconvénient temporaire. C'est un espace de conception. Le travail d'ingénierie, de fabrication et de service gagne en valeur lorsque l'IA peut travailler avec des contraintes physiques explicites, des parties responsables et des Éléments de preuve, plutôt qu'avec des plans abstraits uniquement.

Deuxièmement, l'empreinte familière d'une carte de crédit peut servir de point de départ pratique à la participation. Cela ne signifie pas que chaque fonction doit être comprimée dans une seule carte. Cela signifie qu'une entrée petite, portable et compréhensible peut relier un support imprimé, le NFC ou le QR, l'électronique locale, un nœud de calcul, une machine existante et des services cloud. L'intelligence peut être répartie entre plusieurs couches tout en gardant une interface compréhensible.

Troisièmement, une large participation exige davantage qu'un accès à la technologie. Elle exige une Autorité, une contribution significative et une manière équitable de reconnaître la valeur. La promesse des Nations Unies de ne laisser personne de côté fournit un principe humain important : identifier qui est exclu, comprendre pourquoi, permettre une participation significative et maintenir l'imputabilité visible. HSIMC applique ce principe à une nouvelle question de l'ère physique de la GenAI : **qui peut aider à transformer des plans en Capacité utile, dans quelles conditions, et qui partage la valeur créée ?**

Les chapitres qui suivent ne constituent donc pas une spécification produit. Ils forment la base d'un modèle de collaboration qui sera testé à travers les matériaux, la fabrication, l'ingénierie, la logistique et l'exécution dans le monde réel.

Chapitre 1 - La distance entre une réponse et un résultat

1.1 Le travail physique derrière une réponse numérique

Un modèle peut répondre à une question en quelques secondes. Il peut proposer un circuit, créer du code, comparer des matériaux, générer un dessin, suggérer un plan de procédé ou produire une série de tests. Pourtant, aucune de ces sorties ne constitue, à elle seule, un résultat physique.

Un résultat physique utile dépend toujours de conditions qui sont souvent absentes du prompt : - la nuance réelle du matériau, son épaisseur, son humidité, sa finition ou ses dommages ; - la machine réelle, le contrôleur, le firmware et l'outillage disponibles sur le site ; - les dimensions et tolérances d'un gabarit ou d'un connecteur ; - la compétence et la disponibilité de la personne qui réalisera l'opération ; - l'espace, la plage d'accès et les règles de sécurité du lieu ; - l'Autorité permettant d'utiliser la Resource, de modifier l'objet ou de déplacer l'actif ; - l'état courant des stocks, de l'alimentation, du réseau ou du transport ; - la méthode selon laquelle le résultat sera inspecté et accepté.

Cette distance entre une réponse et un résultat est facile à sous-estimer parce que le travail numérique masque une grande partie de l'effort physique. Un PDF peut contenir des milliers de pages avant que quiconque n'ait manipulé une seule feuille de papier. Des milliers de codes QR peuvent être générés avant que quiconque n'ait découpé, plastifié, perforé ou fixé une carte. Un PCB peut être dessiné avant qu'un fabricant n'ait confirmé l'empilage, le poids du cuivre, les limites de perçage ou la disponibilité des composants. Un plan d'entrepôt peut être optimisé avant que quiconque n'ait confirmé que l'allée est dégagée ou que la palette est structurellement saine.

Cet écart ne prouve pas que l'IA échoue. Il montre que le prochain problème d'ingénierie est différent.

La question n'est plus seulement : **« Un modèle peut-il produire un plan plausible ? »** Elle devient de plus en plus : **« Un plan peut-il être relié à de vraies Resources, à une vraie Authority, à de vraies contraintes et à un résultat vérifiable ? »**

C'est l'opportunité à laquelle HSIMC s'attaque.

Un résultat est plus qu'une action

Ce livre blanc utilise une unité de Work volontairement concrète :

> ***Un résultat défini, dans un lieu et à un moment nommés, selon des conditions convenues, réalisé par une partie responsable et vérifié par des Éléments de preuve.***

Un résultat peut être : - un échantillon découpé selon une géométrie convenue ; - un repère imprimé placé dans une tolérance d'alignement définie ; - un motif textile conducteur dont les propriétés électriques sont mesurées ; - un matériau transféré d'un emplacement de stockage vers une machine ; - un article fini placé dans un emplacement temporaire identifié ; - une remise de bagage achevée dans une plage horaire acceptée ; - un chariot vide déplacé hors d'une zone passagers contrainte ; - une inspection achevée et enregistrée selon une méthode versionnée.

La définition est volontairement neutre quant au fait que le travail soit réalisé par une personne, une machine, un robot, un prestataire ou une combinaison de ces acteurs. L'automatisation est une Capacité possible. Elle ne définit pas la valeur.

La valeur réside dans le changement d'état accepté.

1.2 L'invitation d'ingénierie de novembre

Le 3 novembre 2026, OpenAI a publié *Accelerating engineering for the physical world*, décrivant les avancées dans la manière dont les modèles d'IA peuvent soutenir la conception mécanique, l'ingénierie électrique, le logiciel, la simulation et la conception de systèmes de bout en bout. La publication souligne que les ingénieurs doivent réunir des outils spécialisés, des exigences de fabrication et des changements entre disciplines, et invite les ingénieurs, organisations d'ingénierie et éditeurs de logiciels à contribuer à structurer ce travail autour de vrais problèmes et de vrais outils.

HSIMC considère cette publication comme un signal important pour l'ingénierie, et non comme une approbation de HSIMC ou des propositions contenues dans ce livre blanc.

L'opportunité complémentaire est claire. Les modèles de pointe peuvent devenir de plus en plus capables en conception et en analyse, tandis qu'une grande partie des Resources nécessaires pour rendre un résultat réel reste locale, fragmentée et difficile à décrire sous une forme qu'une autre équipe peut utiliser en toute sécurité.

Un petit atelier peut disposer : - d'une découpeuse laser mais sans Profil de capacité normalisé ; - d'une machine à coudre ou à broder mais sans méthode d'essai électronique convenue ; - d'une imprimante capable de produire un repère fonctionnel mais sans procédure d'alignement versionnée ; - d'une machine CNC dont l'opérateur

connaît les limites réelles mieux que ne les décrit sa brochure publique ; - d'une boîte d'étiquettes ou de matériaux réutilisables dont l'état courant n'est connu que d'une seule personne ; - d'un gabarit utile qui n'existe que sous forme d'objet physique ; - d'un fournisseur local fiable qui n'expose aucune API.

Une équipe d'ingénierie mondiale peut disposer d'un excellent code, de simulations ou d'analyses, mais ne pas avoir de voie rapide vers ces capacités.

L'opportunité ne consiste donc pas uniquement à améliorer l'IA en ingénierie. Elle consiste aussi à rendre la Capacité d'ingénierie plus lisible pour l'IA et pour les autres personnes.

De la Capacité cachée à une contribution utilisable

Pour qu'une Capacité devienne utile entre équipes, au moins cinq questions doivent pouvoir recevoir une réponse :

1. **Que peut-elle faire ?**
   La fonction, les entrées, les sorties et les conditions de fonctionnement.
2. **Où et quand est-elle disponible ?**
   Le lieu, la plage horaire, les exigences de préparation et l'état courant.
3. **Qui est responsable ?**
   La personne ou l'organisation qui peut accepter le Work et réagir lorsque les conditions changent.
4. **Qui détient l'Authority ?**
   La partie autorisée à voir les données, réserver de la capacité, exploiter l'équipement, modifier les réglages, libérer les résultats ou annuler le Work.
5. **Comment le résultat sera-t-il vérifié ?**
   Les Evidence, l'essai, la mesure, l'inspection ou la remise qui transforment une activité en résultat accepté.

Ces questions sont aussi pertinentes pour une personne équipée d'une machine à coudre que pour une grande usine automatisée.

C'est pourquoi le modèle de travail de HSIMC s'articule autour de **Resource, Authority et Evidence**. - **Resource** décrit ce qui existe et dans quelles conditions cela peut être utile. - **Authority** décrit qui peut décider, exploiter, partager, accepter ou retirer. - **Evidence** décrit ce qui a effectivement été observé, testé, livré ou rejeté.

Le modèle est volontairement compatible avec une réalité imparfaite. Une Resource peut être enregistrée mais indisponible. Une machine peut être capable en principe mais non vérifiée dans une configuration particulière. Un fichier peut exister alors que son implémentation physique reste non testée. Un expert humain peut n'être disponible que pendant une courte plage horaire. Un fournisseur local peut contribuer au moyen d'un handoff structuré même s'il ne dispose pas d'une pile logicielle sophistiquée.

Cette flexibilité est importante parce qu'une grande partie du monde physique ne commence pas sous la forme d'un jumeau numérique propre et complet.

1.3 Premier principe de conception : rendre la prochaine étape exécutable

La sortie d'IA la plus utile n'est souvent pas un plan directeur complet. C'est la prochaine étape qu'une autre partie peut réellement exécuter.

Prenons un exemple simple : un échantillon imprimé doit être aligné et inspecté.

Un modèle mondial peut proposer un motif d'alignement. Un imprimeur local peut produire l'échantillon. Un fabricant de gabarit peut définir la référence mécanique. Un ingénieur en vision peut écrire une fonction `locate_marks`. Un intégrateur caméra peut connecter un appareil réel. Un second atelier peut reproduire le test. Aucun de ces contributeurs n'a besoin de posséder l'ensemble du système.

La collaboration acquiert de la valeur lorsque leurs sorties se rencontrent au moyen d'un Contrat commun : - image d'entrée connue ou image réelle de caméra ; - version de motif connue ; - système de coordonnées et unités ; - champs de sortie attendus ; - cas d'erreur acceptables ; - état de calibration ; - version logicielle ; - fichier Evidence ou Reçu d'opération.

Le premier atelier peut ne livrer que la cible imprimée et le gabarit. Cela suffit si la contribution est compréhensible et reproductible.

C'est le sens plus profond de l'invitation du projet :

> ***Apportez votre capacité existante. Livrez une fonction reproductible.***

Cela abaisse le seuil d'une participation utile tout en améliorant la qualité du handoff.

Pourquoi « maintenant » compte

Le monde physique a toujours contenu des capacités distribuées. Ce qui change à l'ère GenAI, c'est la vitesse à laquelle la conception, l'explication, le code, la traduction et la coordination peuvent être produits autour de ces capacités.

Un atelier local n'a plus besoin de préparer un catalogue produit international complet avant qu'un ingénieur distant puisse comprendre sa contribution. Un modèle peut aider à traduire des notes techniques, générer des exemples d'interface, structurer un plan d'essai et comparer des alternatives. Une équipe distante peut commencer avec un simulateur pendant que le matériel est encore en préparation. Les Evidence peuvent être renvoyées sous une forme qu'une autre équipe peut inspecter.

Cela n'élimine pas le travail local. Cela augmente la valeur du travail local clairement décrit.

La variable concurrentielle commence à se déplacer de **« Qui peut fabriquer l'unité la moins chère ? »** vers une question plus riche :

« Qui peut fournir la bonne Capacité, au bon endroit et au bon moment, avec un handoff fiable et une itération rapide ? »

Le faible coût reste important sur de nombreux marchés. Mais pour les prototypes, réparations, personnalisations, intégrations terrain, remplacements urgents, petites séries et services locaux, la vitesse et la coordination peuvent être économiquement décisives.

Cela est particulièrement visible dans les environnements industriels denses, où des installations locales matures peuvent déjà disposer de capacités d'impression, de traitement laser, d'assemblage, d'emballage et de réparation. L'opportunité consiste à les relier à de nouvelles formes de demande d'ingénierie sans exiger de chaque participant qu'il devienne une entreprise technologique full-stack.

1.4 Ce que ce livre blanc ne prétend pas

Une initiative crédible dans le monde physique doit dire ce qui n'est pas encore prouvé.

Ce livre blanc ne prétend pas que : - chaque atelier local puisse fabriquer de l'électronique en toute sécurité ; - chaque matériau recyclé soit préférable sur le plan environnemental ; - chaque procédé de couture ou d'impression puisse devenir un procédé de fabrication électronique ; - chaque interaction QR ou NFC autorise un contrôle physique ; - le positionnement UWB rende automatiquement le mouvement sûr ; - un résultat de simulateur prouve le comportement d'un appareil réel ; - un déplacement réussi de fret valide un système transportant des personnes ; - un concept au format carte de crédit soit déjà un ordinateur complet de l'épaisseur d'une carte ; - un réseau mondial existe simplement parce qu'un site web répertorie des Resources potentielles.

À la place, il propose une méthode pour passer de **Proposé -> Documenté -> Simulé -> mesuré -> Reproduit indépendamment -> accepté commercialement**, tout en conservant le niveau de preuve à chaque étape.

Cette discipline des Evidence est essentielle à l'opportunité. Elle permet à l'ambition et à la crédibilité d'ingénierie de coexister.

Chapitre 2 - Un point de départ au format carte de crédit

2.1 Une empreinte familière et un objectif de conception explicite

Une carte de crédit standard est l'un des objets d'ingénierie les plus familiers de la vie quotidienne. Le format ISO/IEC 7810 ID-1 mesure nominalement 85,60 mm sur 53,98 mm. La norme complète couvre aussi des caractéristiques physiques au-delà de la taille plane ; ce livre blanc utilise donc cette empreinte comme **référence de conception**, et non comme affirmation que chaque appareil proposé respecte déjà l'ensemble de la norme carte.

Pourquoi commencer là ?

Parce qu'une échelle physique familière est puissante.

Les gens peuvent immédiatement imaginer : - la transporter ; - la fixer à un autre objet ; - la placer dans un portefeuille, un colis ou un gabarit ; - imprimer dessus ; - ajouter un code QR ; - intégrer un inlay NFC ; - l'empiler avec d'autres couches ; - l'utiliser comme point d'entrée d'identité et de service.

Un point de départ au format carte de crédit transforme une discussion abstraite d'infrastructure en quelque chose qu'une personne peut tenir en main.

Mais le principe de conception n'est pas **« tout mettre dans une seule carte ».**

Il est **« rendre l'entrée assez petite pour être comprise, tout en permettant à la Capacité qui se trouve derrière d'être distribuée ».**

Cette distinction empêche le facteur de forme de devenir un gadget.

2.2 La carte est une entrée, pas la machine entière

L'empilement physique peut être compris comme plusieurs couches.

Couche A - l'entrée visible

Il peut s'agir d'une carte imprimée, d'une étiquette, d'un tag, d'un patch, d'une plaque ou d'une surface textile. Elle peut porter : - une identité lisible par l'humain ; - une entrée QR ; - une entrée NFC ; - des repères d'alignement ; - des instructions ; - une référence de produit ou de Resource ; - un marqueur de version ou de lot.

Elle peut être fabriquée au moyen de procédés locaux matures et n'a pas besoin de contenir le système de calcul complet.

Couche B - la surface fonctionnelle ou l'interface

Elle peut ajouter : - du fil conducteur ; - des électrodes imprimées ; - une antenne simple ; - un conducteur flexible ; - un contact de capteur ; - un connecteur ou breakout ; - une caractéristique mécanique de positionnement.

L'objectif n'est pas de romantiser l'artisanat. Il est de déterminer si un procédé familier peut livrer une fonction mesurable.

Par exemple, une broderie conductrice peut former une géométrie d'antenne, mais le résultat exige toujours une puce ou un module compatible, un accord électrique et des essais. L'impression peut produire un repère ou une électrode, mais ses performances électriques ou optiques dépendent toujours du matériau, de la géométrie et de la maîtrise du procédé.

La valeur de la contribution du maker devient plus claire lorsque la fonction est séparée du reste du système.

Couche C - le module électronique

Des modules électroniques existants peuvent fournir des fonctions qu'un maker local ne devrait pas avoir à réinventer : - interface NFC ou RFID ; - télémétrie ou positionnement UWB ; - entrée caméra ou capteur ; - conversion USB ou série ; - stockage sécurisé ; - connectivité sans fil ; - conditionnement d'alimentation.

Une bonne architecture rend ces modules remplaçables et testables au lieu de les imbriquer définitivement dans un seul procédé artisanal.

Couche D - le nœud de calcul local

La voie d'ingénierie HSIMC actuelle utilise la famille T736 comme chemin de référence le plus court pour un nœud portable de calcul et d'interface physique. Les Evidence de projet existantes étayent une référence documentaire matérielle et une voie d'ingénierie basée sur simulateur ; elles ne prouvent pas encore un produit fini au format carte de crédit.

Le rôle prévu du nœud est plus large que celui d'un « téléphone ». Il peut fonctionner comme : - nœud portable d'équipe ; - serveur local de bureau ; - nœud d'interface embarqué ; - passerelle entre des équipements existants et des services cloud ; - collecteur local d'Evidence ; - Runtime pour adaptateurs et fonctions contraintes.

Sa valeur provient de l'interface commune et du workflow d'ingénierie, et non de l'étiquette apposée sur le boîtier.

Couche E - équipements existants et Capacité cloud

La carte ou le nœud local peut se connecter à : - une imprimante existante ; - une machine laser ; - une machine à coudre ou à broder ; - une caméra ; - un lecteur code-barres ou RFID ; - un module UWB ; - un contrôleur de machine ; - un emplacement d'entrepôt ; - un espace de travail d'ingénierie distant ; - un modèle ou service dans le cloud.

C'est là qu'une petite entrée physique peut débloquer une Capacité beaucoup plus grande.

2.3 Pourquoi l'intelligence distribuée compte

Le monde physique est rempli de machines matures qui n'ont jamais été conçues pour les workflows modernes de GenAI.

Les remplacer toutes serait irréaliste économiquement et environnementalement.

Une stratégie plus pratique consiste à séparer : - la Capacité physique stable ; - l'interface remplaçable ; - la limite locale de calcul et de contrôle ; - le modèle ou workflow distant ; - l'Autorité humaine permettant de les utiliser.

Cela permet d'ajouter une nouvelle intelligence de manière incrémentale.

Une machine âgée de vingt ans peut continuer à réaliser le mouvement qu'elle maîtrise déjà. Un nouvel adaptateur peut exposer un petit ensemble d'opérations sûres. Un nœud de classe T736 peut traduire des données, conserver un état local ou connecter une caméra. Un modèle distant peut aider à générer des réglages ou inspecter des résultats. Un opérateur humain reste responsable de l'Authority propre au site et de la gestion des exceptions.

L'architecture traite donc **les choses existantes comme des Capabilities potentielles**, et non comme une infrastructure obsolète à remplacer.

C'est particulièrement important pour les petites entreprises et les makers locaux. Leur avantage concurrentiel n'est souvent pas une plateforme numérique propriétaire. C'est la proximité, l'expérience pratique, l'accès aux équipements, la réactivité et la capacité à improviser dans des contraintes connues.

Le défi consiste à transformer cette Capacité tacite en quelque chose sur lequel une autre équipe peut compter.

2.4 De la pierre à un composant utile

« Pierre » dans le titre ne signifie pas que des déchets de construction puissent directement devenir de l'électronique. Elle représente la question la plus fondamentale de la fabrication locale :

Quelle fonction utile un matériau disponible peut-il remplir, une fois sa source, ses propriétés et ses conditions de traitement comprises ?

Un flux de matériaux issu de la construction ou de la fabrication peut contenir des fractions minérales, polymères, bois, métal ou mélangées. Chacune nécessite sa propre caractérisation et une voie de traitement appropriée. Un projet responsable ne qualifie pas un article de « recyclé » en supposant que le dossier environnemental est ainsi terminé.

Le workflow utile est le suivant :

6. identifier autant que possible la source et la composition ;
7. définir la fonction visée ;
8. traiter un échantillon selon une méthode versionnée ;
9. mesurer les performances pertinentes ;
10. enregistrer le rendement, les déchets, l'énergie, le travail et le coût ;
11. comparer avec l'alternative de référence ;
12. décider si le matériau convient à cette fonction.

Un matériau peut être utile comme : - corps de gabarit ; - plaque structurelle non électrique ; - surface d'affichage ou d'information ; - composant de protection ; - substrat d'échantillon ; - emballage ; - gabarit temporaire ; - ingrédient composite.

L'important n'est pas le nombre d'usages possibles. C'est que chaque usage puisse devenir une Capacité explicite accompagnée d'Evidence.

C'est ainsi qu'un matériau « ordinaire » devient partie d'un réseau de production intelligent.

2.5 Du fil à une couche fonctionnelle

« Fil » représente une autre voie : la transformation d'une compétence humaine familière en une contribution technique mesurable.

La couture et la broderie sont des capacités largement distribuées. Elles existent dans les grandes usines, les petits ateliers, les écoles, les foyers et les milieux communautaires. Le fil conducteur permet d'explorer des motifs électriques à l'aide de machines et de compétences déjà très répandues.

La contribution peut être : - une géométrie d'antenne brodée ; - un chemin conducteur ; - un contact wearable ; - une interface de capteur cousue ; - une méthode reproductible de placement d'un petit module électronique.

Mais le livre blanc sépare volontairement **la fabrication du motif** de **la preuve de la performance électronique**.

Un maker peut être capable de reproduire avec une grande constance la densité et la géométrie des points. Un ingénieur RF peut être nécessaire pour caractériser l'impédance et les performances de l'antenne. Un partenaire électronique peut fournir la puce compatible. Une autre équipe peut tester la durabilité après pliage ou lavage.

C'est exactement le type d'ingénierie multi-parties que la GenAI peut aider à coordonner.

Le réseau n'exige pas qu'une personne sache tout. Il exige une définition partagée du résultat et un handoff fiable entre contributeurs.

2.6 La carte comme contrat avec le monde physique

La fonction la plus importante de la carte pourrait finalement n'être ni le calcul ni l'identification.

Elle pourrait être **la coordination**.

Une carte ou un tag physique peut pointer vers une identité persistante de Resource. À partir de là, un utilisateur ou agent autorisé peut apprendre : - ce qu'est l'objet ; - qui en est responsable ; - quelles Capabilities sont disponibles ; - quels documents sont à jour ; - quelles Evidence existent ; - quelles actions peuvent être demandées ; - quelles permissions sont nécessaires ; - quel Work est déjà en cours.

L'entrée physique est simple. La responsabilité qui se trouve derrière est explicite.

C'est pourquoi QR et NFC sont utiles mais insuffisants. Ils résolvent la découverte et la proximité. À eux seuls, ils ne résolvent ni l'Authority, ni la fraîcheur, ni la sécurité, ni l'imputabilité.

La carte devient donc la **porte d'entrée** vers une Capacité plus large, et non la Capacité elle-même.

Chapitre 3 - Ne laisser personne de côté à l'ère physique de la GenAI

3.1 Un principe humain pour une transition technique

L'Agenda 2030 des Nations Unies décrit 17 Objectifs de développement durable et 169 cibles comme intégrés et indivisibles, et comprend l'engagement de ne laisser personne de côté et d'atteindre d'abord les plus éloignés. Les orientations des Nations Unies en matière de développement présentent en outre Leave No One Behind comme une promesse transformatrice centrale, soulignant la nécessité d'identifier qui est exclu et pourquoi, de permettre une participation significative et de maintenir l'imputabilité.

Ce livre blanc ne prétend pas que HSIMC représente les Nations Unies ni que chaque activité de projet fait progresser chacun des ODD.

Il adopte plutôt une question pratique inspirée de ce principe :

> ***À mesure que la GenAI entre dans l'économie physique, qui acquiert la capacité de participer - et qui risque de rester en dehors du nouveau système de production ?***

Cette question compte parce que les transitions technologiques peuvent concentrer la Capacité même lorsqu'elles réduisent le coût de l'information.

Une personne peut avoir accès à un modèle d'IA puissant tout en ne disposant pas : - d'une machine ; - d'un lieu de travail sûr ; - d'une identité reconnue dans un réseau d'approvisionnement ; - de capital pour l'outillage ; - d'un accès linguistique ; - d'une connectivité fiable ; - d'un moyen de prouver la qualité ; - d'un canal pour recevoir du Work rémunéré ; - d'une Autorité sur les données ou équipements concernés.

Inversement, une autre personne peut détenir une Capacité physique précieuse sans moyen simple de l'exposer à un workflow d'ingénierie mondial.

Une couturière peut maîtriser une production textile reproductible sans jamais décrire cette Capacité comme un service d'ingénierie. Un technicien retraité peut connaître une machine mieux que sa documentation. Une petite imprimerie peut produire le jour même un échantillon fonctionnel plus précieux pour un ingénieur qu'un lot moins cher expédié de l'étranger et livré des semaines plus tard. Un opérateur local peut savoir qu'une palette, un couloir ou un gabarit est dangereux même lorsque le plan numérique affirme le contraire.

Ces personnes ne sont pas « non techniques ». Elles détiennent des formes de Capacité que le système numérique ne sait souvent pas reconnaître.

3.2 La participation n'est pas la même chose que l'accès

Donner un identifiant de connexion à quelqu'un ne crée pas une participation significative.

Une participation significative exige au moins quatre choses.

1. La personne peut comprendre le Work

La tâche doit être exprimée dans une langue et une forme adaptées au participant. Le détail technique doit être disponible lorsque nécessaire, mais la première interface doit rendre le résultat attendu compréhensible.

C'est l'une des raisons pour lesquelles le projet utilise une publication en couches : carte, bref, résumé et livre blanc complet. Des personnes différentes ont besoin de profondeurs d'explication différentes.

Le même principe s'applique au travail d'ingénierie. Un opérateur machine a besoin de la condition d'acceptation de l'opération. Un ingénieur matériel a besoin des limites électriques. Un ingénieur logiciel a besoin du Contrat de fonction. Un client doit connaître le résultat, le délai, le prix et la responsabilité.

2. La personne peut décider de participer ou non

L'Authority doit rester visible.

Le fait qu'une Resource soit découvrable n'implique pas qu'elle puisse être utilisée. Le fait qu'une personne soit répertoriée n'implique pas qu'elle ait accepté un Work. Le fait qu'une machine soit techniquement capable n'implique pas que le contrôle à distance soit autorisé. Le fait qu'un document soit lisible n'implique pas l'Authority de modifier le système physique.

C'est pourquoi HSIMC sépare **Resource** et **Authority**.

3. La contribution peut être reconnue et vérifiée

Une contribution doit laisser des Evidence attribuables à la partie responsable et à la version concernée.

Ces Evidence peuvent être : - un échantillon ; - une mesure ; - une photographie ; - un journal machine ; - un commit de code ; - un rapport d'essai ; - un reçu de handoff ; - un résultat d'inspection ; - une acceptation signée ; - une procédure reproductible.

La reconnaissance compte parce que le travail invisible est facilement sous-évalué.

4. Le participant peut partager la valeur

Une participation sans distribution équitable de la valeur peut simplement créer une nouvelle forme d'extraction.

Le projet distingue donc : - le Work rémunéré ; - la contribution donnée ou sponsorisée ; - la participation à la recherche ; - les matériaux en nature ; - l'infrastructure partagée ; - la contribution intellectuelle ; - les droits commerciaux futurs.

Les conditions n'ont pas besoin d'être identiques dans chaque projet. Elles doivent être suffisamment explicites pour que les participants comprennent ce qu'ils apportent et ce qu'ils peuvent recevoir.

3.3 Collaboration sans état, responsabilité persistante

La spécification MCP du 28 juillet 2026 a introduit un noyau de protocole sans état. En pratique, chaque requête peut transporter les informations nécessaires à son traitement au lieu de dépendre d'un état caché de session de transport. Si une application a besoin d'un état entre les requêtes, elle peut utiliser un handle ou identifiant explicite.

C'est une base puissante pour la collaboration d'ingénierie mondiale.

Un ingénieur peut se reconnecter depuis un autre client. Une requête peut être routée via une infrastructure scalable. Les catalogues de Tools et de resources peuvent être découverts et mis en cache. Les workflows n'ont pas besoin de dépendre d'une unique session longue et fragile.

Mais un transport sans état ne supprime pas la responsabilité du monde réel.

Un système physique a toujours besoin d'enregistrements persistants pour : - l'identité des Resources ; - l'état des équipements ; - les réservations ; - les ordres de Work ; - la Garde ; - les Reçus d'opération ; - l'autorisation ; - les Evidence ; - le paiement ; - les exceptions et la récupération.

Le principe de conception est donc :

> ***Requête sans état ; responsabilité du monde réel persistante.***

Cette séparation favorise l'inclusion parce que la participation n'est plus liée à une conversation cachée ni à une unique session client. Une nouvelle équipe peut reprendre un Work clairement identifié, sous réserve de l'Authority, et comprendre ce qui s'est déjà produit.

Elle protège aussi les participants. Un reçu historique ne doit pas être présenté comme une Observation récente. Une nouvelle tentative ne doit pas créer une seconde action physique. Une permission expirée ne doit pas être silencieusement réutilisée. Une description publique de Resource ne doit pas accorder des droits de contrôle d'équipement.

C'est ainsi qu'un protocole scalable peut soutenir l'imputabilité au lieu de l'affaiblir.

3.4 Autorité humaine · Capacité locale · Participation mondiale

HSIMC résume son modèle de participation en trois expressions.

Autorité humaine

Les personnes et organisations conservent le droit de définir l'usage autorisé de leurs Resources, données, équipements et Work.

L'Autorité humaine ne signifie pas que chaque action exige un clic manuel. Elle signifie que l'automatisation opère dans une limite explicitement déléguée et que la responsabilité peut être retracée.

Capacité locale

La Capacité physique utile existe dans des lieux spécifiques.

Une machine, une pièce, un opérateur, un lot de matériau ou un service de livraison possède un emplacement, une plage de disponibilité, un état et un responsable. L'IA mondiale ne peut pas effacer ces faits. Elle peut aider à les coordonner.

La nature locale de la Capacité physique n'est pas une limitation. Elle est à l'origine d'une grande partie de sa valeur.

Participation mondiale

La conception, l'analyse, la traduction, le logiciel, la simulation, la revue qualité et la collaboration commerciale peuvent venir de n'importe où, à condition que les contributeurs travaillent contre une interface commune et une Limite de preuve commune.

La participation mondiale n'exige pas que toutes les données soient publiques. Elle exige un moyen d'exposer les bonnes informations au bon participant sous la bonne Authority.

Ensemble, ces principes soutiennent un réseau dans lequel un petit contributeur peut participer sans prétendre être une usine mondiale, et une équipe mondiale peut utiliser une Capacité locale sans prétendre que l'exécution physique n'est qu'un appel API.

3.5 Les ODD comme grille de lecture, pas comme badge marketing

Les 17 Objectifs de développement durable fournissent un cadre large pour considérer les résultats sociaux, économiques et environnementaux. Ce livre blanc cartographiera les 17 Objectifs, mais leur pertinence variera selon chaque Work.

Les connexions initiales les plus fortes devraient notamment inclure : - **ODD 4 - Éducation de qualité :** apprentissage au travers de Work d'ingénierie réels et reproductibles ; - **ODD 8 - Travail décent et croissance économique :** participation rémunérée, Capacité des petites entreprises et travail productif ; - **ODD 9 - Industrie, innovation et infrastructure :** permettre aux petits participants de se connecter à des systèmes modernes d'ingénierie et de production ; - **ODD 10 - Inégalités réduites :** réduire les barrières créées par la géographie, la langue, le capital, l'âge ou l'accès aux infrastructures ; - **ODD 12 - Consommation et production responsables :** réparation, réutilisation, Evidence matériaux et conscience du cycle de vie ; - **ODD 17 - Partenariats pour la réalisation des Objectifs :** coopération pratique multipartite autour de la technologie, des connaissances et de la mise en œuvre.

Une cartographie responsable des ODD exige une limite de revendication.

Pour chaque contribution proposée, le projet doit demander :

13. Qu'est-ce qui a changé par rapport à la référence ?
14. Qui en a bénéficié ?
15. Qui a supporté un coût ou un risque supplémentaire ?
16. Quelles Evidence étayent le résultat ?
17. Qu'est-ce qui reste inconnu ?

Cela évite que les ODD deviennent des icônes décoratives accolées à une activité commerciale ordinaire.

3.6 ESG comme discipline opérationnelle

L'ESG est utile dans ce projet lorsqu'il façonne les décisions, et non lorsqu'il est ajouté après la fin du Work.

Environnemental

Le projet doit mesurer les changements pertinents de matériaux et d'énergie, notamment : - nouveau matériau introduit ; - déchets évités ou créés ; - réparation et réutilisation ; - énergie de procédé ; - transport ; - cycle de vie des appareils et batteries ; - traitement en fin de vie.

Une entrée recyclée n'est pas automatiquement un résultat à moindre impact. L'ensemble du procédé compte.

Social

Le projet doit observer : - qui peut participer ; - qui reçoit du Work rémunéré ; - si de nouvelles compétences sont acquises ; - si la charge physique ou l'attente est réduite ; - si l'accès s'améliore pour des personnes ayant des besoins différents ; - si les travailleurs gagnent ou perdent de l'autonomie ; - si le système transfère le risque vers des participants moins puissants.

Gouvernance

Le projet doit préserver : - la propriété ou responsabilité des Resources ; - les limites d'Authority ; - l'historique des versions ; - les Evidence d'acceptation ; - les enregistrements de paiement et de contribution ; - les voies d'escalade et de correction ; - les limites de confidentialité et de données.

Les mêmes Evidence qui renforcent la fiabilité d'ingénierie peuvent donc renforcer la crédibilité ESG.

3.7 La plus petite action mondiale significative

Un écosystème mondial peut sembler d'une ampleur impossible. Le projet définit volontairement une action de départ beaucoup plus petite.

Un participant peut apporter : - un échantillon de matériau ; - un procédé de fabrication ; - une heure-machine ; - un gabarit ; - une image caméra ; - un adaptateur logiciel ; - une méthode d'essai ; - un site local ; - une plage logistique ; - un besoin réel de client.

Le participant décrit ensuite : - ce qui peut être fourni ; - où et quand ; - qui est responsable ; - quel usage est autorisé ; - comment le résultat peut être vérifié.

Cela suffit pour commencer.

Le réseau devient réel lorsqu'une seconde partie peut utiliser la contribution, produire un résultat accepté et retourner des Evidence.

Le niveau suivant est la Reproduction indépendante dans un autre lieu.

Le niveau d'après est une valeur économique reproductible.

Cela crée une échelle de participation qui n'exige pas que chaque contributeur devienne une société logicielle, possède une infrastructure coûteuse ou comprenne l'ensemble du système avant de pouvoir ajouter de la valeur.

3.8 Conclusion de la Partie I - de l'inclusion à la Capacité

L'opportunité décrite dans la Partie I est plus vaste que le matériel et plus modeste qu'une idéologie.

Elle est plus vaste que le matériel parce que le problème central n'est pas une carte, un ordinateur, un robot ou un protocole unique. Il s'agit de coordonner des personnes, Tools, matériaux, machines, Authority et Evidence autour de résultats physiques utiles.

Elle est plus modeste qu'une idéologie parce que la proposition peut être testée une fonction à la fois.

Un procédé local peut-il produire un échantillon qu'une autre équipe peut vérifier ?

Un ingénieur distant peut-il travailler avant l'expédition du matériel final ?

Une machine existante peut-elle recevoir une nouvelle interface utile sans être remplacée ?

Une personne disposant d'un outil ordinaire peut-elle contribuer une fonction mesurable ?

La valeur, le coût et la responsabilité peuvent-ils être compris par toutes les parties impliquées ?

Si les réponses deviennent positives, l'idée acquiert de la substance.

La Partie II passera de l'opportunité aux matériaux de départ eux-mêmes : **pierre, fil, impression et autres procédés familiers**, ainsi qu'à la discipline d'ingénierie nécessaire pour les faire passer de possibilités intéressantes à des Capabilities reproductibles.

Limite de preuve de la Partie I

Il s'agit d'une **proposition indépendante de livre blanc HSIMC**. Elle ne revendique aucune approbation de la part des Nations Unies, d'OpenAI, du projet Model Context Protocol, de l'ISO ou d'un partenaire d'écosystème nommé.

Les Evidence d'ingénierie héritées restent inchangées : - **C0-005 :** référence documentaire du matériel T736 ; - **C0-007 :** simulateur dont la source est vérifiée ; - **C0-008 :** enregistrement historique de simulation à distance Azure, 14/14 le 10 novembre 2026 ; - **H0-001 :** aucune nouvelle sonde physique T736 ; la carte de référence physique est restée non liée dans ce handoff ; - le matériel au format carte de crédit reste un objectif de conception et non une affirmation de produit fini.

Les exemples exploratoires portant sur la mobilité, les matériaux et la fabrication locale servent à définir des questions et des modèles de collaboration. Ils ne sont pas présentés comme des spécifications produit validées, sauf lorsqu'un niveau de preuve spécifique est indiqué.

Notes de sources sélectionnées

18. OpenAI, *Accelerating engineering for the physical world*, 3 November 2026. https://openai.com/index/accelerating-engineering-for-the-physical-world/
19. Model Context Protocol, *The 2026-07-28 Specification*. https://blog.modelcontextprotocol.io/posts/2026-07-28/
20. Model Context Protocol, specification dated 28 July 2026. https://modelcontextprotocol.io/specification/2026-07-28/
21. United Nations, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://sdgs.un.org/2030agenda
22. United Nations Sustainable Development Group, *Leave No One Behind*. https://unsdg.un.org/2030-agenda/universal-values/leave-no-one-behind
23. ISO/IEC 7810, Identification cards - Physical characteristics; ID-1 nominal dimensions are 85.60 mm x 53.98 mm. https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:7810:ed-3:v1:en
24. HSIMC, *Card Phone and Cloud Development - Cross-Project Hand Off H0-001*, 11 November 2026.
25. HSIMC, *White Paper Executive Summary W0-004*, 11 November 2026.

Partie II - Les matériaux de départ : ce que les gens savent et possèdent déjà

La Partie II en un coup d'œil

La Partie I a montré que la distance entre une réponse générée par l'IA et un résultat physique n'est pas un simple inconvénient temporaire. C'est l'endroit où matériaux, Tools, personnes, Authority, temps et Evidence doivent être réunis.

La Partie II commence par une question pratique : **et si la participation ne commençait pas par une nouvelle usine, mais par ce que les gens savent déjà et possèdent déjà ?**

Un petit atelier peut avoir des chutes de pierre, du stock d'emballage, une machine à coudre, une brodeuse, une imprimante, un marqueur laser, de la feuille de cuivre, des outils manuels, un téléphone, une caméra, un gabarit, une boîte d'anciens tags, ou tout simplement une manière fiable de fabriquer la même chose à répétition. Aucun de ces actifs n'est, à lui seul, de la « fabrication GenAI ». Pourtant, chacun peut devenir partie d'un réseau de production assisté par l'IA lorsque sa fonction, ses conditions, ses interfaces et ses Evidence sont rendues explicites.

Cette Partie développe trois propositions.

Premièrement, un matériau ne devrait pas être évalué uniquement selon sa catégorie de marché d'origine. Un panneau minéral rebuté, un élément de construction ou une chute peuvent acquérir une seconde vie si leur source, leur état, leurs limites de traitement et leur nouvelle fonction sont compris. Le même principe s'applique aux composites minéraux de type papier, aux plastiques recyclés, aux métaux et aux autres flux de matériaux. Les allégations de réutilisation doivent être reliées à l'identité réelle du matériau et à des performances mesurées, et non à des étiquettes séduisantes.

Deuxièmement, des procédés artisanaux familiers peuvent devenir des procédés fonctionnels d'ingénierie sans cesser d'être artisanaux. Le fil peut conduire le courant. La broderie peut positionner des chemins conducteurs. L'impression peut déposer des couches conductrices, diélectriques ou visuelles. La feuille de cuivre peut devenir un conducteur de prototypage rapide. Un procédé de couture ou d'impression ne devient pas une usine électronique simplement parce qu'on y ajoute un matériau conducteur ; la fonction électronique dépend encore de la géométrie, de la résistance, de l'adaptation, de l'assemblage, de l'isolation, du durcissement, de la durabilité et des essais.

Troisièmement, la vraie transition va de **l'artisanat à la Capacité reproductible**. Une contribution utile n'est pas simplement « je sais coudre », « j'ai une imprimante » ou « je peux couper ce matériau ». C'est une fonction versionnée qu'une autre personne ou un autre système peut demander, comprendre, inspecter et reproduire dans des conditions déclarées.

Cette transition est la base de la fabrication locale et de la participation mondiale.

Chapitre 4 - Une seconde vie pour la pierre

4.1 D'une source de matériau à un usage défini

« Pierre » est volontairement un terme large dans ce livre blanc. Il peut désigner de la pierre naturelle, une feuille chargée en minéraux, une chute de construction, un fragment de béton, une pièce céramique, un carreau, un composite minéral ou un autre matériau à dominante inorganique dont l'usage initial peut avoir pris fin.

L'objectif n'est pas de fusionner tous ces matériaux dans une seule catégorie. Il est de montrer comment un matériau local devient utile lorsque son identité et sa fonction suivante sont décrites avec suffisamment de précision pour qu'une autre personne puisse agir.

Les déchets de construction et de démolition illustrent l'ampleur de l'opportunité. La Commission européenne indique que ce flux comprend du béton, des briques, du bois, du verre, des métaux et des plastiques, et qu'il représente plus d'un tiers des déchets produits dans l'UE. Elle souligne également que certaines fractions ont une forte valeur de ressource et que d'autres peuvent être retraitées en nouveaux produits, à condition que les substances dangereuses et un mauvais tri ne compromettent pas la réutilisation et le recyclage.

Il s'agit d'une distinction importante pour HSIMC : **un matériau mis au rebut n'est pas automatiquement une Resource. Il devient une Resource lorsque son état, son risque et son usage possible sont compris.**

Un enregistrement de matériau utile commence donc par des faits tels que : - source et usage précédent ; - composition approximative ou identité produit, lorsqu'elles sont connues ; - dimensions, épaisseur et masse ; - dommages visibles, contamination, humidité ou traitement de surface ; - indication si le matériau a été découpé, peint, laminé ou traité chimiquement ; - propriétaire et personne pouvant autoriser la réutilisation ; - lieu de stockage et période de disponibilité ; - essais déjà réalisés ; - usages qui ne sont explicitement pas encore validés.

Une photographie peut aider, mais une photographie n'est pas une spécification matériau. Un nom de produit peut aider, mais ce n'est pas un rapport d'état actuel. Un usage antérieur dans un bâtiment peut aider, mais il ne prouve pas l'aptitude à une nouvelle fonction structurelle, électrique, hygiénique ou liée au feu.

La valeur d'un enregistrement Resource n'est donc pas de transformer l'incertitude en certitude. Elle est de rendre l'incertitude visible.

Exemple local : d'une surface rebutée à un échantillon fonctionnel

Considérons une petite chute minérale récupérée sur un chantier de rénovation. La première question la plus utile n'est peut-être pas : « Peut-elle devenir un nouveau produit commercial ? » mais : « Peut-elle devenir une base d'échantillon stable, une plaque de gabarit, une surface de montage, un panneau, une cale ou un support pour un essai défini ? »

Un second usage modeste peut avoir un sens économique et environnemental s'il remplace un achat neuf et si l'effort de préparation reste suffisamment faible. La même pièce peut être inadaptée à un usage structurel tout en convenant parfaitement comme gabarit d'essai non structurel.

La Capacité n'est alors pas « recycler la pierre ». Elle devient quelque chose de plus précis, par exemple :

> ***Préparer une base d'échantillon minérale plane, d'une empreinte nominale de 85,60 x 53,98 mm, dans une épaisseur et un état de bord convenus, adaptée à un essai non structurel spécifié.***

Cet énoncé crée une voie vers les Evidence :

26. identifier le matériau source ;
27. inspecter la contamination et les défauts ;
28. découper ou usiner l'échantillon ;
29. mesurer les dimensions finales ;
30. enregistrer la masse, l'épaisseur et l'état de surface ;
31. réaliser l'essai prévu ;
32. conserver un résultat versionné.

Un maker disposant d'outils simples de découpe et de finition peut contribuer à ce workflow. Un ingénieur distant peut définir la géométrie et les critères d'acceptation. Une caméra locale ou un outil de mesure peut générer les Evidence. Un second atelier peut reproduire le même échantillon avec un matériau différent et comparer les résultats.

L'intelligence n'est pas dans la pierre. Elle est dans la **définition partagée de ce que l'on demande au matériau de faire, et dans les Evidence qu'il l'a effectivement fait.**

4.2 « Stone paper », composites et déchets de construction : des voies distinctes

L'expression « stone paper » est séduisante parce qu'elle semble relier un contenu minéral à un produit familier ressemblant au papier. Elle est aussi une source de confusion.

Les feuilles commerciales de type papier chargées en minéraux sont généralement des composites d'ingénierie dotés d'une formulation et d'un procédé de fabrication définis. Les déchets minéraux de construction sont un flux hétérogène. La pierre naturelle constitue encore une autre catégorie. Ces voies ne doivent pas être silencieusement fusionnées.

Pour HSIMC, la bonne approche consiste à traiter chacune comme une Resource et un profil de procédé distincts.

Voie A : feuille commerciale existante chargée en minéraux

Si une feuille commerciale chargée en minéraux est disponible, les questions utiles comprennent : - composition déclarée et données fabricant ; - épaisseur et stabilité dimensionnelle ; - énergie de surface et imprimabilité ; - sensibilité à la chaleur ; - compatibilité laser, lame ou poinçonnage ; - adhésion des encres, laminés, inlays NFC ou étiquettes ; - comportement au pliage, à la déchirure et à l'abrasion ; - voie de recyclage ou d'élimination sur le marché réel.

Une conception peut alors tester si le matériau est utile pour une carte, une étiquette, un étui, un insert cadeau, un gabarit, un élément d'emballage ou une autre fonction définie.

Voie B : composite minéral formulé localement

Si l'objectif est de formuler une nouvelle feuille ou pièce moulée à partir de poudre minérale et de liant, il s'agit d'un projet de développement matériaux. Il exige une recette déclarée, les caractéristiques des particules, le système de liant, le procédé de mélange et de mise en forme, les conditions de durcissement, des essais mécaniques et des données de répétabilité.

La formule attrayante « de la pierre à la carte » ne suffit pas. Une formulation qui fonctionne une fois sous forme d'échantillon manuel n'est pas encore une Capacité de fabrication.

Les Evidence minimales utiles se rapprochent de : - identité et lot du matériau d'entrée ; - fractions massiques ou plage de formulation ; - méthode de traitement et équipement ; - température, pression, temps et autres variables de procédé pertinentes ; - épaisseur et densité de l'échantillon ; - variation dimensionnelle après traitement ; - résistance, flexibilité, abrasion ou autre propriété liée à la fonction visée ; - modes de défaillance ; - nombre d'échantillons et variation observée.

Voie C : réutilisation directe de matériau de construction

Une troisième voie évite de fabriquer un nouveau composite. Un carreau récupéré, un panneau, une chute de pierre ou une autre pièce peuvent être découpés et réutilisés directement.

Cela peut être la voie locale la plus rapide parce qu'elle minimise la transformation. Elle donne aussi davantage d'importance à l'inspection, au tri et à l'adaptation à l'irrégularité du matériau source.

La logique environnementale est différente pour chaque voie. Réutiliser une chute existante peut éviter la production d'un nouveau matériau tout en nécessitant du transport et de la découpe. Produire un nouveau composite peut consommer des liants, de l'énergie et des étapes de finition. Une feuille commerciale chargée en minéraux peut avoir d'autres impacts en amont et d'autres options de fin de vie.

Ce livre blanc ne prétend donc pas qu'une voie soit universellement « plus verte ». Il propose de mesurer la comparaison pour la fonction précise.

Un enregistrement de comparaison pratique

Pour un échantillon au format carte, une comparaison simple pourrait enregistrer :

Champ	Chute minérale réutilisée	Feuille commerciale chargée en minéraux	Nouveau composite local
Source	matériau local récupéré	produit acheté	ingrédients préparés localement
Préparation	découpe / meulage / nettoyage	découpe / impression / laminage	mélange / formage / durcissement / finition
Nouveau matériau ajouté	faible à modéré	produit déjà fabriqué	liant + additifs + énergie
Constance dimensionnelle	dépend de la source	généralement élevée	dépend du procédé
Surface pour impression	peut exiger un traitement	dépend du produit	dépend de la formulation
Evidence requises	état + géométrie + essai d'usage	fiche technique + essai de procédé	recette + procédé + essai de propriété

État actuel	à vérifier	à vérifier	R&D jusqu'à répétabilité

Ce tableau est volontairement incomplet. C'est un cadre de décision, pas une certification matériau.

4.3 Mesurer le rendement, la durabilité, le coût et les effets environnementaux

Une expérience matériau devient économiquement utile lorsqu'elle commence à répondre à quatre questions :

33. **Rendement** - quelle quantité de sortie utilisable est obtenue à partir de l'entrée disponible ?
34. **Durabilité** - le résultat reste-t-il adapté à la fonction visée pendant la durée nécessaire ?
35. **Coût** - combien coûte réellement une sortie acceptée, y compris les tentatives échouées et le travail ?
36. **Effet environnemental** - quels nouveaux matériaux, énergie, transports et déchets sont introduits ou évités ?

Rendement

Le rendement doit être défini par rapport à une règle d'acceptation. Si dix pièces récupérées sont collectées et que seules quatre peuvent produire un échantillon plat et propre de la taille requise, le rendement n'est pas dix. Les pièces rejetées font partie des Evidence du procédé.

Pour la fabrication locale, le rendement peut être plus informatif que le prix du matériau. Un flux de déchets « gratuit » avec un coût élevé de tri, nettoyage et échec peut être plus cher qu'une feuille achetée. À l'inverse, une chute locale qui ne demande presque aucun traitement peut être une excellente Resource même si elle n'existe qu'en petite quantité.

Durabilité

La durabilité doit être liée à l'usage visé. Un échantillon destiné à un seul essai d'alignement en laboratoire a une exigence différente d'une carte censée survivre des années dans un portefeuille, d'un cadeau manipulé par des clients ou d'un gabarit exposé à la chaleur et aux vibrations.

Des essais utiles peuvent être modestes mais explicites : - insertions ou retraits répétés ; - cycles de pliage ou flexion ; - abrasion de surface ; - exposition à l'humidité ; - adhésion des couches imprimées ou collées ; - variation dimensionnelle ; - dommages de bord après découpe ; - performance de lecture d'un élément QR, NFC ou RFID fixé.

La méthode d'essai et le nombre de cycles comptent. « Cela a l'air durable » n'est pas un résultat d'ingénierie.

Coût complet par résultat accepté

Une formule utile est :

> ***Coût complet par résultat accepté = total matériau + travail + machine + énergie + outillage + inspection + coût des sorties échouées, divisé par la quantité acceptée.***

C'est particulièrement important en fabrication locale de petite série. Le prix unitaire du matériau peut être presque insignifiant face au réglage, à l'alignement et aux reprises.

La même logique explique pourquoi la vitesse peut devenir plus importante que le faible coût unitaire. Un atelier local peut être plus cher par feuille mais capable de produire aujourd'hui un échantillon révisé, permettant à une équipe d'ingénierie mondiale de poursuivre immédiatement. La valeur économique réside dans le temps d'itération, pas seulement dans le prix du matériau.

Effets environnementaux sans allégations automatiques

Les allégations environnementales doivent être formulées par rapport à une référence définie.

Si un matériau récupéré remplace un panneau neuf acheté, les questions utiles comprennent : - quel nouveau matériau a réellement été évité ; - quelle distance le matériau récupéré a parcourue ; - quels nettoyages, découpes ou revêtements ont été nécessaires ; - quels déchets ont été générés lors de la préparation ; - si le nouvel usage prolonge réellement la durée de vie ou ne fait que retarder l'élimination ; - si la nouvelle combinaison rend la séparation ultérieure plus difficile ; - si un constituant dangereux ou inconnu est introduit dans un nouveau contexte.

Cela correspond à un principe plus large d'économie circulaire : la récupération a de la valeur, mais la qualité, le tri et la manipulation sûre comptent.

Du récit environnemental aux Evidence reproductibles

Le récit de durabilité le plus fort n'est souvent pas le plus spectaculaire. Il peut simplement être :

> ***Ce lot a utilisé 12 chutes récupérées localement. Huit ont satisfait aux critères d'échantillon. Quatre ont été rejetées. Les échantillons acceptés ont remplacé huit***

> ***panneaux neufs pour cette série d'essais. La découpe a consommé un temps-machine enregistré et produit une masse mesurée de déchets.***

Cet énoncé peut s'améliorer au fil du temps. Il peut être comparé à d'autres matériaux. Il peut être audité. Il peut informer la décision suivante.

Il est plus utile qu'une affirmation non étayée selon laquelle un produit est « zéro déchet » ou « vert ».

Chapitre 5 - Du fil à l'interface

5.1 Fil conducteur et antennes textiles

Une machine à coudre est l'un des outils de production les plus familiers au monde. C'est aussi un exemple instructif de la manière dont une Capacité artisanale existante peut acquérir un nouveau rôle d'ingénierie.

Le fil ordinaire sert à assembler, renforcer et décorer. Un fil conducteur peut aussi transporter un courant électrique ou former une partie d'une antenne, d'une électrode ou d'un capteur. La broderie peut positionner ce fil dans une géométrie reproductible.

La recherche sur les antennes NFC brodées montre clairement le potentiel et les contraintes. Une étude de l'Université de Manchester a fabriqué des prototypes d'antennes NFC sur coton à l'aide de fils conducteurs revêtus de métaux, notamment argent et acier inoxydable. Le travail a comparé des approches de broderie et mesuré des différences importantes de résistance DC. Il a également adapté une bobine brodée à une puce NFC spécifique. Le résultat n'était pas « n'importe quel fil métallique devient du NFC ». Le résultat était qu'un fil défini, une géométrie de point, une forme d'antenne et une puce peuvent être conçus ensemble et mesurés.

Cette distinction est centrale dans ce livre blanc.

La machine à coudre contribue une Capacité de placement

La machine à coudre ou à broder n'a pas besoin de comprendre le protocole NFC. Sa contribution peut être plus étroite :

> ***Placer un fil conducteur spécifié le long d'un trajet versionné sur un substrat textile spécifié, avec des paramètres de point déclarés et des Evidence d'inspection.***

Un autre contributeur peut fournir la conception de l'antenne. Un autre choisir la puce. Un autre modéliser le comportement RF. Un autre tester la distance de lecture. Un autre concevoir la fixation mécanique à un câble, un cadeau, un vêtement ou un étui de carte.

C'est ainsi qu'une machine ordinaire entre dans un workflow d'ingénierie mondial sans prétendre exécuter la fonction entière du système.

Les variables importantes

Pour une fonction textile conductrice, les variables utiles comprennent : - matériau, revêtement et diamètre du fil ; - résistance mesurée par unité de longueur ; - type, épaisseur et élasticité du substrat ; - type de point, pas, tension et nombre de passes ; - géométrie et espacement entre chemins conducteurs ; - méthode de connexion à un composant ou connecteur ; - isolation et soulagement de contrainte ; - exigences de pliage, lavage, abrasion ou humidité ; - accord de l'antenne ou du capteur, le cas échéant ; - méthode d'inspection et d'acceptation.

Un ingénieur distant peut spécifier ces variables. Un maker local peut indiquer ce que la machine peut réellement atteindre. La conception peut alors converger au moyen d'Evidence plutôt que d'hypothèses.

Fonction décorative et fonction électronique peuvent coexister

La broderie montre aussi que la fonction électronique n'exige pas un langage visuel industriel. Des recherches ont montré des antennes textiles conductrices intégrées dans des logos brodés décoratifs, avec un fil conducteur placé au dos tandis qu'un fil coloré crée le motif visible.

Pour HSIMC, cela suggère un principe de conception précieux :

> ***Une interface fonctionnelle peut rester locale sur les plans culturel, esthétique et commercial.***

Un cadeau d'hôtel, un uniforme d'équipe, un badge d'événement ou un accessoire de câble n'a pas besoin de ressembler à un prototype de laboratoire simplement parce qu'il contient un point d'entrée numérique ou un conducteur fonctionnel.

Cela compte pour la participation. Les producteurs locaux peuvent contribuer non seulement une Capacité de fabrication, mais aussi une connaissance des matériaux, une esthétique, un sens culturel et une familiarité avec le client.

5.2 Repères imprimés, électrodes et surfaces fonctionnelles

L'impression est un autre procédé mature qui peut devenir partie de l'électronique et de la détection lorsque le matériau déposé possède une propriété fonctionnelle.

La littérature sur l'électronique imprimée décrit des encres conductrices, semi-conductrices et diélectriques déposées sur des substrats au moyen de techniques telles que la sérigraphie et l'impression jet d'encre, souvent

suivies d'un durcissement ou d'un frittage. La performance dépend non seulement de l'encre, mais aussi de la rugosité, de la porosité, du mouillage, du séchage et du post-traitement du substrat.

Cela crée un pont utile entre les quartiers traditionnels de l'impression et le prototypage électronique.

Commencer par la couche fonctionnelle la plus simple

La première contribution fonctionnelle n'a pas besoin d'être un transistor ou un circuit complet. Elle peut être : - un repère visuel à fort contraste ; - un pad conducteur ; - une électrode tactile capacitive ; - une piste d'antenne ; - un élément résistif ; - une empreinte de connecteur ; - un séparateur diélectrique ; - une cible de calibration imprimée ; - un code QR lié à une identité Resource ; - une couche d'enregistrement permettant à un procédé ultérieur de s'aligner avec précision.

Chaque fonction possède un test d'acceptation différent.

Un code QR peut être validé par décodage optique. Une piste conductrice peut être contrôlée en résistance et continuité. Une électrode capacitive peut être testée avec un contrôleur connu. Une antenne exige un accord et des essais de performance de lecture. Un repère d'enregistrement exige une mesure géométrique.

L'imprimeur local n'a pas à devenir responsable de tout le produit final. Il doit être responsable du résultat imprimé convenu.

Le substrat fait partie du procédé

Une conception qui s'imprime bien sur PET revêtu peut échouer sur papier rugueux, textile ou feuille minérale. Une encre conductrice peut pénétrer un substrat poreux ou se fissurer lorsqu'elle est fléchie. Une température de durcissement adaptée à un matériau peut en déformer un autre.

Une couche fonctionnelle imprimée doit donc toujours être liée à un profil de substrat.

Au minimum : - identité et épaisseur du matériau ; - traitement de surface, revêtement ou laminé ; - procédé d'impression et équipement ; - identité et lot de l'encre ou pâte ; - maille, buse, résolution ou autre paramètre de procédé selon le cas ; - condition de durcissement ou séchage ; - géométrie finie ; - essai électrique ou optique ; - limites environnementales et de manipulation.

C'est ici que la connaissance locale de l'impression prend de la valeur. Les opérateurs savent souvent par la pratique quel substrat passe de manière fiable, quel revêtement pose des problèmes d'adhésion, comment l'humidité change le séchage et comment le repérage dérive sur une machine donnée. La GenAI peut aider à structurer et comparer ces observations, mais le procédé local produit toujours les Evidence.

Feuille de cuivre, film et itération rapide

La feuille de cuivre offre une autre voie accessible de prototypage. Un motif conducteur peut être découpé, gravé, laminé ou formé autrement sans s'engager immédiatement dans un procédé PCB multicouche conventionnel.

La valeur réside dans la vitesse et l'accessibilité. Une équipe locale peut être capable de produire immédiatement une antenne unique, une électrode, un jumper ou un motif de circuit peu complexe.

La limitation est tout aussi importante. Un prototype en feuille n'est pas automatiquement équivalent à un PCB de production. L'adhésion, la taille minimale des caractéristiques, l'isolation, l'oxydation, la capacité en courant, le pliage, la fiabilité des connecteurs, le comportement RF et les tolérances de fabrication peuvent tous différer.

Le workflow correct est donc :

prototyper rapidement -> mesurer -> apprendre -> décider de conserver la méthode locale ou de passer à un procédé de fabrication plus contrôlé.

Le résultat d'une expérience n'est pas un engagement envers une technologie de fabrication. C'est une Evidence qui resserre la décision suivante.

5.3 Relier artisanat, modules électroniques et calcul

Le modèle le plus puissant de ce chapitre est la séparation des rôles.

Un objet fonctionnel peut être construit à partir de couches fournies par des personnes différentes :

37. **couche matériau** - textile, papier, feuille minérale, plastique, métal ou autre substrat ;
38. **surface fonctionnelle** - conducteur imprimé, fil brodé, piste en feuille, repère ou électrode ;
39. **module électronique** - puce NFC, capteur, lecteur, contrôleur, radio ou carte d'interface ;
40. **nœud de calcul** - téléphone, nœud T736, ordinateur local ou autre Runtime ;
41. **couche cloud et modèle** - conception, analyse, planification, versionnage et collaboration ;
42. **Autorité humaine** - personne ou organisation autorisée à utiliser, modifier, partager ou exploiter le résultat ;
43. **couche Evidence** - mesures et enregistrements prouvant ce qui a réellement été construit et testé.

L'avantage de cette architecture est que l'innovation n'exige pas que chaque contributeur maîtrise chaque couche.

Un atelier textile peut fournir un placement répétable. Un imprimeur peut fournir des repères fonctionnels. Une entreprise électronique peut fournir un module. Une équipe logicielle peut fournir un Tool. Un intégrateur local peut le connecter à une machine existante. Une équipe d'IA mondiale peut aider à comparer les conceptions et générer des plans de test.

L'interface partagée est ce qui permet à ces contributions de se rencontrer.

Exemple au format carte de crédit

Imaginons un objet au format carte dont la surface visible est imprimée localement, dont le verso comporte une antenne brodée ou en feuille, dont la fonction électronique est assurée par un petit module NFC et dont la Capacité plus profonde est accessible via un URI QR/NFC connecté à une HSIMC Resource.

La carte elle-même peut ne contenir aucun processeur.

Dans une autre version, elle peut se connecter à un petit module d'interface.

Dans une version ultérieure, un nœud de calcul basé sur T736 peut fournir le traitement local et les interfaces physiques.

Les trois peuvent appartenir à la même famille de Capabilities sans prétendre être le même matériel.

C'est la valeur d'une architecture en couches : **l'objet visible peut rester simple tandis que la Capacité évolue derrière lui.**

Un cadeau peut devenir une entrée vers une Capacité

Cela change aussi le rôle des produits ordinaires.

Un câble, tag, étui de carte, patch textile, emballage ou cadeau peut porter : - un identifiant durable ; - une entrée QR/NFC ; - des informations de matériau et de lot ; - un lien de service ou de configuration ; - une action de garantie ou de maintenance ; - une description de Capacité locale ; - une route vers une fonction de support humain ou IA.

Le produit physique reste utile en lui-même. La couche numérique n'a pas besoin de dominer l'objet. Elle peut simplement créer une relation continue entre l'objet, le maker, l'utilisateur et le service suivant.

C'est particulièrement pertinent pour les petits producteurs. Ils n'ont pas besoin de construire une plateforme mondiale. Ils peuvent produire une couche physique bien définie et la connecter à un système plus large sous une Authority convenue.

Chapitre 6 - De l'artisanat à la Capacité reproductible

6.1 Une fonction, une interface et un résultat répétable

La transformation la plus importante de la Partie II n'est pas celle d'un « vieux matériau » en « matériau intelligent ». C'est celle d'une compétence informelle en une Capacité qu'une autre partie peut utiliser en toute sécurité.

Une Capacité artisanale vit souvent dans la mémoire d'une personne : - « Je sais faire cette découpe proprement. » - « Cette machine accepte ce tissu si je modifie la tension. » - « Cette encre fonctionne sur ce revêtement. » - « Le laser marque bien si je change légèrement la mise au point. » - « Ce fournisseur peut fabriquer cette pièce rapidement. »

Ces affirmations ont de la valeur. Elles sont aussi difficiles à mettre à l'échelle parce que les conditions restent implicites.

Une Capacité reproductible rend explicites les éléments utiles.

Une description minimale de Capacité peut inclure :

Champ	Question
Fonction	Quel résultat peut être produit ?
Entrée	Quel matériau, fichier, objet ou état est requis ?
Sortie	Quel résultat physique ou numérique est renvoyé ?
Conditions	Quelle machine, Tool, environnement ou préparation est requis ?
Interface	Comment la demande est-elle soumise et comment le résultat est-il identifié ?
Authority	Qui peut demander, approuver, modifier ou libérer le Work ?
Evidence	Quelle mesure ou inspection prouve l'achèvement ?
Version	Quelle méthode, conception et quel logiciel ont été utilisés ?
Coût et temps	Quelles Resources ont réellement été consommées ?
Limites	Qu'est-ce qui reste non pris en charge ou non vérifié ?

Cette description peut exister sous forme d'une fiche lisible par l'humain, d'un Profil lisible par machine, ou des deux.

L'objectif n'est pas la bureaucratie. Il est de réduire la quantité de connaissance cachée qu'il faut redécouvrir chaque fois qu'un nouveau collaborateur arrive.

Reproductible ne signifie pas identique partout

Un second atelier peut utiliser une autre machine. Une autre ville peut avoir un autre matériau. Un opérateur local peut choisir un autre gabarit.

La reproductibilité n'exige donc pas que chaque implémentation soit identique. Elle exige que les différences soient visibles et que le résultat puisse être contrôlé contre la même attente fonctionnelle.

Par exemple, deux ateliers peuvent produire une antenne textile NFC avec des machines à broder différentes. Si tous deux enregistrent le fil, la géométrie, les réglages de point, la résistance et les essais de performance de lecture, leurs résultats peuvent être comparés.

L'objet commun est le **Contrat de fonction**, et non la marque de la machine.

6.2 Compétences, échantillons, conditions de procédé et acceptation

Une contribution pratique peut être organisée en quatre objets liés.

1. Compétence

La Capacité humaine ou organisationnelle : couper, imprimer, coudre, usiner, assembler, tester, coder, calibrer, réparer ou coordonner.

L'enregistrement de compétence ne doit pas revendiquer une compétence universelle. Il peut être étroit et utile.

Exemple :

> *« Peut broder du fil conducteur sur des substrats coton et polyester en suivant un trajet vectoriel spécifié ; peut fournir une mesure de résistance et des photographies d'échantillon ; l'accord RF est réalisé par une autre partie. »*

C'est plus crédible que « expert textile intelligent » si la contribution réelle est la broderie et la mesure.

2. Échantillon

Un échantillon est une Evidence qu'un procédé a produit un résultat dans des conditions connues.

Un enregistrement d'échantillon utile comprend : - ID d'échantillon ; - version de conception ; - lot d'entrée ; - machine et Tool ; - opérateur ou partie responsable ; - date et lieu ; - réglages de procédé ; - résultat d'inspection ; - photographies ou fichiers de mesure ; - écarts et échecs.

Un échantillon peut alors devenir partie d'une bibliothèque Evidence croissante.

3. Condition de procédé

Les conditions de procédé rendent l'échantillon interprétable.

Sans elles, un échantillon réussi peut être impossible à reproduire.

Pour la fabrication locale, même un enregistrement simple peut être puissant : - modèle de machine ; - type d'outil ou d'aiguille ; - vitesse d'avance ou de fonctionnement ; - température ou temps de durcissement ; - version de gabarit ; - condition environnementale si pertinente ; - note opérateur sur un ajustement manuel.

La GenAI peut aider à transformer des notes libres en Profils structurés, comparer les versions et identifier des variables manquantes. Elle ne doit pas inventer une valeur qui n'a jamais été mesurée.

4. Acceptation

L'acceptation transforme « quelque chose a été fabriqué » en « le résultat demandé a été livré ».

L'acceptation peut être : - mesure dimensionnelle ; - test de continuité ; - plage de résistance ; - décodage QR ; - lecture NFC ; - score d'alignement d'image ; - inspection visuelle contre une référence ; - ajustement mécanique réussi ; - validation client ; - combinaison de tests.

Des applications différentes ont besoin de règles d'acceptation différentes.

L'important est que l'acceptation soit convenue avant la montée en échelle chaque fois que possible.

6.3 Participation dans la fabrication et l'usage

Lorsque la Capacité est décrite de cette manière, la participation devient plus large sans devenir vague.

Un atelier familial peut participer en produisant un motif textile testé. Une imprimerie peut participer en réalisant une couche conductrice ou visuelle enregistrée. Un étudiant peut participer en écrivant un Tool d'inspection. Un retraité disposant d'une profonde connaissance procédé peut contribuer une méthode de gabarit ou un guide de dépannage. Un grand fournisseur peut contribuer un composant certifié. Un ingénieur cloud peut fournir une simulation. Un prestataire logistique peut fournir une plage de transport acceptée.

Ils n'ont pas besoin de devenir une seule entreprise.

Ils ont besoin d'un moyen de rendre leur contribution compréhensible, autorisée et vérifiable.

La participation n'est pas du travail gratuit

Un modèle de participation mondiale doit distinguer apprentissage, bénévolat, contribution à la recherche, Work rémunéré, fourniture commerciale et licence de propriété intellectuelle.

La même action physique peut avoir une signification économique et éthique très différente selon l'accord.

Un contributeur doit pouvoir savoir : - ce qui est demandé ; - si le Work est rémunéré, donné, expérimental ou spéculatif ; - comment le résultat peut être réutilisé ; - si le contributeur sera nommé ; - qui possède la nouvelle conception ou les données ; - qui supporte le coût d'échec ou de reprise ; - quand le paiement est dû ; - comment le contributeur peut cesser de participer.

C'est ici que l'Autorité humaine devient un principe économique pratique.

La participation doit créer de la Capacité, pas de la dépendance

Un projet utile doit laisser aux participants quelque chose qu'ils peuvent réutiliser : - un procédé testé ; - un meilleur gabarit ; - un modèle réutilisable ; - un Profil machine ; - une compétence documentée ; - une nouvelle relation client ; - une méthode de mesure ; - un Tool logiciel ; - un échantillon de référence ; - une compréhension plus claire du coût et des limites.

L'objectif n'est pas de transformer chaque personne en ingénieur matériel. Il est de permettre aux gens de contribuer au niveau où ils possèdent déjà une compétence, tout en leur offrant des voies pour apprendre davantage.

De la preuve locale à la participation mondiale

Une Capacité locale devient utile à l'échelle mondiale par une séquence :

44. **découvrir** - quelqu'un identifie un matériau, une compétence, un Tool ou un procédé existant ;
45. **décrire** - la fonction et les limites sont enregistrées ;
46. **échantillonner** - un petit résultat est produit ;
47. **mesurer** - le résultat est inspecté ;
48. **versionner** - la méthode et les Evidence sont figées ;
49. **offrir** - la Capacité devient disponible dans des conditions déclarées ;
50. **accepter** - une partie responsable accepte d'effectuer un Work précis ;
51. **exécuter** - le Work est réalisé localement ;
52. **vérifier** - les Evidence sont renvoyées ;
53. **apprendre** - le résultat améliore la conception, le procédé ou le modèle suivant.

Cette boucle relie la fabrication locale à l'ingénierie mondiale sans obliger le maker local à exploiter une plateforme logicielle mondiale.

Première question économique : qu'est-ce qui a changé ?

La valeur d'une Capacité doit être mesurée par le changement qu'elle crée.

L'échantillon est-il arrivé plus vite ?

La nouvelle méthode a-t-elle réduit les itérations échouées ?

Le matériau local a-t-il évité un nouvel achat ?

Un maker a-t-il obtenu une nouvelle tâche rémunérée ?

Une autre équipe a-t-elle reproduit le résultat sans un long appel d'explication ?

Un client a-t-il reçu un meilleur produit ou service ?

Le procédé a-t-il réduit ou augmenté l'utilisation de matériaux et d'énergie ?

Le contributeur a-t-il conservé son Authority sur l'utilisation de son Work ?

Ces questions relient directement la Partie II au ROI, à l'ESG et aux ODD sans transformer ces cadres en décoration.

Un package de participation compact

Le livre blanc propose un premier package simple pour un nouveau contributeur :

> ***Apportez une Capacité existante. Livrez une fonction reproductible.***

Un package de contribution peut être petit : - une description de fonction ; - un échantillon ou résultat de référence ; - une note de procédé ; - une méthode d'acceptation ; - une déclaration d'Authority et des conditions de réutilisation ; - un enregistrement du temps et du coût réels.

Cela suffit pour commencer.

Il peut ensuite se connecter à une carte, une entrée NFC/QR, une HSIMC Resource, un Profil lisible par machine, un nœud T736, un simulateur ou un workflow de collaboration mondiale.

La petite taille du package est intentionnelle. La participation ne doit pas exiger qu'un petit atelier construise un jumeau numérique complet avant que quiconque puisse travailler avec lui.

Le pont vers la Partie III

La Partie II s'est concentrée sur les matériaux, les Tools familiers et la transformation de l'artisanat en Capacité reproductible.

La Partie III traitera du modèle de collaboration qui rend ces Capabilities utilisables entre équipes : personnes qui détiennent l'Authority, Tools qui exécutent des actions, resources qui fournissent le contexte, contrats qui définissent les fonctions et Evidence qui préservent l'imputabilité au travers de requêtes sans état.

Le matériau est local.

La compétence est locale.

La personne responsable est locale.

La collaboration peut être mondiale.

Notes de sources pour la Partie II

Les sources externes suivantes étayent des éléments de contexte spécifiques de cette Partie. Elles ne certifient pas des prototypes ou futurs produits HSIMC.

54. European Commission, **Construction and demolition waste** - construction and demolition waste composition, resource recovery potential, sorting and hazardous-material considerations.
https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en

55. University of Manchester research PDF, **e-Textile Embroidered Wearable Near Field Communication RFID Antennas** - embroidered NFC antenna prototypes, conductive yarns, stitch-method comparison, measured resistance and chip matching.

https://research.manchester.ac.uk/files/76660584/e_Textile_Embroidered_Wearable_Near_Field_Communication_RFID_Antennas.pdf

56. Gil et al., **Colorful Textile Antennas Integrated into Embroidered Logos**, Journal of Sensor and Actuator Networks - conductive e-thread integrated into embroidered decorative forms.
https://www.mdpi.com/2224-2708/4/4/371

57. A. Kamyshny et al. and related review literature summarized in **A Review on Printed Electronics: Fabrication Methods, Inks, Substrates, Applications and Environmental Impacts** - functional inks, substrates, printing methods, curing and the importance of ink-substrate interaction and repeatability.
https://www.mdpi.com/2504-4494/5/3/89

58. Rubio & Bolduc, **Screen Printing for Energy Storage and Functional Electronics: A Review** - screen printing of conductive and functional materials on flexible substrates, with process variables influencing device performance.
https://www.mdpi.com/2673-3978/6/2/7

59. OpenAI, **Accelerating engineering for the physical world**, 3 November 2026 - background context for AI-supported mechanical, electrical, simulation and manufacturing workflows.
https://openai.com/index/accelerating-engineering-for-the-physical-world/

Limite de preuve

La Partie II est un cadre d'architecture et de participation. Elle ne prétend **pas** que : - des matériaux de construction récupérés ont été qualifiés pour un usage structurel, contact alimentaire, sécurité électrique ou classement feu ; - un « stone paper » formulé localement a été développé ou validé par HSIMC ; - du fil à coudre ordinaire ou n'importe quel fil conducteur convienne au NFC ; - une machine à coudre ou à broder puisse, à elle seule, fabriquer un produit électronique complet ; - un conducteur imprimé soit équivalent à un PCB de production ; - une encre conductrice, feuille, textile, substrat, puce NFC ou procédé de fixation particulier ait été qualifié pour une mise sur le marché ; - un produit T736 au format carte de crédit ait été achevé ; - un bénéfice environnemental ait été démontré sans référence définie ni mesure.

L'objectif de cette Partie est de définir comment de telles affirmations pourraient devenir testables, attribuables et reproductibles grâce à Resource, Authority et Evidence.

Partie III - Le modèle de collaboration : personnes, Tools, Resources et Evidence

La Partie III en un coup d'œil

La Partie I a défini l'opportunité : la GenAI peut produire rapidement des plans, mais un résultat physique exige toujours des matériaux, des machines, des personnes, du temps, une Authority et des Evidence.

La Partie II a montré que la participation peut commencer par ce que les gens savent et possèdent déjà. Une chute minérale, une machine à coudre, une brodeuse, une imprimante, de la feuille de cuivre, une caméra, un gabarit ou un atelier local peuvent entrer dans un réseau de production intelligent lorsque la fonction, ses conditions et ses Evidence sont rendues explicites.

La Partie III pose la question système : **comment de nombreuses personnes, modèles, Tools, Resources et organisations peuvent-ils travailler ensemble sans transformer l'accès en Authority, le contexte en contrôle, ni une requête réussie en affirmation non vérifiée d'achèvement ?**

La réponse proposée ici comporte trois éléments.

Premièrement, **les personnes détiennent l'Authority**. Un modèle peut proposer, comparer et appeler des Tools autorisés, mais le droit de lire un document, réserver une machine, démarrer un moteur, divulguer un dossier client, accepter une obligation commerciale ou libérer un paiement provient d'une personne ou organisation responsable agissant dans une portée convenue. HSIMC traite donc l'Authority comme un fait métier de premier ordre et non comme une hypothèse cachée dans une session de chat.

Deuxièmement, **Tools et resources ont besoin de contrats partagés**. Les MCP tools exposent des opérations appelables. Les MCP resources exposent des données et du contexte. Les HSIMC Resources sont des objets métiers du monde réel tels que personnes, lieux, machines, matériaux, inventaires, créneaux de Work et services. Ces concepts peuvent être reliés, mais ils ne doivent pas être fusionnés. Une machine peut être représentée par une HSIMC Resource, décrite au moyen de MCP resources et contrôlée par un ou plusieurs MCP tools. La relation doit être explicite.

Troisièmement, **des requêtes de protocole sans état ne suppriment ni l'état du monde réel ni la responsabilité**. MCP 2026-07-28 supprime les sessions au niveau protocole et rend chaque requête auto-descriptive. Les applications peuvent toujours maintenir un état au moyen de handles explicites. Dans un workflow physique, l'état persistant est inévitable : une machine peut être occupée, une palette peut être en transit, un bagage peut être sous Garde, un moteur peut encore être en mouvement, une facture peut rester impayée. HSIMC adopte donc un principe simple :

> ***Requête sans état ; responsabilité du monde réel persistante.***

L'objectif de cette Partie n'est pas d'inventer un nouveau substitut à MCP, ERP, MES, WMS, IAM ou au droit des contrats. Il est de définir une couche de collaboration permettant à ces systèmes et aux participants du monde réel de se rencontrer autour d'un Work vérifiable.

Chapitre 7 - Les personnes détiennent l'Authority

7.1 M-Person, organisations et M-Teams

La GenAI change qui peut planifier. Elle ne doit pas changer silencieusement qui est autorisé à décider.

Une personne peut utiliser un système d'IA pour rédiger une conception, inspecter une photographie, comparer des fournisseurs ou préparer une demande d'opération. Une équipe peut utiliser plusieurs modèles et Tools en parallèle. Une organisation peut exposer certaines Capabilities au moyen d'une API ou d'un serveur MCP. Aucun de ces faits, à lui seul, ne répond à une question plus fondamentale : **qui a le droit d'autoriser la prochaine action du monde réel ?**

HSIMC utilise le terme **M-Person** comme concept de participation : une personne réelle qui peut travailler avec des modèles, des Tools et des équipes tout en conservant l'Authority sur les droits appartenant à cette personne ou à l'organisation qu'elle représente légitimement. Une **M-Team** peut inclure des personnes, modèles, services logiciels et agents spécialisés, mais elle n'est pas en elle-même un mandant juridique magique. Elle agit au travers de relations d'Authority définies.

Cela compte parce qu'une même personne peut occuper des rôles différents dans différents Works.

Un propriétaire d'usine peut être acheteur dans un Work et fournisseur de Capacité dans un autre. Un designer peut contribuer un dessin sans avoir la permission de démarrer un laser. Un hôtel peut contrôler la chambre et le processus de Garde sans contrôler le système de bagages de la compagnie aérienne. Un ingénieur peut être autorisé à interroger une carte de référence T736 sans être autorisé à déployer une nouvelle image sur une unité livrée. Un fondateur peut pouvoir autoriser directement une entreprise mais avoir besoin d'un autre directeur ou co-détenteur pour une autre société.

L'architecture sépare donc : - **identité** - qui ou quoi est désigné ; - **rôle** - quelle fonction le participant remplit dans ce Work ; - **Authority** - quelles décisions ou opérations le participant est autorisé à prendre ; - **portée** - quelles Resource, période, localisation et opération sont couvertes par l'Authority ; - **Evidence** - ce qui prouve que l'Authority a été accordée et ce qui s'est produit sous cette Authority.

Un profil mondial unique peut être utile à la découverte, mais l'Authority doit être évaluée au point où une décision compte.

L'identité assure la continuité, pas la permission

HSIMC préserve autant que possible les identités Runtime et Resource existantes. Une carte, un code QR, un tag NFC ou une URL courte peuvent aider une personne à retrouver le même objet. Cette continuité est précieuse. Elle ne transforme pas l'identifiant en jeton d'autorisation.

Un QR imprimé sur une machine peut ouvrir sa page publique de Capacité. Cela ne signifie pas que quiconque le scanne puisse déplacer la machine. Un tag NFC sur un bagage peut identifier l'enregistrement de service. Cela ne signifie pas que toute personne munie d'un téléphone puisse changer la destination de livraison. Un Card ID peut relier un objet physique à un profil numérique. Il ne remplace pas l'identité du véritable appareil T736, de son opérateur ou de son propriétaire.

La distinction est simple :

> ***L'identité répond à « qu'est-ce que c'est ? ». L'Authority répond à « qui peut faire quoi avec cela, maintenant ? ».***

C'est particulièrement important dans un système mondial où la même Resource publique peut être découverte par de nombreux modèles et utilisateurs.

Les M-Teams doivent rendre la responsabilité plus claire, pas plus floue

Une M-Team solide peut répartir le Work entre spécialités : - un modèle interprète une demande client ; - un autre vérifie une contrainte de fabrication ; - un opérateur humain confirme l'état d'un matériau ; - un Tool de vision mesure l'alignement ; - un fournisseur accepte une tâche d'usinage ; - un contrôleur local exécute un mouvement déterministe ; - un service Evidence enregistre le résultat.

L'avantage est la Capacité parallèle. Le risque est la dilution de la responsabilité.

Pour chaque Work, HSIMC demande donc des points de responsabilité nommés. Au minimum :

60. **Demandeur** - qui veut le résultat ;
61. **Autorité sur la Resource** - qui peut engager la machine, le matériau, l'espace, les données ou le service concernés ;
62. **Exécuteur** - qui ou quoi réalise l'action ;
63. **Accepteur** - qui décide si le résultat satisfait à la condition convenue ;
64. **Mandant économique** - qui paie ou reçoit de la valeur, le cas échéant ;

65. **Gardien des Evidence** - où est conservé l'enregistrement faisant autorité du résultat.

Une même personne peut détenir plusieurs de ces rôles. Un modèle peut assister un ou plusieurs rôles. L'enregistrement doit tout de même les distinguer.

7.2 Accès aux documents, contrôle des appareils et droits de contribution

Une erreur récurrente dans les systèmes connectés consiste à traiter tous les accès comme une seule permission.

Ce n'est pas le cas.

Lire un PDF, modifier un fichier de conception, interroger un capteur, réserver une machine et commander un mouvement physique sont des actions différentes, avec des risques différents. Elles doivent avoir des permissions différentes même lorsqu'elles apparaissent dans la même interface utilisateur.

Une échelle de permissions utile est :

Classe de permission	Exemple	Conséquence typique
Découvrir	Voir qu'une Capacité existe	conséquence faible ; peut néanmoins exposer des informations commerciales
Lire	Lire une fiche technique, un dessin ou une observation courante	divulgation d'information
Contribuer	Téléverser un modèle, une conception, un résultat d'échantillon ou une note de procédé	modifie la connaissance partagée
Réserver	Bloquer un créneau machine, une quantité de stock ou une plage de service	affecte la disponibilité pour les autres
Configurer	Modifier des paramètres, mappings ou Profils	peut modifier l'exécution ultérieure
Exécuter	Démarrer une machine, écrire un tag, déplacer un chariot	effet physique ou transactionnel
Arrêter / récupérer	Arrêter un mouvement, annuler ou récupérer un processus	impact sécurité et continuité
Accepter / libérer	Accepter une sortie, libérer la Garde ou autoriser un paiement	conséquence commerciale / gouvernance
Administrer	Modifier identités, permissions ou politique	conséquence système globale

Cette échelle n'est pas une norme universelle. C'est un outil pratique de conception. Une implémentation réelle peut mapper ces catégories vers un IAM, des scopes OAuth, des procédures d'exploitation ou des rôles de contrôle local existants.

L'autorisation documentaire n'est pas l'autorisation d'appareil

Le handoff T736 illustre cette distinction. Un ingénieur peut être autorisé à recevoir un Profil matériel versionné dans OneDrive ou un autre espace de travail. Cette livraison peut être prouvée par l'identité du fichier, la version, le hash et la lecture de retour. Elle n'implique pas que l'ingénieur puisse contrôler la carte de référence.

De même, un client distant peut être autorisé à exécuter un simulateur sans disposer d'une cible physique. Le handoff H0-001 préserve explicitement cette séparation : les destinations de documents et le contrôle matériel sont des permissions différentes, et une cible d'exécution simulée ne doit pas être silencieusement promue en cible physique.

Cette séparation améliore la collaboration parce que l'information peut circuler avant le contrôle.

Un ingénieur logiciel peut commencer à coder contre un contrat commun. Un ingénieur matériel peut concevoir l'interface. Un technicien local peut préparer un gabarit. L'actionneur physique peut rester non lié jusqu'à ce que l'Authority et le dossier de sécurité soient prêts.

Les droits de contribution comptent autant que les droits d'accès

Un réseau mondial de Capabilities doit également répondre à une autre question : **qu'advient-il de la contribution elle-même ?**

Si un petit atelier développe un meilleur gabarit, un étudiant écrit un adaptateur, un ingénieur crée un fichier de calibration ou un fournisseur apporte une géométrie d'antenne testée, le système ne doit pas supposer une réutilisation illimitée.

Un enregistrement de contribution peut inclure : - identité du contributeur ou de l'organisation ; - Work et Resource auxquels la contribution se rapporte ; - version et hash ; - usage autorisé - évaluation, un projet, un client, usage

interne, revente, réutilisation ouverte ou autre portée convenue ; - exigence d'attribution éventuelle ; - accord de paiement ou de partage de revenus éventuel ; - niveau de confidentialité ; - conditions d'expiration ou de retrait lorsqu'elles s'appliquent ; - Evidence montrant ce qui a réellement été utilisé dans un résultat livré.

Cela ne remplace pas un accord juridique. C'est une manière de rendre les faits opérationnels suffisamment lisibles pour que les accords juridiques et commerciaux puissent être exécutés avec moins d'ambiguïté.

Authority minimale, élévation explicite

Le défaut le plus sûr est d'accorder la plus petite Authority utile et de l'élargir lorsque le Work l'exige.

Un utilisateur peut commencer par la découverte publique. Lire un dessin privé exige un accès authentifié. Réserver une machine exige une relation commerciale plus forte. Démarrer un mouvement peut exiger un opérateur nommé, une vérification de localisation, un état de sécurité courant et un jeton d'exécution ou une autorisation locale équivalente.

MCP 2026-07-28 renforce l'autorisation protocolaire et le routage, notamment la validation de l'émetteur et l'isolation des identifiants. Ces mécanismes aident à déterminer si un client est autorisé à appeler un endpoint protocolaire protégé. HSIMC doit toujours prendre la décision applicative de savoir si l'action demandée dans le monde réel est appropriée pour cette Resource, ce moment et ce Work.

Le protocole peut transporter la requête. La couche métier définit l'Authority.

7.3 Responsabilité, paiement, recours et retrait

L'Authority est incomplète sans imputabilité.

Un système collaboratif doit enregistrer non seulement qui était autorisé à agir, mais aussi ce qui se passe lorsque le Work est en retard, incomplet, dangereux, contesté ou n'est plus souhaité.

L'acceptation est un acte séparé

Une opération peut se terminer sans être acceptée.

Un laser peut achever un cycle de marquage et néanmoins produire le mauvais numéro de série. Une machine à coudre peut achever un chemin conducteur qui échoue au test de résistance. Une livraison peut arriver à un hôtel avant que le client ne soit prêt. Un modèle peut générer un fichier valide utilisant la mauvaise révision de conception.

Un cycle de vie Work utile sépare donc :

demandé -> accepté pour Work -> en exécution -> exécution achevée -> Evidence disponibles -> accepté / rejeté / partiellement accepté

Cela permet au système de distinguer « la machine s'est arrêtée » de « le client a obtenu le résultat convenu ».

Le paiement doit suivre un événement économique défini

Un réseau mondial ne devient plus inclusif que si la contribution peut se traduire en valeur économique compréhensible.

Les déclencheurs possibles de paiement comprennent : - réservation acceptée ; - matériau fourni ; - échantillon livré ; - test réussi ; - service achevé ; - client ayant accepté ; - usage mesuré ; - revenu encaissé.

Le bon déclencheur dépend du Work. Il doit être convenu avant l'exécution lorsque possible.

L'enregistrement Evidence doit aussi distinguer la valeur en espèces de la contribution non monétaire. Un atelier peut donner un échantillon pour un pilote. Un étudiant peut contribuer dans un cadre éducatif. Un fournisseur peut prêter une carte de développement. Une entreprise peut sponsoriser des essais. Ces contributions ont tout de même une valeur et doivent être enregistrées sans prétendre qu'elles constituent du chiffre d'affaires.

Recours et correction

« Ne laisser personne de côté » exige davantage que l'accès. Les participants ont besoin d'un moyen de contester un enregistrement incorrect ou un résultat nuisible.

Par exemple : - un maker affirme que le système a attribué un échantillon au mauvais contributeur ; - un opérateur indique qu'une tâche a été affectée en dehors de la plage horaire convenue ; - un client conteste un résultat d'acceptation ; - une personne veut qu'un lien de données privées soit révoqué ; - le propriétaire d'un appareil signale qu'un Profil de capacité est obsolète ; - un fournisseur affirme qu'un modèle a été réutilisé hors de la portée convenue.

Le système doit préserver les Evidence originales tout en permettant d'ajouter une correction, un litige ou une décision de remplacement. Réécrire silencieusement l'historique est généralement pire qu'une piste de correction visible.

Le retrait n'inverse pas la physique

Une personne peut retirer une permission pour l'usage futur. Cela n'inverse pas toujours une action déjà achevée.

Un fichier peut déjà avoir été envoyé à un destinataire autorisé. Un matériau peut déjà avoir été découpé. Un colis peut déjà être en transit. Un moteur peut déjà avoir déplacé un chariot. Un paiement peut déjà avoir été réglé.

Le retrait a donc besoin d'une portée temporelle : - arrêter les nouvelles requêtes ; - arrêter la réutilisation future ; - annuler les réservations non encore exécutées ; - demander l'arrêt ou la récupération pour les actions en cours ; - préserver les Evidence de ce qui s'est déjà produit ; - appliquer des règles de retour, suppression, rappel ou compensation lorsqu'elles sont réellement possibles et convenues.

C'est une autre raison pour laquelle l'état persistant du monde réel compte même dans une architecture de protocole sans état.

Chapitre 8 - Tools, Resources et contrats partagés

8.1 Tools pour les actions ; resources pour le contexte

MCP fournit un vocabulaire utile pour connecter les modèles à des systèmes externes, mais ce vocabulaire doit être utilisé avec précision.

Dans MCP, les **tools** exposent des opérations appelables. Un tool possède un nom, une description et un schéma d'entrée, et peut renvoyer une sortie structurée ou non structurée. Le serveur peut lister les tools disponibles et le client peut appeler le tool choisi.

Dans MCP, les **resources** exposent des données et du contexte, identifiés par des URI. Elles peuvent représenter du contenu texte ou binaire et peuvent être listées ou lues par les clients selon les Capabilities du serveur et son modèle d'autorisation.

HSIMC utilise **Resource** dans un sens métier différent et plus large : un objet réel ou organisationnel susceptible de participer à un Work. Exemples : - personne ou équipe ; - pièce, usine, hôtel, ferme ou zone aéroportuaire ; - appareil T736 ; - machine à coudre ou marqueur laser ; - lot de matériau ; - position de stock ; - palette, fauteuil roulant ou chariot à bagages ; - ancre UWB ; - service de livraison ; - créneau horaire ; - Capacité d'ingénierie vérifiée.

Ces concepts se connectent naturellement, mais ils ne sont pas synonymes.

Une Resource réelle peut avoir plusieurs surfaces numériques

Considérons un marqueur laser UV dans un atelier local.

La **HSIMC Resource** est l'instance réelle de la machine, avec un propriétaire, un lieu, une configuration, un état de maintenance et une relation d'Authority.

Les MCP **resources** peuvent exposer : - manuel d'utilisation ; - Profil matériau pris en charge ; - enregistrement courant de calibration ; - file de jobs actuelle ; - dernière image d'alignement caméra ; - spécification approuvée de logo ou numéro de série.

Les MCP **tools** peuvent exposer : - `get_status` ; - `prepare_job` ; - `locate_marks` ; - `submit_marking_job` ; - `get_operation` ; - `request_stop`.

Un **Contrat de Work** partagé relie la demande métier à ces interfaces :

> *Marquer cet identifiant versionné sur ce lot, en utilisant ce Profil machine, dans cette plage horaire, sous cette Authority, et retourner ces Evidence.*

La machine n'est pas le tool. Le manuel n'est pas la machine. L'URI n'est pas l'Authority. Le Work n'est pas la session de transport.

C'est le maintien de ces couches séparées qui permet au système de passer à l'échelle.

8.2 MCP resources et objets HSIMC Resource

Un réseau mondial de collaboration a besoin à la fois de **découverte du contexte** et d'**identité du monde réel**.

Les MCP resources conviennent bien à la découverte du contexte. Elles offrent à un modèle ou un client une manière structurée d'obtenir les documents ou données nécessaires à une tâche. Les objets HSIMC Resource servent à maintenir la continuité à travers les changements physiques et organisationnels.

Un objet Resource doit survivre aux changements d'interface

Une machine peut d'abord être contrôlée manuellement. Plus tard, un adaptateur USB est ajouté. Plus tard encore, un nœud T736 fournit une interface MCP. La machine réelle ne devrait pas recevoir une nouvelle identité chaque fois que son interface logicielle change.

De même, une palette peut recevoir une étiquette QR, puis un tag NFC, puis un tag RFID. La technologie de tag peut changer tandis que la Resource demeure le même objet physique ou métier.

Un Profil de Resource utile peut comprendre : - Resource ID stable ; - nom lisible par l'humain ; - relation avec l'organisation ou le propriétaire ; - emplacement ou référence de localisation ; - type et modèle le cas échéant ; - interfaces actuellement disponibles ; - Profils de capacité ; - niveau Evidence courant ; - liaisons d'Authority ; - heure de la dernière Observation récente vérifiée ; - références versionnées vers manuels, dessins ou rapports d'essai ; - limites connues.

Le Profil doit distinguer **Capacité possible** et **Capacité observée**.

Une fiche fournisseur peut indiquer qu'un module supporte un bus. C'est une Evidence documentaire. Une carte de référence peut montrer que le bus est câblé d'une certaine manière. C'est une autre couche d'Evidence. Un

essai d'appareil réel démontrant une communication avec un périphérique spécifié constitue une Evidence plus forte pour cette instance.

Le handoff HSIMC T736 applique déjà cette discipline. C0-005 est une référence matérielle documentaire. C0-007 est un simulateur à source vérifiée. C0-008 enregistre un run de simulation à distance. Aucun de ces enregistrements n'est silencieusement réécrit comme Capacité actuelle de carte physique.

Observation récente contre Reçu d'opération historique

Un système de collaboration doit aussi distinguer deux questions :

66. **Que s'est-il passé dans l'opération X ?**
67. **Qu'est-ce qui est vrai maintenant ?**

La réponse à la première doit être stable. La seconde peut exiger une nouvelle observation.

Par exemple, un Reçu d'opération peut dire à juste titre qu'un tag a été lu à 09:00. Rejouer le même reçu à 14:00 ne prouve pas que le tag est toujours présent. Une machine peut avoir signalé `idle` avant qu'une autre équipe ne la réserve. Une coordonnée UWB peut devenir obsolète en quelques secondes.

HSIMC distingue donc : - **Reçu d'opération** - Evidence immuable ou append-only concernant une opération précise ; - **Observation** - mesure ou assertion d'état horodatée ; - **état effectif** - logique applicative dérivée des Observations, réservations, Works acceptés et transitions connues ; - **exigence de fraîcheur** - ancienneté maximale de l'Observation pour l'action suivante.

Cette distinction empêche l'idempotence de se transformer en réutilisation d'état obsolète.

8.3 Contrats de fonction entre matériel et logiciel

Une Capacité devient utilisable mondialement lorsqu'une autre équipe peut comprendre son contrat sans dépendre de la conversation originale.

Un contrat de fonction partagé doit répondre au moins à : - **nom** - quelle fonction est demandée ; - **but** - quel résultat utile elle produit ; - **entrées** - paramètres, fichiers, Resource IDs et unités ; - **sorties** - champs de résultat, unités et références Evidence ; - **préconditions** - conditions physiques, électriques, d'Authority et de fraîcheur ; - **effets de bord** - ce qui peut changer dans le monde réel ; - **Resources exclusives** - ce qui ne peut pas être utilisé simultanément ; - **timeouts** - quand l'appelant doit cesser d'attendre ou changer de stratégie ; - **idempotence** - comment les reprises évitent les effets de bord en double ; - **erreurs** - raisons d'échec lisibles par machine ; - **récupération** - quoi faire après une exécution incertaine ou partielle ; - **version** - versions du contrat, de l'adaptateur, du firmware, du modèle et du procédé ; - **acceptation** - comment le résultat métier est vérifié.

Un contrat peut exister avant le matériel final

C'est l'un des bénéfices les plus importants de la voie de développement cloud HSIMC.

Supposons qu'une équipe développe une fonction d'alignement d'échantillon. Avant que le chemin caméra T736 soit prêt, le contrat peut déjà spécifier : - format d'image d'entrée ; - définition du repère ; - coordonnées de sortie ; - champ de confiance ou qualité ; - référence de calibration ; - cas d'erreur ; - sortie version et Evidence.

Un simulateur cloud peut fonctionner sur des images fixes. Un ingénieur distant peut implémenter l'algorithme. Un maker local peut imprimer le repère et construire un gabarit. Un ingénieur matériel peut concevoir l'adaptateur caméra. Lorsque la carte physique devient disponible, la caméra réelle remplace l'entrée synthétique derrière la même fonction orientée métier, sous réserve d'une nouvelle validation appareil.

Le contrat n'élimine pas les différences matérielles. Il leur donne un endroit où être enregistrées.

Les effets ont besoin d'une identité explicite

Pour les opérations ayant des effets de bord, une nouvelle tentative ne doit pas créer une seconde action physique simplement parce qu'une réponse réseau a été perdue.

Un modèle pratique consiste à attribuer une identité d'opération stable à l'effet prévu et à lier cette identité à la définition de l'effet.

Par exemple : - operation ID : `op-123` ; - Resource cible : `laser-KT-01` ; - fonction : `submit_marking_job` ; - design hash : `abc...` ; - lot : `B-42` ; - quantité : `20` ; - contexte Authority : appelant actuellement autorisé et sa portée.

Si le même operation ID est rejoué avec le même effet prévu, le serveur peut renvoyer le reçu existant ou poursuivre le même Work. Si le même operation ID est réutilisé avec un effet différent, le serveur doit rejeter le conflit.

L'identité d'opération ne doit pas dépendre d'un jeton d'accès de courte durée. L'autorisation est évaluée à chaque requête ; l'identité de l'effet reste stable au travers du renouvellement de jeton ou de la reconnexion du client.

Les contrats partagés ne sont pas des permissions universelles

Publier un contrat signifie que les autres peuvent comprendre comment fonctionne une Capacité. Cela ne signifie pas que tout le monde peut l'appeler.

Un contrat public peut coexister avec une exécution privée. C'est utile pour le développement d'écosystème : les ingénieurs peuvent construire des clients et simulateurs compatibles tandis que les appareils réels restent protégés par l'Authority locale et organisationnelle.

C'est encore une manière de permettre à la collaboration de commencer avant que le contrôle soit accordé.

Chapitre 9 - Requêtes sans état, résultats imputables

9.1 28 juillet 2026 : le contexte transporté par chaque requête

La spécification MCP du 28 juillet 2026 est un jalon utile parce qu'elle modifie le modèle de collaboration du protocole d'une manière bien adaptée à l'ingénierie mondiale.

La version fait évoluer MCP vers un **noyau de protocole sans état**. L'ancien échange `initialize` / `initialized` et l'ID de session au niveau protocole sont supprimés dans le protocole moderne. Chaque requête transporte la version protocolaire, l'identité du client et les Capabilities client pertinentes. Un client peut utiliser `server/discover` lorsqu'il veut connaître à l'avance les Capabilities du serveur, mais le protocole ne dépend plus d'une longue session cachée pour donner son sens à une requête ordinaire.

La conséquence pratique est importante :

> ***Une requête peut être comprise à partir des informations explicites qu'elle transporte, plutôt qu'à partir d'un historique conversationnel invisible attaché à une seule connexion.***

Cela facilite le routage web ordinaire, la montée en charge et la récupération. Cela correspond aussi à l'objectif HSIMC : permettre à un autre ingénieur, appareil ou réseau de poursuivre le Work lorsque les identités, versions, Authority et Evidence nécessaires sont explicites.

Protocole sans état ne signifie pas application sans état

Les mainteneurs de MCP font directement cette distinction. Si une application a besoin d'un état entre les appels, elle peut créer un handle explicite et demander au client de transmettre ce handle lors des requêtes suivantes.

Pour un système physique, cette approche n'est pas optionnelle. De nombreux faits persistent : - Work ID ; - réservation Resource ; - instance d'appareil ; - operation ID ; - task handle ; - lot de matériau ; - enregistrement de Garde ; - version de calibration ; - état du paiement ; - résultat d'acceptation ; - état de récupération.

L'amélioration est que l'état est explicite et adressable au lieu d'être caché dans une session de transport.

HSIMC résume le principe de conception ainsi :

> ***Requête sans état ; responsabilité du monde réel persistante.***

Le routage par headers peut soutenir la gouvernance

MCP 2026-07-28 ajoute également des headers protocole tels que `Mcp-Method` et, lorsque pertinent, `Mcp-Name`. Les gateways peuvent utiliser ces informations pour le routage, le comptage et l'application de politiques sans avoir à déduire l'opération à partir d'une longue session.

Pour HSIMC, cela suggère une séparation utile : - le gateway protocolaire décide si une requête est structurellement valide et authentifiée ; - l'autorisation applicative décide si le principal peut demander cette fonction sur cette Resource ; - le Runtime local vérifie les préconditions physiques courantes ; - le contrôleur déterministe exécute l'action physique autorisée ; - la couche Evidence enregistre le résultat.

Aucune couche n'a besoin de prétendre pouvoir tout décider.

9.2 Observations récentes, Reçus d'opération et nouvelles tentatives

Les systèmes sans état doivent être particulièrement disciplinés sur les reprises parce qu'un client peut perdre une réponse alors que l'action physique s'est néanmoins produite.

Imaginons un job laser :

68. le client soumet l'opération ;
69. le serveur l'accepte ;
70. le laser effectue le marquage ;
71. la connexion réseau tombe avant que la réponse de succès n'atteigne le client.

Si le client soumet simplement une nouvelle opération, la pièce peut être marquée deux fois.

Le bon comportement de récupération est :

> ***Lorsque le résultat est incertain, interroger l'opération originale avant de créer un nouvel effet.***

Ce principe s'applique à la fabrication, à la logistique et aux paiements.

États d'opération suggérés

Un cycle de vie pratique d'opération physique peut inclure : - `prepared` - entrées validées, aucun effet physique encore ; - `accepted` - Authority et Resources acceptées ; - `running` - exécution physique ou transactionnelle commencée ; - `input_required` - l'exécution exige une entrée ou confirmation supplémentaire explicite ; - `cancel_requested` - une demande d'arrêt/annulation a été reçue ; - `cancel_confirmed` - l'exécuteur responsable confirme que l'action a cessé ou ne se poursuivra pas ; - `completed` - exécution achevée ; - `failed` - exécution terminée en échec avec état connu ; - `result_unknown` - le système ne peut pas encore prouver l'état physique final ; - `accepted_result` - l'accepteur métier a accepté le résultat livré ; - `rejected_result` - le résultat a été inspecté et rejeté.

Il s'agit de concepts applicatifs HSIMC, et non d'une affirmation que MCP définit exactement cette machine à états.

Demande d'annulation n'est pas arrêt physique

Une requête numérique `cancel` peut être reconnue alors que la machine ralentit encore, qu'un coursier tient toujours le colis ou qu'une étape irréversible s'est déjà produite.

Le système doit donc distinguer : - **demande d'annulation** ; - **accusé de réception de l'exécuteur** ; - **arrêt physique confirmé ou non-exécution** ; - **récupération ou disposition du matériau partiellement modifié**.

Pour les mouvements liés à la sécurité, le comportement d'arrêt local doit rester déterministe et indépendant de la connectivité continue d'un modèle distant.

La fraîcheur appartient au contrat

Une requête sans état peut être auto-descriptive tout en utilisant des informations obsolètes.

La requête doit donc identifier les attentes de fraîcheur lorsque cela compte. Exemples : - observation de stock datant de moins de 5 minutes ; - position UWB datant de moins de 500 millisecondes ; - état de sécurité machine lu immédiatement avant exécution ; - préférence de livraison du client valide jusqu'à une heure donnée ; - calibration valide pour un gabarit et une version logicielle précis.

Si l'Observation disponible dépasse le seuil, le bon résultat peut être `refresh_required`, et non un résultat deviné.

Multi Round-Trip Requests et confirmation explicite

MCP 2026-07-28 introduit les Multi Round-Trip Requests pour les cas où un tool a besoin d'informations supplémentaires au cours d'une interaction sans état. Un serveur peut renvoyer un résultat indiquant qu'une entrée est requise, et le client peut resoumettre l'appel original avec les réponses demandées.

C'est conceptuellement utile pour les actions à forte conséquence : - confirmer le coût proposé avant une série de fabrication payante ; - demander une dimension manquante avant la découpe ; - solliciter une approbation avant de libérer un envoi ; - confirmer une nouvelle heure de livraison d'hôtel ; - demander l'accusé d'un opérateur local avant d'activer une carte de référence physique.

MRTR est un mécanisme protocolaire. Le fait qu'une action réelle exige ou non une confirmation reste une décision applicative et de gouvernance.

9.3 Responsabilité persistante à travers le changement de clients et de rôles

La raison la plus forte d'adopter des handles explicites, Resources, Work IDs et Evidence n'est pas l'élégance technique. C'est la continuité.

La collaboration mondiale signifie que le client d'origine peut disparaître.

L'ingénieur qui a conçu la pièce peut se déconnecter. Le téléphone utilisé pour scanner un tag peut changer. La session modèle peut prendre fin. Un autre prestataire peut prendre la Garde. Le matériel peut être expédié de Hong Kong vers un autre pays. Un futur ingénieur peut devoir reproduire un résultat plusieurs mois plus tard.

Un système responsable doit toujours pouvoir répondre : - quel Work a été demandé ? - quelle version a été utilisée ? - quelle Resource l'a réellement exécuté ? - qui avait l'Authority à ce moment-là ? - quelles Observations étaient suffisamment récentes pour soutenir la décision ? - quel effet physique s'est produit ? - quelles Evidence le prouvent ? - qui a accepté le résultat ? - qu'est-ce qui reste incertain ?

C'est ce qui rend une collaboration portable entre équipes.

L'objet Work comme ancre de continuité

HSIMC propose de traiter **Work** comme l'ancre de continuité métier. Un Work n'est pas un simple enregistrement de tâche. Il lie : - résultat souhaité ; - demandeur ; - Resources pertinentes ; - rôles d'Authority et d'acceptation ; -

temps et lieu ; - contrats de Capacité / tool ; - versions d'entrée ; - réservations ; - opérations ; - Evidence ; - conditions économiques ; - résultat d'acceptation.

Un Work peut survivre à une session de chat. Il peut référencer une task MCP lorsqu'un tool choisit de fonctionner de manière asynchrone. Il peut aussi exister sans utiliser MCP Tasks du tout.

Cette distinction est importante parce que MCP 2026-07-28 déplace Tasks dans une extension. Le support protocolaire doit être détecté et utilisé lorsque les deux côtés le prennent effectivement en charge. Le Work métier ne doit pas disparaître simplement parce qu'un client ou serveur particulier n'implémente pas cette extension.

De la planification mondiale à l'exécution locale

Une architecture utile pour le Work physique est :

Couche mondiale / cloud - découvrir les Capabilities ; - comparer les plans ; - assembler les contrats ; - vérifier l'autorisation métier ; - planifier et router le Work ; - maintenir des références Evidence versionnées.

Couche Runtime locale - se lier à l'appareil réel ; - lire l'état physique courant ; - appliquer les interverrouillages locaux et Resources exclusives ; - traduire les contrats communs vers des drivers spécifiques aux appareils ; - conserver les enregistrements d'opération malgré une interruption réseau ; - exposer le résultat et l'état de récupération.

Couche de contrôle déterministe - exécuter la logique moteur, laser, actionneur ou sécurité sensible au temps ; - s'arrêter en sécurité lors de défauts définis ; - ne pas dépendre de la latence d'un modèle de langage distant pour la sécurité temps réel stricte.

Ce modèle en couches permet à la GenAI de contribuer fortement sans lui demander de devenir un automate de sécurité.

Evidence est le pont entre confiance et passage à l'échelle

La participation mondiale échoue si chaque nouveau partenaire doit faire personnellement confiance à tous les autres.

Les Evidence réduisent cette charge.

Un maker peut montrer qu'un échantillon a été produit selon un procédé connu. Un ingénieur distant peut reproduire l'analyse. Une machine peut retourner un Reçu d'opération. Un client peut accepter ou rejeter selon un critère déclaré. Un second site peut répéter la procédure et comparer les résultats.

Les Evidence peuvent inclure : - hashes et version IDs ; - photographies et vidéos ; - fichiers capteur ou mesure ; - références de calibration ; - journaux machine ; - enregistrements de lots matière ; - vérification lecture/écriture pour NFC ou RFID ; - acceptation signée ou authentifiée ; - horodatages et références de localisation ; - reçus financiers lorsque pertinent.

Les Evidence ne suppriment pas le besoin de confiance, de normes ou de responsabilité juridique. Elles rendent la confiance plus transférable.

Ne laisser personne de côté exige Authority visible et valeur visible

Un système mondial peut être techniquement ouvert tout en excluant des personnes économiquement ou socialement.

Si seules les grandes entreprises peuvent décrire des Capabilities, les petits makers restent invisibles. Si le modèle peut utiliser la contribution d'une personne mais que le contributeur ne voit pas comment elle a été utilisée, la participation devient extractive. Si l'on attend d'un opérateur qu'il absorbe chaque échec mais qu'il n'a aucune Authority pour refuser un Work dangereux, le système n'est pas réellement inclusif.

La Partie III se termine donc par un test de gouvernance pour chaque Work :

72. **Le participant peut-il comprendre le résultat demandé ?**
73. **Peut-il dire oui, non ou proposer des conditions ?**
74. **La portée de l'Authority est-elle explicite ?**
75. **La contribution peut-elle être attribuée et étayée par Evidence ?**
76. **Le participant peut-il voir le résultat d'acceptation ?**
77. **La valeur économique ou la contribution non monétaire peuvent-elles être enregistrées avec exactitude ?**
78. **Un litige ou une correction peuvent-ils être ajoutés sans effacer l'historique ?**
79. **Une autre équipe autorisée peut-elle reproduire le résultat à partir des enregistrements ?**

Si la réponse est régulièrement oui, Stateless MCP devient plus qu'un modèle de transport scalable. Il devient une composante d'une architecture de collaboration imputable dans laquelle les modèles peuvent aller vite tandis que les personnes conservent l'Authority sur les conséquences réelles.

Conclusion de la Partie III - De la connectivité à la collaboration imputable

L'ère physique de la GenAI n'a pas besoin d'une nouvelle promesse selon laquelle « tout sera connecté ». La connexion est déjà abondante.

Le problème plus difficile est la coordination avec responsabilité.

La Partie III propose un modèle opérationnel simple :

> ***Les personnes détiennent l'Authority. Les Tools exposent les actions. Les resources fournissent le contexte. Les HSIMC Resources préservent l'identité du monde réel. Les contrats partagés définissent les fonctions. Les requêtes sans état transportent un contexte explicite. Les Work et Evidence persistants préservent la responsabilité.***

Ce modèle permet à un petit maker, un ingénieur mondial, un modèle cloud, un nœud T736, un contrôleur machine, un prestataire logistique et un client de participer au même Work sans prétendre qu'ils possèdent le même rôle ou la même Authority.

Il prépare également la Partie suivante du livre blanc.

La Partie IV passe de l'architecture de collaboration à la voie d'ingénierie : comment les équipes développent ensemble avant l'expédition du matériel, comment la voie de référence T736 soutient l'itération cloud-vers-physique et comment une même fonction peut être reproduite par de nombreux makers et appareils.

Evidence et notes de sources pour la Partie III

S1 - Model Context Protocol, version 2026-07-28. La publication officielle MCP décrit le noyau de protocole sans état, la suppression de l'échange `initialize` / `initialized` et de l'ID de session protocolaire, les requêtes auto-descriptives, `server/discover`, le routage par headers, les résultats de listes pouvant être mis en cache, le renforcement de l'autorisation, MRTR, Tasks en tant qu'extension et les dépréciations. Elle indique explicitement que les applications peuvent rester stateful grâce à des handles explicites.

https://blog.modelcontextprotocol.io/posts/2026-07-28/

S2 - MCP 2026-07-28 release candidate / évolution du protocole. La documentation du release candidate décrit la refonte sans état, les changements de cycle de vie Tasks, le renforcement de l'autorisation et le principe selon lequel l'état applicatif peut être transporté par des handles explicites plutôt que par des sessions de transport.

https://blog.modelcontextprotocol.io/posts/2026-07-28-release-candidate/

S3 - Guide de migration SDK MCP pour 2026-07-28. La documentation SDK actuelle décrit les headers modernes par requête, la gestion de la version protocolaire, les subscriptions resources et les exigences d'autorisation de l'ère 2026-07-28. Il s'agit d'un guide d'implémentation et cela ne prouve pas à lui seul la compatibilité d'un client ou serveur HSIMC.

https://ts.sdk.modelcontextprotocol.io/v2/migration/support-2026-07-28

S4 - HSIMC Card Phone & Cloud Development Handoff H0-001, 11 novembre 2026. Le handoff projet conserve T736 comme voie actuelle la plus courte, cloud simulation -> remote physical reference board -> freeze -> ship -> local binding, la continuité Resource / Authority / Evidence, la séparation entre permissions de document et de contrôle matériel, ainsi que la Limite de preuve pour C0-005 / C0-007 / C0-008. H0-001 n'a pas reprosé physiquement le T736.

S5 - HSIMC Stone & Thread White Paper, Partie I W0-005 et Partie II W0-006. Ces Parties précédentes définissent l'écart entre résultat numérique et physique, le point de départ au format carte de crédit, le principe de participation Leave No One Behind, la discipline Evidence matériau/fonction et la transition de l'artisanat vers une Capacité reproductible.

Discipline Evidence

Cette Partie distingue : - les **faits de protocole MCP** provenant des sources MCP officielles ; - les **propositions architecturales HSIMC** telles que M-Person, Work, l'échelle de permissions et les états d'opération physique proposés ; - les **Evidence projet HSIMC existantes** provenant de H0-001 et des Parties précédentes du livre blanc ; - les **exigences d'implémentation futures** qui doivent encore être validées au niveau client, serveur, matériel et Work réel.

Aucune déclaration de cette Partie ne doit être lue comme preuve qu'un client MCP externe donné prend déjà en charge le contrôle physique HSIMC, qu'une vraie carte T736 est actuellement accessible, ou qu'une machine quelconque est autorisée pour une exécution distante.

Partie IV - La voie d'ingénierie : développer ensemble, vérifier dans la réalité

La Partie IV en un coup d'œil

Les Parties I à III ont établi l'opportunité, les matériaux de départ et le modèle de collaboration. La Partie IV pose la question d'ingénierie : **comment des personnes situées dans des lieux différents peuvent-elles commencer un Work utile avant que le matériel final soit terminé, tout en préservant la distinction entre simulation, validation de référence et Evidence physique livrée ?**

La réponse proposée est une voie d'ingénierie par étapes, construite autour de contrats communs et de cibles d'exécution remplaçables.

Un ingénieur logiciel ne devrait pas avoir à attendre une carte personnalisée terminée avant de tester le sens d'une opération. Un ingénieur matériel ne devrait pas avoir à attendre le workflow client final avant de fixer les contraintes d'alimentation, de connectique et de récupération. Une imprimerie locale devrait pouvoir préparer un échantillon marqué ou un gabarit pendant qu'un ingénieur vision distant développe sur un jeu d'images fixe. Une carte T736 de référence peut ensuite remplacer le simulateur pour certains contrôles. Ce n'est qu'après validation de la configuration visée que la version doit être figée pour expédition. Après expédition, l'instance livrée doit continuer de fonctionner sous sa propre identité, sa configuration et son enregistrement Evidence.

Ce n'est pas un argument pour faire passer la simulation pour du matériel. C'est l'inverse. Le but du développement parallèle est de rendre la frontière entre chaque étape suffisamment explicite pour que les équipes puissent commencer plus tôt sans confondre ce qui a été prouvé et ce qui ne l'a pas été.

Le handoff HSIMC actuel fournit une référence concrète. T736 est la voie matérielle la plus courte parce qu'une famille réelle de modules, une documentation fournisseur, un travail de conception existant et un simulateur à source vérifiée existent déjà. La Limite de preuve reste stricte : - **C0-005** est une référence documentaire matérielle. Elle contient des dimensions examinées, des groupes d'interfaces, des informations de broches et des conflits qui doivent encore être confirmés au niveau instance. - **C0-007** est un simulateur à source vérifiée et un registre d'opérations. Il est utile pour développer les contrats et rejouer de manière déterministe, pas pour revendiquer des E/S physiques. - **C0-008** enregistre un run de simulation à distance Azure 14/14 du 10 novembre 2026. C'est un enregistrement historique de simulation à distance, pas un rapport d'acceptation physique T736. - L'instance réelle 736 n'a pas été reprosée dans H0-001. Son accessibilité actuelle, son BOM exact, son système d'exploitation, ses drivers, son répertoire d'outils et sa route Azure-vers-carte restent à lier et à vérifier. - Un produit complet au format carte de crédit reste un objectif de conception. Les dimensions connues du module central et de la carte de référence ne prouvent pas qu'un produit complet au format carte ait déjà été construit.

Le principe d'ingénierie est donc :

> ***Développer tôt contre le contrat. Lier la Capacité physique seulement lorsque les Evidence la soutiennent.***

Cette Partie développe ce principe en trois étapes. Le Chapitre 10 définit la voie de développement parallèle. Le Chapitre 11 mappe cette voie sur la plateforme de référence T736. Le Chapitre 12 suit une fonction proposée, `locate_marks`, depuis un échantillon versionné jusqu'à la simulation, la fabrication locale, l'intégration sur carte de référence et la reproduction sur un second site.

Chapitre 10 - Construire ensemble avant l'expédition du matériel

10.1 Développement parallèle des applications, du matériel et des procédés

Les projets matériels traditionnels imposent souvent une séquence :

spécification -> carte -> firmware -> application -> test -> client

Cette séquence peut être appropriée lorsque les interfaces sont immatures ou que le dossier de sécurité exige une conception étroitement contrôlée. Elle peut aussi créer de longues périodes d'attente. Le logiciel attend le matériel. Le matériel attend un cas d'usage stable. La fabrication attend les dessins. Le client ne voit la valeur qu'après que de nombreuses décisions en amont sont déjà devenues coûteuses à modifier.

La GenAI crée une opportunité de réorganiser une partie de ce Work, mais seulement si le projet dispose d'un contrat suffisamment clair.

Le contrat n'a pas besoin de décrire chaque détail d'implémentation interne. Il doit définir ce sur quoi une autre équipe peut s'appuyer. Pour une fonction, cela signifie généralement : - nom et objectif de la fonction ; - entrées requises et formats acceptés ; - structure de sortie et unités ; - erreurs et cas non pris en charge ; - effets de bord attendus ; - exigences de timing ou de fraîcheur lorsque pertinent ; - Resource ou cible d'exécution à laquelle la fonction s'applique ; - Authority nécessaire pour l'invoquer ; - informations de version et compatibilité ; - Evidence nécessaires à l'acceptation du résultat.

Une fois cette limite suffisamment stable, plusieurs équipes peuvent commencer en parallèle.

Work applicatif et modèle

Une équipe applicative distante peut développer la logique client, les parcours utilisateurs, les vecteurs de test et la gestion d'erreurs contre un simulateur ou un jeu de données enregistré. Elle n'a pas besoin d'accéder à un actionneur en direct pour décider comment représenter un résultat, comment gérer les requêtes dupliquées ou comment signaler une entrée non prise en charge.

Par exemple, une fonction de vision peut être développée sur une collection fixe d'images avant que la caméra finale soit choisie. Le résultat n'est pas encore une Capacité caméra physique. C'est un résultat d'algorithme et d'interface sous une condition d'entrée Documentée.

Work matériel et interface

Une équipe matériel peut travailler sur l'alimentation, la récupération, l'allocation des connecteurs, le budget USB host, les transceivers série, la fixation caméra, les contraintes thermiques et l'intégration mécanique. Ces questions peuvent avancer pendant que l'équipe applicative travaille sur le Contrat de fonction commun.

L'équipe matériel doit publier le résultat sous forme de Profil : ce qui est Documenté, ce qui a été mesuré, quelles interfaces entrent en conflit, ce qui reste optionnel et quelles Evidence s'appliquent à quelle révision de carte.

Work local de procédé et de gabarit

Un maker local peut développer l'échantillon physique, l'impression, le gabarit, le support, le motif d'antenne, la position d'étiquette ou le fixture pendant que les équipes logiciel et matériel travaillent ailleurs. Le maker local a besoin d'un dessin versionné ou d'une condition d'acceptation, pas de toute la pile logicielle.

C'est là que la vitesse locale peut devenir stratégiquement importante. Une révision de conception peut être transformée en un échantillon visible en quelques heures ou en une journée, photographiée ou mesurée, puis renvoyée à l'équipe mondiale. La valeur n'est pas simplement un faible coût de fabrication. C'est une distance de feedback plus courte.

Work d'Evidence

Une couche Evidence peut aussi commencer avant le matériel final. Des images test, hashes d'échantillon, dimensions, sorties attendues, cas d'échec connus et critères d'acceptation peuvent être enregistrés tôt. Lorsque la vraie carte de référence exécute ensuite la fonction, l'équipe peut comparer les nouvelles Evidence au contrat antérieur au lieu d'inventer un test après coup.

Le résultat n'est pas quatre projets séparés. C'est un seul Work comportant plusieurs voies d'exécution liées à la même limite versionnée.

Matrice parallèle pratique

Voie	Peut commencer avant le matériel final ?	Livrable précoce	Ne peut pas encore revendiquer
Application / GenAI	Oui	logique client, vecteurs de test, gestion du contrat	comportement de l'appareil physique

Algorithme	Oui	résultat sur données fixes, performance sur dataset déclaré	performance caméra en direct
Matériel	Oui	Profil d'interface, conception alimentation/connectique	Capacité du produit intégré final
Fabrication locale	Oui	échantillon, gabarit, piste, panneau, fixture	répétabilité au-delà du jeu d'échantillons testé
Simulateur	Oui	sémantique d'opération déterministe et rejeu	comportement électrique ou temporel de la vraie carte
Carte de référence	Après liaison	E/S physiques choisies et Evidence Runtime	identité de l'unité livrée ou conditions terrain
Unité livrée	Après gel et expédition	acceptation spécifique à l'instance et Evidence locale	Capabilities non incluses dans cette configuration

La matrice protège l'idée centrale : **le Work parallèle n'est utile que si la revendication suit le niveau Evidence.**

10.2 Validation distante de référence et gel de configuration

Un simulateur réduit l'attente. Une carte de référence réduit l'incertitude. Ils ne sont pas interchangeables.

L'étape carte de référence existe pour répondre aux questions qui ne peuvent être tranchées uniquement à partir de documents et de simulation côté host.

Les questions typiques comprennent : - l'image de système d'exploitation choisie démarre-t-elle de manière fiable sur la configuration réelle ? - la caméra USB prévue est-elle énumérée et stable ? - le chemin série utilise-t-il le niveau logique et le transceiver attendus ? - la route réseau choisie est-elle disponible sous la politique de sécurité prévue ? - l'application survit-elle au redémarrage et à la reconnexion ? - les operation IDs sont-ils conservés après redémarrage de processus ? - l'appareil signale-t-il un état busy lorsqu'une Resource exclusive est déjà utilisée ? - l'annulation produit-elle une demande, un accusé puis un arrêt physique vérifié séparément lorsque applicable ? - les Evidence contiennent-elles l'identité réelle de la carte, la version logicielle, la version driver et l'horodatage ?

La réponse doit être enregistrée contre une instance physique de référence nommée. Un test réussi sur un host Azure x86 n'est pas un résultat T736. Un test réussi sur une carte T736 de référence n'est pas automatiquement valable pour chaque variante de carte. Un run de référence physique réussi n'est pas automatiquement un résultat pour l'appareil ultérieurement livré sur un autre site.

Cibles d'exécution remplaçables

Un contrat utile peut cibler plusieurs classes d'exécution : - `simulation` - `physical_reference` - `physical_delivered`

La même opération de haut niveau peut exister dans ces classes, mais le Profil de Capacité et les Evidence diffèrent.

Par exemple :

```
locate_marks(image_ref, marker_profile, calibration_ref?)
```

peut être exécutée :

80. sur Azure contre une image fixe ;
81. sur une carte de référence T736 avec une caméra USB ;
82. sur une instance T736 livrée avec sa caméra et sa calibration liées localement.

L'application peut préserver le sens de l'opération tandis que le système préserve l'identité de l'exécuteur et le niveau Evidence.

Le gel est une configuration, pas un nom de fichier

Un projet dit souvent « version figée » lorsqu'une archive logicielle a reçu un nom. Cela ne suffit pas pour une livraison physique.

Un gel de livraison doit inclure, selon le cas : - module matériel et révision de carrier ; - options BOM affectant les interfaces ; - hypothèses d'entrée d'alimentation et budget d'alimentation externe ; - allocation connecteurs et usage des broches ; - identifiant image / système d'exploitation ; - modifications kernel, driver ou device-tree requises par les périphériques choisis ; - version Runtime ; - versions des Contrats de fonction ; - version applicative ; - enregistrement de compatibilité simulateur/référence ; - méthode de récupération ; - identifiants ou méthode de provisioning, sans placer de secrets dans des artefacts publics ; - dépendances offline nécessaires à destination ; - test d'acceptation et limites connues.

Le gel doit aussi dire ce qui n'est **pas** inclus.

C'est particulièrement important pour T736 car la référence documentaire comprend des fonctions optionnelles et multiplexées. La forme d'un connecteur ou un schéma bloc ne prouve pas que toutes les interfaces puissent être utilisées simultanément. La configuration figée doit identifier les choix réels.

Les Evidence de gel doivent être lisibles par l'équipe suivante

Un gel est réussi seulement si un autre ingénieur peut comprendre ce qui a été livré.

Le package doit donc contenir un `START_HERE` court, un Profil de collaboration en anglais, des références source, hashes, une matrice de fonctions prises en charge, une procédure de test et les Evidence de résultats. Les grands arbres source fournisseur peuvent rester indexés séparément et n'être récupérés que lorsque nécessaire.

Cela soutient la règle HSIMC : **déplacer d'abord le petit package pertinent pour la décision ; récupérer les grandes sources d'ingénierie par référence exacte lorsque le Work en dépend réellement.**

10.3 Expédition, liaison locale, récupération et poursuite de l'usage

Expédier le matériel n'est pas la fin de la voie d'ingénierie. Cela change le lieu du problème Evidence.

Avant expédition, le projet peut contrôler un environnement de référence. Après expédition, l'unité livrée rencontre un nouveau réseau, de nouvelles conditions d'alimentation, de nouveaux périphériques, un nouvel opérateur et éventuellement un modèle de maintenance différent.

L'unité livrée a donc besoin de son propre enregistrement de liaison.

Lier l'instance livrée

Au minimum, la liaison locale doit enregistrer : - Resource ID de l'appareil livré ; - identité matériel/BOM ; - versions logiciel et Runtime ; - propriétaire ou organisation responsable ; - localisation et portée d'exploitation locale ; - périphériques connectés et leurs Profils ; - opérations distantes autorisées ; - responsabilité locale d'arrêt/récupération ; - destination Evidence ; - date et résultat de l'acceptation locale.

Un Card ID, QR ou numéro de commande peut pointer vers cet enregistrement. Il ne doit pas remplacer l'identité de l'appareil.

L'exploitation locale ne doit pas dépendre d'une session cloud toujours ouverte

Un système physique doit définir ce qui se passe lorsque le cloud est indisponible.

Les comportements locaux possibles comprennent : - terminer une opération atomique sûre déjà acceptée ; - rejeter de nouveaux Works pendant la déconnexion ; - rester dans un état idle sûr ; - permettre à un opérateur local d'arrêter ou récupérer ; - mettre en file les Evidence pour upload ultérieur ; - poursuivre certaines fonctions offline qui n'exigent pas une Authority cloud fraîche.

Le bon comportement dépend de l'application. Une station d'inspection caméra et un fauteuil roulant en mouvement n'ont pas le même profil de risque.

Le noyau MCP sans état du 28 juillet 2026 est utile ici parce que la continuité protocolaire ne dépend plus d'une session de transport cachée. Chaque requête peut identifier son contexte, tandis que l'application transporte des handles Work, operation ou Resource explicites. L'application physique a toujours besoin de sa propre machine à états et de son comportement offline sûr.

La récupération fait partie du produit

Un système livré a besoin d'un chemin connu pour revenir d'un échec.

Pour un nœud basé sur T736, une conception minimale du carrier doit préserver intentionnellement les chemins de service et de récupération. La roadmap documentaire actuelle propose de conserver alimentation, OTG/FEL/récupération, UART0 service, une route réseau, USB Host et une expansion série choisie. Le plan exact connecteurs/broches reste à figer pour le carrier réel.

Les Evidence de récupération doivent répondre : - l'unité peut-elle être identifiée sans l'application normale en fonctionnement ? - un opérateur local peut-il la ramener à un état logiciel connu ? - une mise à jour échouée peut-elle être distinguée d'une panne matérielle ? - les Evidence de l'opération échouée peuvent-elles être conservées ? - l'ingénieur suivant peut-il reproduire la méthode de récupération à partir du package ?

Un produit qui ne fonctionne que lorsque l'ingénieur d'origine est présent n'est pas encore devenu une Capacité réutilisable.

Chapitre 11 - La voie de référence T736

11.1 Le module existant et une interface commune minimale

HSIMC ne commence pas la voie T736 sur une page blanche. Le handoff H0-001 hérite de la revue matériel C0-005, de la planification d'ingénierie distante C0-006, du simulateur C0-007 et du résultat enregistré de simulation distante C0-008.

La voie matérielle actuelle la plus courte utilise le module central **HelperT736C** comme référence. La base documentaire enregistre une taille de module d'environ **60 x 40 x 3,0 mm**, avec une tolérance d'épaisseur indiquée à ±0,2 mm, utilisant **188 pads périphériques castellated plus 34 contacts LGA inférieurs**. Le carrier de référence examiné mesure environ **150 x 105 mm**. Ce sont des dimensions documentaires, pas une nouvelle mesure d'unité dans cette Partie.

Le plan carte de crédit - environ 85,6 x 53,9 mm comme objectif de conception HSIMC - constitue donc un défi de packaging, pas une forme produit actuelle prouvée.

La question d'ingénierie n'est pas « peut-on réduire le carrier de référence en mettant le dessin à l'échelle ? ». La question est : **quelles fonctions doivent rester sur le carrier commun, lesquelles peuvent aller dans des modules adaptateurs remplaçables et lesquelles appartiennent au cloud ou à l'équipement externe ?**

Proposition de carrier commun minimal

Le handoff actuel propose un petit carrier commun préservant au minimum :

83. une entrée d'alimentation et une protection définies ;
84. USB0 / OTG / FEL ou chemin de récupération équivalent ;
85. fonctions reset / boot nécessaires à la récupération ;
86. accès service UART0 ;
87. une route réseau choisie délibérément ;
88. USB Host avec budget d'alimentation externe déclaré ;
89. expansion série assignée intentionnellement ;
90. conditions mécaniques, thermiques et de connectique nécessaires à la forme produit choisie.

Il s'agit d'une portée de conception, pas d'un schéma figé.

Elle évite volontairement d'essayer d'exposer chaque fonction T736 possible sur une carte au format carte de crédit. Les fonctions optionnelles haute vitesse, affichage, caméra et expansion peuvent être ajoutées au travers de carriers ou adaptateurs spécifiques au produit lorsqu'un Work réel les exige.

L'alimentation doit être spécifiée par configuration

La base documentaire contient des affirmations d'alimentation qui doivent être réconciliées. Le carrier de référence accepte 12 V et convertit vers l'entrée 5 V du module ; les documents examinés comportent des interprétations contradictoires d'une mention 1,5 A, et certaines descriptions de tension du bank PK exigent également confirmation BOM/configuration.

Un Profil T736 ne doit donc pas contenir une ligne vague telle que « 5 V / 1,5 A pris en charge ». Il doit séparer : - plage d'entrée acceptée du carrier ; - exigence d'alimentation du module ; - rating du régulateur et condition thermique ; - hypothèses de courant crête ; - budget de puissance USB/périphériques ; - condition de démarrage ou transitoire ; - résultat réellement mesuré sur la configuration nommée.

Cette distinction compte lorsqu'une caméra, radio UWB, unité de stockage ou adaptateur série est attaché. Le module de base peut démarrer correctement alors que le système complet reste insuffisant en budget de puissance périphérique.

Les noms d'interfaces ne sont pas des garanties électriques

Un signal UART côté SoC est un série au niveau logique. RS-232 et RS-485 sont des interfaces électriques différentes nécessitant des transceivers appropriés. Un connecteur ressemblant à miniPCIe ne prouve pas un signal PCIe. Le carrier T736 examiné comporte des cas où la forme du connecteur et le protocole routé diffèrent. De même, des Resources PHY multiplexées signifient qu'il ne faut pas supposer que chaque fonction du schéma bloc puisse fonctionner simultanément.

Le Profil doit donc décrire :

interface logique -> couche électrique -> connecteur -> driver -> appareil visé -> Evidence

Cette chaîne est beaucoup plus utile à un ingénieur distant qu'une photographie de connecteur seule.

11.2 Adaptateurs pour caméras, tags, positionnement et contrôleurs

Un nœud T736 commun devient plus utile lorsque la complexité spécifique aux appareils peut être déplacée vers de petits adaptateurs explicites.

Le principe d'adaptateur est simple :

> ***Garder stable le Contrat de fonction ; remplacer l'adaptateur physique lorsque l'équipement local change.***

Adaptateurs caméra

Pour la première voie vision, une caméra USB compatible est une candidate pratique parce qu'elle réduit le nombre de problèmes CSI non résolus pendant le développement initial. C'est un choix de route, pas une affirmation que l'USB est toujours supérieur.

Un Profil d'adaptateur caméra doit enregistrer : - fabricant/modèle et identité USB ; - résolution et formats de pixels pris en charge ; - fréquence d'image utilisée par l'application ; - objectif et condition de mise au point ; - position de montage ; - hypothèses d'exposition/éclairage ; - comportement d'horodatage de capture ; - version de calibration lorsque des coordonnées métriques sont rapportées ; - dépendances driver/kernel ; - CPU/mémoire/latence observés sur la configuration T736 réelle.

Passer d'une image synthétique à une vraie caméra crée donc un nouveau seuil Evidence. L'algorithme peut rester à la même version, mais la caméra, le chemin de capture et la calibration deviennent partie du résultat.

Adaptateurs NFC, UHF RFID et UWB

Ces technologies ne doivent pas être fusionnées dans une seule fonction « ID sans fil ». - **NFC** peut fournir un chemin d'interaction à courte portée avec un téléphone ou un appareil. - **UHF RFID** peut prendre en charge l'identification d'articles à plus grande distance avec lecteurs et tags compatibles. - **UWB** peut fournir des observations de distance, d'angle ou de position selon le matériel et la géométrie spécifiques.

Un nœud T736 peut se connecter à n'importe laquelle via USB, série, réseau ou une autre interface prise en charge. Le module, le driver, l'antenne et le firmware réels déterminent la Capacité.

L'adaptateur doit retourner une Observation avec son propre temps, sa qualité et sa source au lieu de convertir silencieusement une ancienne lecture en vérité actuelle.

Adaptateurs machine et contrôleur de mouvement

Le T736 ne devrait pas être obligé de remplacer un contrôle moteur ou sécurité déterministe mieux assuré par un PLC existant, un contrôleur servo ou un contrôleur de mouvement dédié.

Une architecture utile est :

GenAI / client -> HSIMC Work -> adaptateur T736 / superviseur local -> contrôleur déterministe -> machine physique

La couche T736 peut traduire une opération versionnée, vérifier les conditions locales, collecter l'état et empaqueter les Evidence. Le contrôleur de mouvement reste responsable du comportement temps réel pour lequel il a été conçu.

Pour un équipement ancien, un adaptateur peut utiliser RS-232, RS-485, Ethernet, E/S discrètes ou un protocole constructeur. Chaque conversion électrique et hypothèse temporelle doit faire partie du Profil.

L'adaptateur est aussi une frontière commerciale

Un intégrateur local peut contribuer de la valeur sans redessiner toute la plateforme. Si une usine possède une ancienne découpeuse, un hôtel un chariot existant, ou un atelier un laser à contrôleur propriétaire, le contributeur local peut construire et valider l'adaptateur qui connecte cette Resource à un Contrat de Work partagé.

Cela transforme l'intégration système en Capacité modulaire pouvant être attribuée, versionnée, testée et payée.

11.3 Capacité Documentée, simulation et Evidence physique

La voie T736 n'est utile que si l'échelle Evidence reste visible.

Une échelle simple est :

Niveau Evidence	Ce qu'il prouve	Exemple
Documenté	documentation fournisseur/examinée indique une Capacité ou contrainte	groupe de broches, dimension module, schéma bloc
Simulé	le Contrat applicatif se comporte sous les conditions Simulées déclarées	rejeu d'opération C0-007

Simulé à distance	un autre client atteint le simulateur via un chemin distant	enregistrement Azure C0-008 14/14
Référence physique	une carte de référence nommée exécute la fonction choisie	caméra énumérée ; opération UART réussie
Livré physiquement	l'unité livrée passe l'acceptation locale	run site client sur identité livrée
Opérationnel	la Capacité fonctionne répétitivement dans des conditions Work réelles	Evidence terrain dans le temps

L'échelle évite un échec fréquent en ingénierie assistée par IA : une explication plausible devient une hypothèse de conception, l'hypothèse devient une présentation, et la présentation est ensuite mémorisée comme un fait testé.

C0-007 reste précieux précisément parce qu'il est limité

Le simulateur C0-007 à source vérifiée expose `hsimc_get_profile`, `hsimc_sim_operation` et `hsimc_get_operation`, ainsi qu'une resource Profile simulée et des enregistrements d'opération SQLite. Il prend en charge la gestion des doublons et les conflits de groupes exclusifs pour ses conditions de test déclarées.

Il signale aussi les cibles physiques comme non liées.

C'est le bon comportement pour un simulateur. Il permet aux ingénieurs applicatifs de travailler sur la sémantique des opérations sans inventer un résultat physique.

L'initialisation actuelle C0-007 déclare la version protocole `2025-11-25`. La discussion de la Partie III sur MCP 2026-07-28 est donc une architecture cible, et non une Evidence que le simulateur a déjà migré. Une future migration doit être implémentée et testée, pas réalisée en modifiant une chaîne de version.

C0-008 est un enregistrement de chemin distant, pas une acceptation matérielle

C0-008 enregistre qu'un client d'ingénierie a appelé le chemin simulateur Azure et passé 14/14 contrôles le 10 novembre 2026. C'est une Evidence utile que la route de simulation distante fonctionnait sous les conditions enregistrées.

Cela ne prouve pas : - disponibilité Azure actuelle ; - accessibilité T736 actuelle ; - E/S matérielles ; - compatibilité caméra ; - compatibilité client actuelle avec le protocole 2026-07-28 ; - comportement du produit livré.

Un livre blanc gagne en crédibilité lorsqu'il le dit clairement.

Le prochain seuil de référence physique

Lorsqu'une instance réelle T736 de référence est accessible et autorisée, le premier seuil de référence physique doit rester volontairement étroit.

Une séquence raisonnable est :

91. identifier la carte et la configuration ;
92. enregistrer les versions matériel, OS et Runtime ;
93. vérifier le chemin récupération/service ;
94. vérifier la route réseau choisie ;
95. lier un périphérique autorisé ;
96. exécuter une fonction en lecture seule ou observation à faible risque ;
97. persister les Evidence d'opération et d'Observation ;
98. tester redémarrage / reconnexion / gestion des doublons ;
99. seulement ensuite élargir vers une action physique bornée.

Le projet n'a pas besoin que l'ensemble du BSP fournisseur soit répliqué dans l'espace de chaque ingénieur avant de commencer. La dépendance source exacte peut être récupérée lorsqu'une modification driver, device tree ou kernel la nécessite réellement.

Chapitre 12 - Une fonction, plusieurs makers

12.1 Le Contrat `locate_marks` proposé

Une plateforme peut devenir abstraite très rapidement. Une petite fonction rend le modèle de collaboration concret.

HSIMC propose donc `locate_marks` comme fonction d'ingénierie de référence pour la prochaine phase.

La fonction répond à une question étroite :

> ***Étant données une image versionnée et une définition de repères, où se trouvent les repères attendus, et quelles Evidence soutiennent le résultat ?***

Cela est utile pour l'impression, la fabrication de cartes, l'alignement laser, la vérification de gabarits, l'emballage, les étiquettes et d'autres tâches de production locale.

Il ne s'agit volontairement pas d'une commande de mouvement machine.

Pourquoi cette fonction est une bonne première référence

Elle connecte plusieurs Capabilities existantes sans exiger que le produit final soit achevé : - un designer peut créer le motif de repères ; - une imprimante ordinaire peut produire un échantillon ; - un maker local peut construire un gabarit ; - un téléphone ou une caméra peut capturer l'échantillon ; - un ingénieur vision distant peut développer le détecteur ; - Azure peut exécuter des tests sur images fixes ; - T736 peut ensuite exécuter la même fonction avec une vraie caméra ; - un opérateur peut comparer les Evidence retournées à l'échantillon ; - un laser ou une autre machine peut consommer le résultat uniquement au travers d'un contrat d'action séparé et autorisé.

Cette séparation permet de développer en parallèle la vision et le procédé physique sans autoriser un résultat de détection à devenir une commande actionneur non intentionnelle.

Contrat d'entrée candidat

Une première requête candidate peut contenir :

Champ	But
work_id	lie la requête au Work d'ingénierie ou métier
operation_id	rend cette invocation précise explicite et interrogeable
target_resource_id	identifie simulateur, référence ou exécuteur livré
image_ref	référence l'image d'entrée ou capture versionnée
marker_profile	définit les repères à localiser
calibration_ref	calibration optionnelle lorsque des coordonnées métriques sont requises
algorithm_version	identifie l'implémentation du détecteur
authority_context	identifie le demandeur actuellement autorisé / la portée

Le schéma wire exact reste à implémenter et tester. Le point important est que l'opération ne dépende pas d'une mémoire de conversation cachée pour savoir quelle image, quel Profil ou quel exécuteur sont visés.

Contrat de sortie candidat

Un résultat utile peut inclure : - `operation_id` ; - `observation_id` ; - identité exécuteur et classe d'exécution ; - horodatage capture ou source ; - version algorithme ; - IDs de repères détectés ; - coordonnées pixels ; - valeurs de confiance ou qualité ; - référence de calibration si des coordonnées métriques sont émises ; - hash de l'image d'entrée ; - références Evidence ; - avertissements ou conditions non prises en charge.

Si aucune calibration valide n'est disponible, la fonction doit rapporter les coordonnées pixels plutôt que d'inventer silencieusement des millimètres.

Si l'image est obsolète, endommagée ou non prise en charge, la fonction doit le dire.

Observation, pas contrôle

Le résultat signifie : **cet exécuteur, utilisant cet algorithme et cette entrée, a observé ces repères à ces emplacements.**

Il ne signifie pas : - le matériau peut être traité en sécurité ; - la machine est alignée ; - l'opérateur a autorisé le mouvement ; - le laser doit tirer ; - le résultat se situe dans la tolérance client ; - une image ultérieure contiendra les mêmes repères.

Ce sont des décisions et étapes Evidence séparées.

C'est exactement le type de limite que la Partie III appelle un contrat partagé.

12.2 Des images synthétiques à un échantillon réel

La première implémentation utile peut commencer avant qu'une caméra en direct soit liée.

Étape A - entrées synthétiques et générées fixes

Créer un petit dataset versionné : - échantillon nominal ; - échantillon tourné ; - variation d'échelle ; - un repère manquant ; - occlusion partielle ; - faible contraste ; - format non pris en charge ; - mauvais marker profile.

Chaque entrée possède un résultat attendu connu. Le but est de valider la sémantique de la fonction, pas de revendiquer une précision terrain.

Un ingénieur distant peut implémenter le détecteur et produire des Evidence déterministes sur cet ensemble.

Étape B - échantillon et gabarit imprimés localement

Une imprimerie ou un atelier local reçoit le graphisme versionné et les dimensions du fixture. Il imprime un vrai échantillon, le place dans le gabarit et capture des images sous des conditions déclarées d'éclairage et de caméra.

Le livrable local doit inclure : - version échantillon ; - description du procédé d'impression / matériau ; - version gabarit ; - photographie échantillon ; - dimensions mesurées pertinentes à l'acceptation ; - fichiers image et hashes ; - défauts ou écarts visibles ; - Evidence opérateur / lieu / temps lorsque pertinent.

Le détecteur distant s'exécute alors sur l'image réelle.

L'équipe peut désormais distinguer deux classes d'échec :

100. l'échantillon physique ou la capture ne correspond pas à la condition attendue ;
101. l'algorithme échoue sur un échantillon physique acceptable.

Sans cette séparation, les équipes logiciel et fabrication peuvent facilement se renvoyer la faute sans Evidence.

Étape C - chemin caméra de référence T736

Une fois la carte de référence accessible, lier un Profil caméra spécifique.

La même fonction est exécutée à partir d'une image en direct ou capturée localement. Les Evidence ajoutent maintenant : - identité HSIMC Resource T736 ; - version matériel et Runtime ; - identité caméra et driver ; - paramètres de capture ; - horodatages ; - latence de traitement ; - observations CPU / mémoire si pertinentes ; - identité calibration ; - Evidence résultat.

L'algorithme peut être inchangé par rapport à l'Étape A. Le niveau Evidence est différent parce que la capture et le Runtime sont physiques.

Étape D - usage aval borné

Ce n'est qu'après confiance dans l'Observation qu'un autre Work doit la consommer.

Par exemple, une fonction de préparation d'alignement laser pourrait transformer les repères détectés en transformation de coordonnées proposée. Un humain ou contrôleur local pourrait valider la proposition. Une action machine séparée et autorisée pourrait alors exécuter sous son propre operation ID.

Cela crée une chaîne auditable :

échantillon -> image -> Observation locate_marks -> proposition d'alignement -> acceptation -> action machine -> inspection sortie

Chaque étape peut appartenir à un contributeur différent tout en restant partie d'un même Work.

12.3 Reproduction indépendante sur un second site

L'Evidence la plus forte qu'une Capacité soit réutilisable n'est pas que l'équipe originale puisse la répéter. C'est qu'une autre équipe puisse reproduire la fonction à partir du package.

La reproduction sur un second site doit donc être un seuil d'ingénierie explicite.

Ce que reçoit la seconde équipe

L'équipe doit recevoir un package compact contenant : - `START_HERE` ; - Contrat de fonction ; - matrice supporté / non supporté ; - graphisme échantillon ; - dessin du gabarit ou note de construction ; - images test fixes ; -

algorithme ou package client dans la portée de distribution autorisée ; - instructions environnement / dépendances ; - résultats attendus ; - modèle Evidence ; - références source et hashes.

Les grandes archives fournisseur restent référencées séparément sauf si la reproduction en a réellement besoin.

Ce que la seconde équipe doit retourner

Le package de retour doit inclure : - quelles instructions étaient suffisantes ; - quelles instructions étaient ambiguës ; - versions environnement et Tools ; - résultat pour chaque vecteur de test ; - Evidence d'échantillon réel ou image si produites ; - écarts au résultat attendu ; - temps passé à configurer et exécuter le Work ; - changements locaux requis ; - déclaration claire de ce qui a été et n'a pas été reproduit.

Cela produit plus qu'un simple résultat pass/fail. Cela mesure la qualité de l'interface de collaboration.

Le temps de reproduction est une métrique produit

Une métrique utile pour un système d'ingénierie physique natif GenAI est :

> ***temps entre la réception d'un package versionné et la Reproduction indépendante de la fonction convenue.***

Une seconde métrique est le nombre de clarifications requises.

Une troisième est la quantité de connaissance locale cachée qu'il a fallu redécouvrir.

Ces métriques exposent un autre type de dette d'ingénierie. Une conception peut fonctionner parfaitement dans l'atelier d'origine mais rester difficile à transférer. Cette difficulté de transfert fait partie du produit.

Plusieurs makers, une seule chaîne Evidence

L'exemple `locate_marks` montre comment une fonction simple peut connecter de nombreux participants :

Contributeur	Contribution possible	Evidence
Designer	graphisme / version de repère	design hash
Imprimeur	échantillon physique	enregistrement impression / matériau
Maker local	fixture / gabarit	dimensions, photos, version
Ingénieur vision	détecteur	version algorithme et résultats de test
Ingénieur cloud	simulateur / service	enregistrements d'exécution
Ingénieur T736	adaptateur caméra	carte, driver et Profil capture
Opérateur	confirmation locale	Observation / enregistrement d'acceptation
Intégrateur machine	adaptateur aval	contrat d'action et Evidence résultat
Second site	Reproduction indépendante	rapport de reproduction

Aucun de ces participants n'a besoin de posséder l'ensemble du produit.

C'est le sens d'ingénierie de l'invitation HSIMC plus large :

> ***Apportez votre Capacité existante. Livrez une fonction reproductible.***

Le système devient plus puissant à mesure que les fonctions deviennent plus faciles à combiner, mais la combinaison ne doit jamais effacer la Limite de preuve de chaque contribution.

D'une fonction à un réseau de Capabilities

Une fois une fonction reproductible, la même méthode peut s'étendre : - `read_tag` - `write_tag` - `measure_range` - `get_machine_state` - `prepare_job` - `reserve_slot` - `verify_output` - `request_pickup` - `confirm_handover`

Chaque fonction peut être implémentée par différentes Resources locales et différentes technologies.

L'exigence commune n'est pas un matériel identique. C'est un contrat qu'un autre participant peut comprendre, un modèle d'Authority qui limite correctement l'action et des Evidence montrant ce qui s'est produit.

Conclusion de la Partie IV - Le produit est la voie reproductible

L'opportunité d'ingénierie à l'ère physique de la GenAI n'est pas simplement de fabriquer un appareil intelligent de plus.

Il s'agit de réduire la distance entre un plan et un résultat vérifié tout en permettant à davantage de personnes et d'installations existantes de participer.

Cela exige une voie où : - le logiciel peut commencer avant la fin du matériel personnalisé ; - le matériel peut stabiliser les interfaces avant que chaque détail applicatif soit connu ; - les makers locaux peuvent transformer rapidement des dessins en échantillons réels ; - un simulateur peut prouver la sémantique sans prétendre être du matériel ; - une carte de référence peut prouver un comportement physique choisi ; - une configuration figée peut être expédiée avec suffisamment d'Evidence pour qu'un autre ingénieur la comprenne ; - l'unité livrée peut être liée localement et continuer à fonctionner sans que l'équipe projet d'origine se tienne à côté ; - une seconde équipe peut reproduire la fonction et révéler les hypothèses cachées.

T736 est la référence matérielle actuelle la plus courte pour cette voie, pas la destination de tout l'écosystème. La forme au format carte de crédit est un défi de conception, pas un prérequis à une collaboration utile. Le produit plus profond est la **voie d'ingénierie reproductible** reliant personnes, Tools, Resources et Evidence.

C'est le pont entre le modèle de collaboration de la Partie III et la question de valeur de la Partie V : **lorsque la voie devient reproductible, quels résultats économiques, sociaux et environnementaux crée-t-elle, et comment mesurer ces résultats sans double comptage ?**

Evidence et notes de sources pour la Partie IV

Evidence d'ingénierie HSIMC - handoff H0-001 Card Phone and Cloud Development, 11 novembre 2026. - référence documentaire de standardisation matériel T736 C0-005, 9 novembre 2026. - plan d'ingénierie distante C0-006, 9 novembre 2026. - simulateur C0-007 à source vérifiée et tests simulateur enregistrés, 10 novembre 2026. - résultat enregistré de simulation distante Azure C0-008, 10 novembre 2026 : 14/14 contrôles dans le rapport enregistré.

Contexte externe - OpenAI, *Accelerating engineering for the physical world*, 3 novembre 2026. L'article décrit des travaux en ingénierie mécanique, ingénierie électrique, logiciel, simulation et fabrication, et invite des collaborateurs en ingénierie et fabrication. L'architecture et les revendications HSIMC restent indépendantes. - Model Context Protocol, *The 2026-07-28 Specification*, 28 juillet 2026. La version introduit un noyau de protocole sans état, des requêtes auto-descriptives, le routage par headers, un framework d'extensions et des changements d'autorisation associés. L'état applicatif peut toujours être transporté au moyen de handles explicites.

Discipline Evidence

Cette Partie distingue l'architecture proposée, les informations matérielles Documentées, les Evidence Simulées, les Evidence enregistrées de simulation à distance et la validation physique future. Aucune déclaration de cette Partie ne doit être lue comme affirmant un T736 actuellement accessible, un produit complet au format carte de crédit, un résultat d'acceptation caméra en direct ou un test d'unité livrée, sauf si des Evidence physiques datées séparées l'étayent.

Partie V - La valeur : résultats utiles et participation mesurable

La Partie V en un coup d'œil

Les Parties I à IV sont passées de l'opportunité aux capacités existantes, puis à une collaboration imputable et enfin à une voie d'ingénierie permettant à plusieurs équipes de développer ensemble avant l'expédition du matériel final. La Partie V pose la question suivante : **quelle valeur utile est réellement créée, pour qui, et comment cette valeur peut-elle être mesurée sans compter plusieurs fois le même bénéfice ?**

C'est ici qu'un livre blanc peut facilement devenir vague. Il est simple d'affirmer qu'un projet soutient la durabilité, économise du travail, améliore l'inclusion, crée de l'innovation, réduit les déchets et contribue à de nombreux Objectifs de développement durable. Il est plus difficile de montrer quel résultat a eu lieu, quel participant en a bénéficié, quel participant a supporté une nouvelle charge, quel flux de trésorerie a réellement changé, quel flux de matière ou d'énergie a changé et quelles Evidence soutiennent l'affirmation.

HSIMC traite donc la valeur comme un ensemble de changements observés, et non comme un adjectif marketing.

Un Work utile doit permettre de répondre à au moins cinq questions :

102. **Résultat** - Qu'est-ce qui a changé dans le monde physique ou dans le service ?
103. **Valeur pour le participant** - Qui a gagné du temps, du revenu, de la Capacité, de l'accès, de la commodité ou une réduction du risque ?
104. **Coût pour le participant** - Qui a contribué de l'argent, du travail, du temps machine, des matériaux, de l'attention ou de la responsabilité ?
105. **Evidence** - Quelle référence, quel reçu, quelle mesure ou quel enregistrement d'acceptation soutient le résultat ?
106. **Distribution** - Le bénéfice a-t-il été partagé de manière assez équitable pour que le système puisse continuer sans déplacer un coût caché vers un autre participant ?

Cette Partie développe cette approche en trois chapitres.

Le Chapitre 13 suit trois classes de parcours réels : **Make, Move et Assist**. Il ne prétend pas que chaque application HSIMC proposée soit déjà déployée. Ce sont des modèles de référence pour organiser Work, Garde, Authority et Evidence. Lorsque des services adjacents existent déjà, tels que livraison de bagages aéroportuaires, tags bagages intelligents et suivi des chariots, le texte les identifie comme Evidence externes et non comme déploiements HSIMC.

Le Chapitre 14 définit une méthode pratique de comptabilité de la valeur. Il sépare résultats de trésorerie, Capacité libérée, résultats utilisateur/service, effets environnementaux et Evidence de gouvernance. Il distingue aussi la comptabilité au niveau participant de la comptabilité au niveau réseau afin qu'un paiement d'un participant à un autre ne soit pas compté deux fois comme nouvelle valeur. Pour les revendications de gaz à effet de serre, il sépare les inventaires d'organisation des effets de projet/intervention et traite les émissions évitées comme une couche analytique séparée plutôt que de les soustraire arbitrairement d'une empreinte.

Le Chapitre 15 mappe le Work aux 17 Objectifs de développement durable des Nations Unies. Le but n'est pas de prétendre qu'une plateforme « réalise » 17 Objectifs. Il est d'indiquer où une contribution peut être pertinente, quelles Evidence seraient nécessaires et où la pertinence reste conditionnelle. Les connexions initiales les plus fortes devraient concerner les compétences, le travail décent, la participation industrielle inclusive, la réduction des inégalités, la production responsable et les partenariats multi-acteurs. Les autres Objectifs ne deviennent pertinents que lorsqu'une application concrète produit le résultat correspondant.

Le principe de valeur de cette Partie est :

> ***Comptez le changement une seule fois. Montrez qui l'a reçu. Montrez qui l'a payé. Gardez les Evidence proches du Work.***

Chapitre 13 - Parcours réels : Make, Move et Assist

13.1 Make : du matériau disponible à la sortie acceptée

Le parcours réel le plus fondamental est la transformation.

Un matériau, une pièce, un fichier ou un objet commence dans un état. Une personne, une machine ou un procédé le transforme. Une autre partie accepte le résultat. La valeur économique n'est pas créée simplement parce qu'une machine a été allumée. Elle est créée lorsqu'un résultat demandé atteint une condition qu'une personne est prête à accepter et utiliser.

Un Work de fabrication utile possède donc davantage de structure qu'une simple ligne de bon de commande.

Une chaîne minimale est :

Demande -> entrée confirmée -> préparation -> procédé -> inspection -> sortie acceptée -> stockage ou handoff suivant

Chaque transition peut être représentée par une partie responsable différente et un type d'Evidence différent.

Pour une petite interface imprimée ou brodée, par exemple : - la demande définit le motif, la quantité, le substrat, la tolérance et la fenêtre de livraison ; - l'enregistrement matériau identifie le substrat, le fil, l'encre, le film, le laminé ou autre entrée réellement utilisé ; - la préparation enregistre la version du fichier, les réglages machine, le fixture et l'opérateur ; - l'enregistrement procédé identifie la machine ou le maker et la plage horaire ; - l'inspection renvoie dimensions, résistance, Evidence image, résultat lecture/écriture ou autre mesure d'acceptation pertinente ; - l'enregistrement de sortie acceptée identifie qui a accepté l'échantillon et sous quelle version ; - le stockage ou la livraison enregistre où les articles acceptés sont allés ensuite.

Cette structure permet à un très petit producteur de participer sans prétendre être une société électronique entièrement intégrée.

Un atelier de couture ou broderie peut fournir l'étape de placement contrôlé. Une imprimerie peut produire des repères d'enregistrement ou une surface fonctionnelle. Une équipe matériel peut fournir le module NFC ou capteur. Un ingénieur distant peut fournir l'inspection image ou les vecteurs de test. Un intégrateur local peut fabriquer le connecteur ou le gabarit. Le client peut accepter le résultat intégré.

L'unité commerciale n'est donc pas « une usine ». Elle peut être **une transformation acceptée** assemblée à partir de plusieurs Capabilities.

Demande, stock et procédé doivent rester distincts

Un échec courant des systèmes de fabrication numériques consiste à traiter trois déclarations différentes comme équivalentes : - « le client veut dix unités » ; - « le matériau est disponible » ; - « la machine peut produire dix unités avant la date limite ».

Elles ne sont pas équivalentes.

La demande décrit un résultat futur demandé. Le stock décrit un état de matériau ou objet à un moment d'Observation particulier. La Capacité décrit ce qu'une Resource peut être capable de faire sous des conditions spécifiées. Un engagement n'est créé que lorsqu'un fournisseur autorisé accepte un Work contre une vue suffisamment récente de ces conditions.

Cette distinction devient particulièrement importante dans un modèle de collaboration sans état. Le client doit pouvoir resoumettre le contexte nécessaire pour comprendre une requête, mais la réservation de matériau, le booking machine, le Work accepté et le Reçu d'opération restent des faits métiers persistants.

Une faible fréquence peut tout de même créer un réseau partagé de valeur

La Partie I a introduit une observation récurrente dans les petits espaces industriels : une usine donnée peut n'avoir besoin d'une Capacité de mouvement ou de production qu'occasionnellement. Cela ne signifie pas que la Capacité n'a pas de marché.

La question plus utile est de savoir si de nombreux utilisateurs à faible fréquence peuvent partager une Capacité sans conflits inacceptables.

Pour une machine, un fixture, un module d'alimentation ou une station d'inspection partagés, les variables pertinentes comprennent : - temps de setup et démontage ; - temps de déplacement ou transfert entre utilisateurs ; - taille minimale de lot utile ; - exigences de préparation ; - disponibilité opérateur ; - fenêtre de maintenance ; - exigence de stockage ; - chevauchement des deadlines ; - probabilité d'échec et de reprise.

L'opportunité commerciale n'est pas simplement de vendre davantage de matériel. Elle peut consister à rendre le matériel, la compétence et l'espace existants plus faciles à planifier et à considérer comme fiables.

Un maker local capable de retourner un échantillon vérifié en deux heures peut créer davantage de valeur pour une itération rapide qu'un fournisseur distant avec un prix unitaire inférieur mais une boucle de feedback de cinq jours. La bonne comparaison est le **coût complet pour atteindre un résultat accepté**, incluant attente, itérations échouées, communication et reprise.

Un packet Evidence de transformation

Un Work de fabrication reproductible doit finalement pouvoir produire un packet Evidence compact contenant, selon le cas : - Work ID et version acceptée ; - demandeur, fournisseur et accepteur responsables ; - identité d'entrée et quantité observée ; - lot matériau ou référence source ; - Profil machine / Tool / procédé ; - paramètres de procédé affectant matériellement le résultat ; - horodatages début et fin ; - résultat d'inspection et incertitude lorsque pertinente ; - quantité rejetée ou reprise ; - quantité acceptée ; - coût direct et temps réels ; - prochaine Garde ou emplacement de stockage.

Tous les makers locaux n'ont pas besoin d'exploiter directement ce modèle de données. Un téléphone, une carte, une entrée QR/NFC ou un assistant HSIMC peut traduire une interaction locale simple en un enregistrement structuré.

C'est le sens pratique de rendre une Capacité locale utilisable mondialement : **la personne n'a pas besoin de devenir une plateforme logicielle ; la contribution a besoin d'une interface fiable et d'Evidence.**

13.2 Move : de l'entrepôt à la machine, de l'aéroport à l'hôtel et d'un gardien à l'autre

Le mouvement crée de la valeur lorsqu'un objet atteint le bon endroit, au bon moment, sous la bonne Garde et dans le bon état.

Un trajet seul ne suffit pas.

Pour un Work entre entrepôt et machine, le changement d'état pertinent peut être :

stock disponible -> stock réservé -> prélevé -> en transit -> reçu à la machine -> consommé ou retourné

Pour les produits finis :

sortie acceptée -> stockée -> libérée -> remise au transporteur -> reçue par le gardien suivant

Pour les bagages de voyage :

passager avec bagage -> bagage accepté pour service -> bagage sous Garde -> bagage arrivé à l'hôtel ou au point de stockage -> client choisit l'heure de réception -> handoff final

Chaque étape a une Authority différente et des Evidence différentes.

Les services de voyage existants montrent que les pièces existent déjà

L'aéroport international de Hong Kong répertorie actuellement des services payants de livraison de bagages pouvant déplacer les bagages entre l'aéroport et l'hôtel, le domicile ou un lieu désigné en centre-ville, selon le prestataire. Cela prouve que le mouvement aéroport-hôtel des bagages existe déjà comme catégorie de service achetable ; cela ne prouve pas que le modèle de timing et de handoff proposé par HSIMC soit déployé.

HKIA exploite également MyTAG, un tag bagage intelligent RFID qui peut notifier un passager via l'application My HKG lorsqu'un bagage est prêt pour retrait. Le service MyTAG utilise l'enregistrement du tag plus les informations de vol, et sa documentation support décrit le scan du code QR du tag et la liaison du tag à un vol. HKIA décrit aussi un système de monitoring et tracking en temps réel des chariots pour maintenir des chariots à bagages disponibles dans les lieux appropriés.

Ces exemples comptent parce qu'ils montrent que l'identité, le tracking, la réservation, le mouvement de bagages et la disponibilité des chariots sont déjà des Capabilities opérationnelles séparées. Un nouveau service n'a pas besoin de réinventer chaque couche. Il peut se concentrer sur le handoff manquant entre les couches existantes.

Le parcours aéroport-hôtel proposé

Le concept HSIMC sépare trois états souvent fusionnés : - **Room ready** - la chambre d'hôtel est disponible ; - **Bag ready** - le bagage a atteint un point de réception ou stockage convenu ; - **Guest ready** - le client souhaite le handoff final maintenant ou dans une fenêtre acceptée.

Cette distinction est importante opérationnellement.

Un client peut arriver avant le bagage. Un bagage peut arriver pendant que le client se douche, dort, est en réunion ou n'est simplement pas prêt à répondre à la porte. Un hôtel peut avoir une consigne à bagages mais aucun service de bagagiste à certaines heures. Un hôtel économique peut avoir très peu de personnel. Une personne transportant du matériel de travail lourd peut valoriser une assistance même si le prix de la chambre est bas.

Le service proposé ne suppose donc pas que « bagage à l'hôtel » signifie « livrer immédiatement à la chambre ».

Une séquence plus respectueuse est :

107. le prestataire de transport remet le bagage à un réceptionnaire hôtel ou stockage autorisé ;
108. le bagage devient **Bag ready** ;
109. le client reçoit une notification numérique discrète ;
110. le client choisit maintenant, une plage horaire, la poursuite du stockage ou un point de retrait convenu ;
111. un prestataire accepte le Work de handoff final ;
112. le bagage est remis et l'enregistrement de Garde se clôt.

La valeur peut alors être mesurée au-delà de la distance de transport. Elle inclut moins de visites de chambre infructueuses, moins d'interruptions non désirées, une planification du personnel plus claire, une tarification plus claire et potentiellement un meilleur accès à l'assistance bagages dans les hôtels sans service traditionnel de bagagiste.

L'identité n'est pas la Garde

Codes-barres, identifiants bagage compagnie aérienne, UHF RFID, QR et NFC peuvent aider à identifier ou associer un objet. Ils ne prouvent pas à eux seuls qui détient actuellement le bagage ou qui est autorisé à le déplacer.

Un enregistrement de service doit donc séparer : - identifiant tag/code-barres observé ; - identité interne de l'objet bagage pour le service ; - gardien actuel ; - destination demandée ; - prochain handoff accepté ; - Authority du client ou propriétaire ; - état du service ; - Evidence de handoff achevé.

Le même principe s'applique aux matériaux d'entrepôt, équipements retournés, caisses d'exposition et chariots partagés.

Le parcours chariot d'aéroport proposé

Un autre parcours proposé concerne le chariot vide après qu'un passager atteint une limite où le chariot ne peut ou ne doit plus continuer.

Le premier résultat utile n'est pas « organiser parfaitement tous les chariots ». Il peut simplement être :

> ***Déplacer le chariot libéré hors d'un point de handoff à forte friction assez vite pour rendre l'espace disponible au voyageur suivant.***

Ce résultat peut être mesuré directement : - temps entre libération par le voyageur et espace dégagé ; - nombre de chariots bloquant le point de handoff ; - minutes de travailleur nécessaires par chariot dégagé ; - congestion secondaire créée au point de stockage temporaire ; - temps de récupération depuis le stockage temporaire vers le pool normal de chariots.

L'automatisation n'est qu'un mode d'exécution possible. Collecte humaine, assistance motorisée, module clip-on ou future unité autonome peuvent tous être comparés au même résultat.

C'est un modèle important pour HSIMC : **définir le résultat avant de décider quelle machine doit le posséder.**

L'IA entre déjà dans la couche de planification du voyage

L'enquête IATA Global Passenger Survey 2026 rapporte que 49 % des répondants avaient utilisé l'IA pour planifier leurs voyages, sur la base de plus de 10 000 réponses provenant de plus de 200 pays. Le rapport souligne explicitement l'importance de connecter les conversations IA aux flux réels de réservation et de service.

Cela rend la couche de handoff physique de plus en plus importante. Une IA peut aider un voyageur à décider ce qu'il veut. L'écart de valeur reste de savoir si un prestataire local autorisé peut accepter le Work demandé et l'achever.

13.3 Assist : rendre la mobilité et le Work existants plus faciles sans fusionner les frontières de sécurité

« Assist » couvre une classe de résultats plus large que la fabrication ou la logistique.

L'utilisateur peut être un travailleur déplaçant un chariot lourd, une personne âgée utilisant un fauteuil roulant, un employé d'hôtel déplaçant du linge, un chercheur déplaçant un équipement ou une personne qui a simplement besoin qu'une tâche demande moins d'effort physique.

L'opportunité est attractive parce que de nombreux actifs existants remplissent déjà bien l'essentiel de leur fonction.

Un fauteuil roulant supporte déjà la personne. Un chariot de bagagiste transporte déjà les bagages. Un chariot roule déjà. Une palette supporte déjà des marchandises. Une machine à coudre place déjà du fil. Une imprimerie contrôle déjà le repérage. L'innovation proposée peut être une Capacité supplémentaire qui peut être attachée, empruntée, planifiée ou retirée.

Cela conduit à une règle générale :

> ***Améliorer d'abord la Capacité manquante avant de remplacer l'actif entier.***

L'assistance doit préserver la différence entre personne et cargaison

Un chariot cargo et un fauteuil roulant occupé peuvent utiliser des infrastructures liées de positionnement, alimentation, communication ou Evidence. Ils ne partagent pas le même dossier de sécurité.

Un mouvement réussi de chariot vide ne peut pas être utilisé comme Evidence qu'un fauteuil roulant occupé est sûr. Une estimation de position UWB ne peut pas, à elle seule, autoriser le mouvement. Une demande logicielle d'arrêt ne peut pas remplacer une conception vérifiée de freinage et récupération. Une interface mécanique clip-on fonctionnant sur une palette ne prouve pas la compatibilité avec un cadre de fauteuil roulant.

Toute branche de mobilité assistée a donc besoin de ses propres : - rôles utilisateur et aidant ; - essais de charge mécanique et stabilité ; - comportement freinage et hill-hold ; - limites vitesse et accélération ; - gestion obstacles et chutes ; - méthode de reprise manuelle ; - conditions batterie et charge ; - réponse aux défauts ; - contraintes environnement et trajet ; - exigences réglementaires et opérateur locales ; - considérations d'acceptation utilisateur et dignité.

La couche HSIMC partagée est le contrat, l'Authority, la découverte Resource et la méthode Evidence. Les Evidence de sécurité physique restent spécifiques à l'application.

L'effort humain n'est pas automatiquement un coût à éliminer

Un système inclusif doit éviter de traiter chaque minute de Work humain comme un gaspillage.

Certains Works sont qualifiés, socialement précieux et sources de revenus. Certaines présences humaines sont un contrôle de sécurité, une relation de service ou une forme de dignité. La question n'est pas simplement « combien de personnes la machine peut-elle remplacer ? »

Les meilleures questions sont : - quelle tâche est physiquement pénible ou répétitive ? - quelle tâche exige jugement, confiance ou interaction humaine ? - un Tool peut-il permettre à une personne d'effectuer un Work plus sûr ou de plus grande valeur ? - le temps libéré réduit-il réellement les heures supplémentaires payées ou permet-il plus de service payant ? - le changement supprime-t-il une opportunité de revenu sans créer d'autre voie ? - qui décide si l'assistance est souhaitable ?

Cela se relie directement au principe « Ne laisser personne de côté ». Un système GenAI physique ne doit pas créer de valeur pour une partie en rendant invisible le Work d'une autre.

Mesurer la dignité et le choix lorsqu'ils font partie du service

Pour les bagages, l'assistance et l'hospitalité, la valeur peut inclure la possibilité de choisir quand une interaction a lieu.

Pour la mobilité, la valeur peut inclure moins d'effort physique, davantage de mouvement indépendant ou un soutien plus facile pour l'aidant.

Pour les makers locaux, la valeur peut inclure l'accès à du Work qui nécessitait auparavant une entreprise plus grande ou une équipe d'ingénierie éloignée.

Ce sont de vrais résultats, mais ils exigent des mesures appropriées. Un projet ne doit pas convertir chaque bénéfice social en montant fictif simplement pour remplir un tableur.

Certaines valeurs doivent rester dans leur unité naturelle : - minutes d'interruption non souhaitée évitées ; - kilogrammes ou mètres de manutention manuelle évités ; - pourcentage de plages horaires demandées respectées ; - nombre de personnes nouvellement capables d'effectuer une tâche ; - nombre de makers capables de reproduire indépendamment une fonction ; - nombre de participants recevant du Work rémunéré ; - facilité ou confiance déclarée par l'utilisateur selon une méthode d'enquête définie.

La Partie V utilise donc plusieurs registres plutôt que de forcer chaque résultat dans un seul nombre financier.

Chapitre 14 - Mesurer la valeur sans double comptage

14.1 Séparer les registres avant de combiner le récit

Un système multi-parties peut créer de la confusion parce que le même événement apparaît différemment pour chaque participant.

Si un hôtel paie 100 HKD à un prestataire de service bagages, l'hôtel voit 100 HKD de coût et le prestataire voit 100 HKD de revenu. Si un rapport conjoint additionne les deux comme « 200 HKD de valeur économique créée », il a compté deux fois le même transfert.

Si une automatisation libère 20 minutes de travail mais qu'aucun travailleur ne part plus tôt, qu'aucune heure supplémentaire n'est réduite et qu'aucun service payé supplémentaire n'est achevé, le projet a libéré de la Capacité. Il n'a pas encore démontré une économie de trésorerie.

Si un matériau recyclé remplace un matériau vierge dans un composant, le projet ne doit pas automatiquement revendiquer l'ensemble des émissions évitées du produit entier sauf si la frontière système, la référence et les effets de cycle de vie soutiennent cette conclusion.

HSIMC utilise donc plusieurs registres.

Registre 1 - Trésorerie

Enregistrer les flux de trésorerie incrémentaux réels pour chaque participant.

Pour le participant *j* pendant la période *t* :

Contribution de trésorerie incrémentale(j,t) = nouveau revenu de trésorerie + dépense de trésorerie évitée et vérifiée - nouvelle dépense d'exploitation de trésorerie

L'investissement initial d'intégration ou d'équipement est enregistré séparément.

Un ROI simple de période peut ensuite être calculé comme :

ROI(j) = (somme de la contribution de trésorerie incrémentale - investissement initial) / investissement initial

lorsque l'investissement initial est supérieur à zéro.

Si l'investissement est nul ou principalement en nature, rapporter la contribution nette de trésorerie et la contribution en nature plutôt que de forcer un ratio ROI indéfini.

Les Evidence de trésorerie doivent provenir de factures réelles, changements de paie/heures supplémentaires, factures fournisseurs, commandes de service payées ou autre enregistrement auditable. Une estimation modèle peut être affichée comme prévision mais ne doit pas être renommée trésorerie réalisée.

Registre 2 - Capacité libérée

Mesurer la Capacité en unités opérationnelles.

Exemples : - minutes travailleur libérées ; - minutes machine nouvellement utilisables ; - temps de file réduit ; - jobs supplémentaires réalisés dans le même shift ; - itération d'échantillon plus rapide ; - temps plus court entre gel de conception et échantillon visible ; - temps plus court entre package de release et reproduction second site ; - plus d'emplacements stockage utilisables ; - moins de tentatives de handoff infructueuses.

La Capacité libérée peut ensuite provoquer un effet de trésorerie. Jusqu'à ce que cet effet ait lieu, elle reste un résultat opérationnel.

Registre 3 - Résultat utilisateur et service

Mesurer le résultat dans les termes qui comptent pour l'utilisateur ou l'opérateur.

Exemples : - pourcentage de livraisons dans la plage demandée ; - minutes pendant lesquelles un chariot bloque un point de transfert ; - nombre de re-livraisons ou handoffs échoués ; - méthode de livraison choisie par l'utilisateur ; - distance de déplacement ou marche évitée ; - demandes d'assistance accessibilité réussies ; - taux de défaut ou reprise ; - temps pour trouver le bon matériau ou Tool ; - temps de récupération après une opération échouée.

Ce registre empêche le projet d'optimiser une métrique technique que l'utilisateur ne valorise pas.

Registre 4 - Effet environnemental et matériau

Enregistrer les flux réels de matière et d'énergie avant toute revendication de durabilité.

Mesures possibles : - masse de matériau réutilisé ; - masse et type de nouveau matériau ajouté ; - masse d'échantillons échoués et scrap ; - matériau d'emballage ; - électricité consommée dans le traitement ; - énergie de

charge batterie ; - distance de transport ou mouvements de service ; - actifs réparés ou dont la vie est prolongée ; - durée de vie produit/composant ; - voie de fin de vie lorsqu'elle est connue.

Le GHG Protocol Product Standard est une référence utile car il cadre les émissions de cycle de vie produit sur matières premières, fabrication, transport, stockage, usage et élimination. Cette largeur compte : la réutilisation locale peut réduire un flux de matériau tout en ajoutant ailleurs de l'énergie de traitement, du transport ou un composant électronique.

Registre 5 - Gouvernance et Evidence

Enregistrer si le système a réellement fonctionné sous le modèle d'Authority et d'imputabilité promis.

Exemples : - pourcentage d'actions physiques liées à un Work ID accepté ; - pourcentage de livraisons avec enregistrement de Garde achevé ; - opérations rejetées parce que l'Authority manquait ou avait expiré ; - requêtes dupliquées correctement résolues sans répéter l'action physique ; - demandes d'arrêt/récupération avec résultats confirmés ; - complétude Evidence par type de Work ; - litiges de paiement et temps de résolution ; - nombre de participants capables d'inspecter les Evidence qui les concernent.

La gouvernance n'est pas une catégorie ESG décorative. Elle détermine si les autres registres peuvent être considérés comme fiables.

14.2 Référence, attribution et différence entre transfert et création

La mesure de valeur a besoin d'une référence.

Sans référence, « temps économisé » n'est qu'une description d'un nouveau procédé. Sans référence, « déchets réduits » peut refléter une commande plus petite plutôt qu'un meilleur procédé. Sans référence, « productivité accrue » peut être causée par un mix produit différent.

Un Work pratique doit donc enregistrer, lorsque faisable : - période ou méthode de référence ; - résultat planifié ; - engagement du fournisseur ; - résultat réel ; - variance ; - changements externes connus ; - confiance ou incertitude lorsqu'importante.

La référence n'a pas toujours besoin d'être sophistiquée. Pour un petit atelier, il peut s'agir de trois runs manuels observés avant introduction d'un Tool d'assistance. Pour une livraison bagage, cela peut être le nombre historique de handoffs échoués ou non désirés. Pour l'itération d'échantillon, cela peut être le temps entre changement de conception et échantillon mesurable sous l'ancien procédé.

Comptabilité participant et comptabilité réseau sont différentes

Au niveau participant, un paiement est économiquement réel.

Au niveau réseau consolidé, un paiement entre deux participants est un transfert. Il doit être éliminé si le but est d'estimer la valeur nette créée par le réseau dans son ensemble.

Une équation consolidée utile est :

Contribution nette de trésorerie du réseau = revenu externe + coût externe évité et vérifié - nouveau coût d'exploitation externe

Les paiements internes entre participants inclus sont éliminés lors de la consolidation.

C'est proche dans l'esprit de l'élimination des transactions intercompagnies dans les comptes consolidés, même si ce livre blanc ne propose pas une nouvelle norme comptable.

Une économie de temps n'est pas automatiquement une économie de salaire

Supposons qu'un travailleur passait auparavant 30 minutes à pousser un chariot et passe maintenant 10 minutes à superviser un mouvement assisté.

Le projet a libéré 20 minutes de Capacité.

Les résultats suivants peuvent ensuite se produire : - le travailleur finit son shift plus tôt et les heures supplémentaires baissent ; - il effectue une autre livraison payée ; - il réalise plutôt du contrôle qualité ; - il attend parce qu'aucune autre tâche n'est disponible ; - l'employeur réduit les effectifs ; - le service s'améliore sans changement d'effectif.

Ce sont des résultats sociaux et financiers matériellement différents.

Le système doit donc préserver d'abord le résultat opérationnel, puis observer ce qui arrive à la trésorerie, à la charge de Work, à la qualité de service et à l'emploi.

Éviter de compter deux fois le même bénéfice environnemental

Les orientations GHG Protocol distinguent la comptabilité d'inventaire au niveau organisation de la comptabilité de projet/intervention.

La comptabilité d'inventaire décrit les émissions associées à la frontière définie d'une organisation et à sa chaîne de valeur. La comptabilité de projet estime l'effet d'une intervention précise par rapport à une référence contrefactuelle. Les deux méthodes répondent à des questions différentes.

Cette distinction est particulièrement utile pour HSIMC.

Si un projet local réutilise une palette existante, réduit un mouvement de transport ou prolonge la vie utile d'un équipement, le projet peut estimer un effet d'intervention par rapport à une référence appropriée. Ce résultat ne doit pas être automatiquement soustrait de l'inventaire Scope 1, 2 ou 3 de chaque organisation participante. Les estimations d'émissions évitées doivent être présentées séparément avec leurs hypothèses.

Le GHG Protocol souligne aussi la nécessité d'éviter ou de traiter de manière transparente le double comptage dans les contextes comparatifs et de crédit. La règle pratique HSIMC est :

> ***Rapporter le changement physique, l'effet d'inventaire et tout effet évité estimé comme des faits séparés, sauf si une méthode reconnue les relie explicitement.***

L'attribution doit suivre les Evidence, pas la marque la plus visible

Un Work multi-parties crée un autre risque : une organisation peut revendiquer tout le résultat alors que plusieurs parties l'ont rendu possible.

Un enregistrement plus crédible sépare : - partie ayant défini la demande ; - partie ayant fourni le matériau ; - maker ou opérateur ; - contributeur modèle ou logiciel ; - propriétaire de l'équipement ; - fournisseur du site ; - prestataire logistique ; - financeur ou sponsor ; - accepteur ; - partie responsable de la mesure.

Un cas publié peut alors décrire la contribution sans prétendre que chaque participant a causé seul l'ensemble du résultat.

14.3 Décider ce qu'il faut mettre à l'échelle en comparant valeur marginale et charge marginale

Le but de la mesure n'est pas le reporting pour lui-même. Il est de prendre de meilleures décisions suivantes.

Un projet peut donc utiliser des gates d'investissement par étapes.

Gate 1 - Le problème est-il observable ?

L'équipe peut-elle mesurer le délai, coût, fardeau, défaut ou problème d'accès actuel ?

Sinon, le premier Work peut être simplement une observation de référence.

Gate 2 - Un service minimal peut-il améliorer le résultat sans nouveau matériel personnalisé ?

Utiliser des personnes existantes, QR, téléphones, tags disponibles, confirmation manuelle, Tools empruntés ou logistique existante lorsque pertinent.

Cela identifie si le concept de service a de la valeur avant une automatisation coûteuse.

Gate 3 - Un Tool ajouté améliore-t-il le résultat complet ?

Introduire un fixture, lecteur, module UWB, unité de puissance clip-on, adaptateur T736 ou automatisation logicielle.

Mesurer : - nouveau coût direct ; - taux d'échec et d'intervention ; - temps économisé ; - demande supplémentaire servie ; - résultat utilisateur ; - charge sécurité ou gouvernance ; - exigence de maintenance.

Gate 4 - Le partage améliore-t-il l'utilisation sans créer un coût de coordination qui annule le bénéfice ?

Un actif partagé possède un coût de second ordre : réservation, déplacement, setup, retour, charge, nettoyage, maintenance et gestion des conflits.

La métrique d'utilisation pertinente n'est pas simplement « pourcentage de la journée sous tension ». Elle peut être :

Work utile accepté / coût total de Capacité

Un actif peu utilisé peut rester rationnel si l'alternative est extrêmement coûteuse, urgente ou inaccessible. Inversement, un actif fréquemment utilisé peut être un mauvais investissement si les échecs et la supervision sont élevés.

Gate 5 - Un second site peut-il reproduire la valeur ?

La réplication doit reproduire à la fois la fonction et la logique comptable.

Un second site doit pouvoir indiquer : - ce qui est resté identique ; - ce qui a changé localement ; - quel coût a changé ; - quelle mesure d'acceptation a changé ; - si le bénéfice original est resté ; - quelle nouvelle charge est apparue.

C'est la différence entre une démonstration et une méthode scalable.

Tableau de bord pratique de valeur

Un tableau de bord compact au niveau Work peut donc afficher :

Dimension	Exemple de mesure	Source Evidence
Résultat	unités acceptées / handoffs achevés	reçu d'acceptation
Trésorerie	revenu externe, dépense externe évitée, coût d'exploitation	facture / paie / enregistrement fournisseur
Capacité	minutes libérées, jobs ajoutés, file réduite	workflow horodaté
Utilisateur	succès plage horaire, interruption, accessibilité	enregistrement service / enquête
Matériau	masse réutilisée, scrap, matériau ajouté	lot / enregistrement de poids
Énergie	kWh ou cycles batterie lorsque matériel	compteur / chargeur / estimation avec méthode
Gouvernance	actions autorisées, gestion doublons, récupération	registre opérations
Réplication	temps de reproduction second site	enregistrements release et acceptation

Le tableau de bord ne doit pas servir à compresser toutes les dimensions en un score unique sauf si la méthode de pondération et son but sont explicites.

Une entreprise peut gagner de l'argent tout en créant une charge sociale. Un projet peut produire un bénéfice environnemental tout en perdant de l'argent. Un service peut améliorer la dignité utilisateur sans réduire le coût de travail. Un programme de formation peut créer de la Capacité avant de créer du revenu.

Le modèle de valeur doit rendre ces différences visibles plutôt que les cacher.

Chapitre 15 - Dix-sept Objectifs, des contributions spécifiques

15.1 Utiliser les ODD comme carte de pertinence et Evidence, pas comme collection de badges

L'Agenda 2030 des Nations Unies décrit 17 Objectifs de développement durable et 169 cibles comme intégrés et indivisibles. Il s'engage également à ne laisser personne de côté et à atteindre en premier ceux qui sont les plus éloignés. L'Objectif 17 appelle explicitement à des partenariats multi-acteurs mobilisant et partageant connaissances, expertise, technologie et Resources, ainsi qu'à de meilleures données opportunes et fiables.

Ces idées correspondent naturellement à un réseau de Capacité locale et de collaboration mondiale.

Mais la correspondance n'est pas une preuve.

Un livre blanc ne doit pas afficher dix-sept icônes d'Objectifs et laisser entendre que chaque Work fait progresser chaque Objectif. La pertinence dépend de l'application, de la référence et du résultat réel.

HSIMC propose donc trois niveaux de connexion ODD : - **Pertinence initiale directe** - le modèle de collaboration lui-même peut raisonnablement produire des Evidence liées à cet Objectif. - **Pertinence dépendante de l'application** - l'Objectif ne devient pertinent que lorsqu'un Work précis produit le résultat correspondant. - **Pertinence conditionnelle / garde-fou** - l'Objectif identifie principalement un effet à vérifier ou un domaine d'application futur, et non une revendication positive actuelle.

La matrice suivante est un point de départ de mesure, pas une certification.

ODD	Pertinence pour l'approche HSIMC	Exemple de voie de contribution	Evidence nécessaires avant une revendication positive
1 Pas de pauvreté	Conditionnelle	micro-Work rémunéré, accès à une Capacité productive, revenu local plus résilient	variation de revenu net, référence participant, persistance, effets de déplacement
2 Faim zéro	Dépendante de l'application	logistique agricole, transformation alimentaire locale, réduction des pertes de manutention	quantité/qualité alimentaire, référence pertes, revenu ferme/Work, effets énergie/matériaux
3 Bonne santé et bien-être	Dépendante de l'application	mobilité assistée, réduction de l'effort physique, manutention plus sûre	résultat utilisateur, Evidence sécurité, événements indésirables, données accessibilité
4 Éducation de qualité	Pertinence initiale directe	apprendre en produisant une fonction reproductible ; formation technique/professionnelle	Capacité avant/après, réalisation indépendante de tâche, participation et accès
5 Égalité entre les sexes	Garde-fou transversal	réduire les barrières de participation ; reconnaître contraintes de travail non payé/soin ; rôles de décision égaux	participation, rémunération, leadership, charge de Work, données d'accès désagrégées de manière appropriée
6 Eau propre et assainissement	Conditionnelle	monitoring de procédés d'eau ou traitement local à moindre impact	consommation d'eau, rejets, contamination et données de traitement
7 Énergie propre et d'un coût abordable	Dépendante de l'application	production locale consciente de l'énergie, équipement partagé, procédé moins énergivore	énergie mesurée, équivalent service de référence, durée de vie équipement et effets rebond
8 Travail décent et croissance économique	Pertinence initiale directe	Capacité locale rémunérée, Work plus sûr, participation PME, nouveaux rôles productifs	rémunération, heures, sécurité, qualité emploi, revenu externe, résultat travailleur
9 Industrie, innovation et infrastructure	Pertinence initiale directe	connecter petits makers et équipements existants à l'ingénierie numérique/IA	nombre de PME capables, fonctions acceptées, utilisation infrastructure, Evidence de réplication
10 Inégalités réduites	Pertinence initiale directe	réduire barrières liées langue, matériel, géographie, handicap ou taille de firme	qui participe, qui est exclu, accessibilité financière, accessibilité, distribution des bénéfices
11 Villes et communautés durables	Dépendante de l'application	mobilité accessible, réparation/fabrication locale, meilleur usage des actifs urbains partagés	accès service, congestion, sécurité, résultats matériaux et exploitation
12 Consommation et production responsables	Pertinence initiale directe	réutilisation, réparation, matériaux traçables, moins de remplacement inutile, production vérifiée	flux matière, scrap, composants ajoutés, prolongation de vie, fin de vie et Evidence qualité

13 Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques	Dépendante de l'application	interventions énergie/matériaux mesurées et développement de Capacité liée au climat	méthode GES, référence, frontière, incertitude, reporting inventaire/projet séparé
14 Vie aquatique	Conditionnelle / garde-fou	prévenir fuite ou déchets nocifs issus des matériaux/procédés	rejet, voie des déchets, Evidence chimie/matériaux pertinents à l'impact aquatique
15 Vie terrestre	Conditionnelle / garde-fou	sourcing responsable, réutilisation, applications terre/agriculture	traçabilité source, référence terre/écosystème, résultat déchet ou restauration
16 Paix, justice et institutions efficaces	Pertinence directe de gouvernance	Authority transparente, Evidence, recours et enregistrements de décisions imputables	règles d'accès, consentement, gestion litiges, auditabilité, Evidence participation
17 Partenariats pour la réalisation des Objectifs	Pertinence initiale directe	partage multi-acteurs de connaissances, expertise, technologie et Resources	engagements réels, Work achevé, enregistrements de contribution, données fiables et réplication

Le cluster initial le plus fort

Pour le présent livre blanc, le cluster initial le plus défendable est :

ODD 4, 8, 9, 10, 12 et 17.

Pourquoi ?

Parce que le système proposé concerne directement : - les compétences permettant aux gens d'effectuer un Work technique utile ; - une participation productive et potentiellement rémunérée ; - une industrie et innovation inclusives utilisant l'infrastructure existante ; - la réduction des barrières d'entrée entre grands et petits participants ; - les décisions de réutilisation, réparation et production responsable ; - le partenariat multi-acteurs et la Capacité technique partagée.

Même ici, le projet a toujours besoin d'Evidence. Une session de formation n'est pas automatiquement un emploi décent. Un matériau réutilisé n'est pas automatiquement meilleur environnementalement. Une petite entreprise connectée à une plateforme ne gagne pas automatiquement plus. Un logo partenaire n'est pas un partenariat implémenté.

La cartographie ODD demande donc des résultats plutôt que des affiliations.

Les Objectifs dépendant de l'application doivent rester dépendants de l'application

Les branches mobilité et bagages peuvent créer des Evidence pertinentes pour ODD 3 ou 11. Les applications agricoles peuvent créer des Evidence pertinentes pour ODD 2, 6, 13 ou 15. La mesure de l'énergie peut se relier à ODD 7. La fuite de matériaux ou gestion déchets peut créer un garde-fou pertinent pour ODD 14.

La bonne approche consiste à activer la mesure pertinente lorsque le Work entre dans ce domaine.

Cela évite un problème fréquent de reporting : utiliser une vision large de plateforme pour revendiquer des résultats que seul un futur projet pourrait produire.

15.2 ESG est une grille opérationnelle, pas un remplacement des ODD

Les ODD décrivent des résultats publics de développement. Dans ce livre blanc, ESG est utilisé comme grille de gestion pratique des effets environnementaux, sociaux et de gouvernance d'un Work.

Les deux peuvent se soutenir, mais ils ne sont pas interchangeables.

Environnemental : quelle charge physique a changé ?

Pour chaque Work matériau ou physique, demander : - quel matériau est entré ? - quel nouveau matériau a été ajouté ? - quel scrap ou échantillon échoué a été créé ? - quelle énergie a été utilisée ? - quel transport ou repositionnement a été requis ? - un actif existant a-t-il été réparé, réutilisé ou maintenu plus longtemps en service ? - que se passe-t-il en fin d'usage ? - l'intervention a-t-elle déplacé la charge vers un autre site, matériau ou source d'énergie ?

Lorsque des revendications GES comptent, indiquer si le chiffre est : - une quantité d'inventaire d'organisation ; - un inventaire de cycle de vie produit ; - une estimation projet/intervention contre une référence contrefactuelle ; - ou une estimation d'émissions évitées publiée séparément.

C'est plus crédible qu'une étiquette générique « verte ».

Social : qui gagne Capacité, revenu, accès ou dignité ?

Demander : - qui peut participer alors qu'il ne le pouvait pas auparavant ? - quelle compétence a été acquise ? - la personne peut-elle réaliser une tâche indépendamment ? - la contribution est-elle rémunérée ? - combien de

temps prend le paiement ? - le nouveau procédé réduit-il l'effort physique ? - augmente-t-il la surveillance ou la pression ? - supprime-t-il une source de revenu sans alternative ? - des personnes avec langues, appareils ou capacités différentes peuvent-elles utiliser le service ? - un participant peut-il refuser ou se retirer sans perdre un accès non lié ?

Le registre social doit inclure les résultats négatifs et les plaintes, pas uniquement les histoires réussies.

Gouvernance : qui décide, qui peut inspecter, qui peut corriger ?

Demander : - qui possède ou contrôle la Resource ? - qui peut lire les données pertinentes ? - qui peut autoriser une action physique ? - qui peut l'arrêter ? - qui accepte le résultat ? - qui peut contester un paiement ou résultat qualité ? - les Evidence peuvent-elles être reconstruites plus tard ? - les identifiants temporaires sont-ils séparés de l'identité permanente d'opération ? - les rôles participants et conflits d'intérêts sont-ils visibles ? - un résultat échoué ou dangereux est-il préservé plutôt qu'effacé du récit ?

Cette couche gouvernance se connecte directement à la Partie III : **l'Autorité humaine est une relation de décision du monde réel ; l'autorisation protocolaire n'est qu'un mécanisme technique aidant à l'appliquer.**

15.3 Ne laisser personne de côté devient mesurable lorsque la distribution est visible

Les orientations des Nations Unies sur Leave No One Behind soulignent l'identification de qui est exclu et pourquoi, la participation significative, les Evidence, la transparence, la confidentialité et l'imputabilité.

Cela signifie qu'un projet HSIMC ne doit pas rapporter seulement le résultat moyen.

Si dix entreprises bénéficient mais que les plus petites ne peuvent pas se payer le lecteur requis, la distribution compte.

Si un service aéroportuaire devient plus rapide pour la plupart des passagers mais plus difficile pour un voyageur sans smartphone, la distribution compte.

Si un maker local gagne des commandes mais doit absorber des échantillonnages et reprises non payés, la distribution compte.

Si une automatisation réduit le levage lourd mais supprime aussi des heures rémunérées d'un travailleur, la distribution compte.

Une revue LNOB pratique peut demander :

113. **Qui devait bénéficier ?**
114. **Qui a effectivement participé ?**
115. **Qui n'a pas pu participer, et pourquoi ?**
116. **Qui a reçu de la trésorerie ou du Work rémunéré ?**
117. **Qui a contribué du temps ou du matériel non rémunéré ?**
118. **Qui a gagné du pouvoir de décision ?**
119. **Qui a supporté un nouveau risque, monitoring ou fardeau de conformité ?**
120. **Quelle voie d'accès alternative existait pour les personnes sans l'appareil, la langue, le compte ou la compétence privilégiés ?**
121. **Les plaintes et échecs ont-ils été enregistrés ?**
122. **Qu'est-ce qui a changé dans la version suivante grâce à ces Evidence ?**

Pertinence n'est pas réalisation

La règle de reporting la plus importante de ce chapitre est simple :

> ***La pertinence ODD n'est pas la réalisation d'un ODD. L'intention ESG n'est pas la performance ESG. Les Evidence d'un Work ne sont pas des Evidence pour l'ensemble de la plateforme.***

Un cas public crédible doit donc étiqueter le stade Evidence.

Pour les résultats de valeur, une séquence utile est :

Proposé -> référence mesurée -> Work accepté -> résultat observé -> résultat comparatif -> Reproduit indépendamment

Cette séquence de valeur complète la séquence d'ingénierie de la Partie IV :

Documenté -> Simulé -> Simulé à distance -> Référence physique -> Livré physiquement -> Opérationnel

Ensemble, les deux séquences empêchent un échec fréquent du storytelling technologique : une idée, un prototype, un déploiement et un résultat durable sont présentés comme s'ils étaient identiques.

Modèle de déclaration de contribution

Une déclaration publique peut être courte tout en restant rigoureuse :

> ***Work :*** *[ce qui a été fait]*
> ***Participants :*** *[qui a contribué / qui a accepté]*
> ***Référence :*** *[ce qui se produisait avant]*
> ***Résultat observé :*** *[changement mesuré]*
> ***Effet trésorerie :*** *[réalisé / prévision / aucun démontré]*
> ***Effet Capacité :*** *[minutes, débit, accès, etc.]*
> ***Effet environnemental :*** *[flux mesuré et méthode]*
> ***Effet social :*** *[qui a bénéficié / qui a supporté une charge]*
> ***Evidence gouvernance :*** *[Authority, Garde, acceptation, litige]*
> ***Pertinence ODD :*** *[Objectifs spécifiques et pourquoi]*
> ***Limites :*** *[ce que ce cas ne prouve pas]*

Ce format est volontairement modeste. Il n'a pas besoin d'une notation compliquée pour rendre le résultat utile.

La valeur du partenariat est une interface exécutée

L'Objectif 17 est particulièrement important pour ce livre blanc parce qu'il reconnaît explicitement les partenariats multi-acteurs mobilisant connaissances, expertise, technologie et Resources.

Pour HSIMC, toutefois, l'Evidence la plus forte d'un partenariat n'est pas le nombre d'organisations affichées sur une slide.

C'est : - un partenaire apporte une vraie Capacité ; - un autre apporte une vraie demande ; - l'Authority est claire ; - un Work est accepté ; - les interfaces sont comprises ; - le Work est achevé ; - valeur et charge sont mesurées ; - une autre équipe peut le reproduire ou l'améliorer.

C'est à ce point que le partenariat devient infrastructure.

L'invitation après la Partie V

L'invitation mondiale peut désormais être formulée avec un sens plus fort :

> ***Apportez votre Capacité existante.***
> ***Livrez une fonction reproductible.***
> ***Mesurez un résultat utile.***
> ***Faites des plans GenAI une valeur réelle - maintenant, ici, à l'échelle mondiale.***

La Partie suivante demande comment cette méthode peut devenir un réseau ouvert plutôt qu'une collection de pilotes isolés : comment les écosystèmes technologiques, makers locaux, institutions et futurs partenaires peuvent rejoindre sans perdre l'Authority locale, comment les résultats de référence peuvent mûrir vers des standards partagés et comment une personne ou organisation peut commencer avec une contribution précise.

Notes de sources pour la Partie V

Les sources suivantes soutiennent le contexte factuel externe utilisé dans cette Partie. Les parcours d'application HSIMC et les structures comptables restent des propositions sauf lorsqu'ils sont explicitement décrits comme observés ou déployés à l'extérieur.

123. **United Nations, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.** Source for the 17 SDGs, the integrated and indivisible framing, the pledge that no one will be left behind, and Goal 17 partnership/data language. https://sdgs.un.org/2030agenda
124. **United Nations Sustainable Development Group, Leave No One Behind.** Source for meaningful participation, evidence, data, transparency, privacy and accountability in LNOB implementation. https://unsdg.un.org/2030-agenda/universal-values/leave-no-one-behind
125. **GHG Protocol, Product Standard.** Source for product life-cycle accounting across raw materials, manufacturing, transportation, storage, use and disposal. https://ghgprotocol.org/product-standard
126. **GHG Protocol, Inventory and Project Accounting: A Comparative Review.** Source for the distinction between organization inventory accounting and project/intervention accounting, including separate treatment of avoided-emissions analysis. https://ghgprotocol.org/blog/inventory-and-project-accounting
127. **GHG Protocol, Estimating and Reporting Avoided Emissions.** Source for neutral disclosure of positive and negative comparative GHG impacts and the difficulty of credible avoided-emissions claims. https://ghgprotocol.org/estimating-and-reporting-avoided-emissions

128. **IATA, 2026 Global Passenger Survey.** Source for the reported 49% global use of AI for travel planning and survey scope of more than 10,000 responses from over 200 countries. https://www.iata.org/en/pressroom/2026-releases/10-28-iata-2026-global-passenger-survey-travelers-biometrics-ai-entry-requirements/
129. **Hong Kong International Airport, Baggage Pick-up and Delivery.** Source for current paid airport-to-hotel/home/downtown baggage delivery services by listed providers. https://www.hongkongairport.com/en/passenger-guide/airport-facilities-services/baggage-pick-up-and-delivery
130. **Hong Kong International Airport, MyTAG / MyTAG Support / MyTAG Privacy Policy.** Sources for RFID baggage-arrival notification, QR registration/linking and the data associated with the service. https://www.hongkongairport.com/iwov-resources/html/MyTag/en/mytagseries.html
131. **Hong Kong International Airport, About Us.** Source for HKIA's description of real-time trolley monitoring/tracking and other smart-airport capabilities. https://www.hongkongairport.com/en/about-us/?section=our-history

Partie VI - L'invitation : un réseau mondial de capacités existantes

Vue d'ensemble de la Partie VI

Les Parties I à V ont construit l'argument étape par étape. La Partie I a décrit la distance entre une réponse générée et un résultat physique vérifié. La Partie II a montré qu'une participation utile peut commencer avec les matériaux, les outils et les compétences que les personnes possèdent déjà. La Partie III a défini un modèle de collaboration centré sur les personnes, l'Authority, les Tools, les Resources, le Work et l'Evidence. La Partie IV a transformé ce modèle en une trajectoire d'ingénierie permettant à la simulation cloud, à la conception matérielle, à la fabrication locale et à la validation sur carte de référence d'avancer en parallèle. La Partie V a demandé comment mesurer la valeur utile sans compter plusieurs fois le même bénéfice.

La Partie VI pose la dernière question : **comment cela devient-il un réseau mondial auquel les personnes peuvent réellement participer ?**

La réponse n'est pas de construire une usine géante, une application fermée, un robot universel ou une entreprise centrale qui posséderait toutes les capacités. L'opportunité consiste à rendre les capacités existantes plus faciles à décrire, demander, combiner, vérifier et réutiliser - tout en laissant aux personnes qui possèdent ou exploitent ces capacités le contrôle de leur participation.

Ce réseau peut inclure une personne disposant d'une machine à coudre, une imprimerie, un entrepôt, un ingénieur UWB, un fabricant d'appareils, un développeur cloud, un opérateur hôtelier, une entreprise logistique, une université, un expert en normalisation, une plateforme mondiale d'IA ou un fabricant disposant d'une chaîne d'approvisionnement établie. La contribution de chaque participant peut être très différente. Ce qui rend le réseau cohérent n'est pas une propriété uniforme. C'est une manière commune d'indiquer : - quelle Capacité est disponible ; - dans quelles conditions elle peut être utilisée ; - qui détient l'Authority pour l'engager ; - quel résultat est attendu ; - quelle Evidence prouve l'achèvement ; - quelle valeur et quel coût ont été créés ; - quelle version une autre équipe peut reproduire.

Cette Partie développe cette invitation en trois chapitres.

Le chapitre 16 décrit un réseau ouvert de capacités complémentaires. Il explique pourquoi HSIMC vise à compléter les écosystèmes de modèles, cloud, création, appareils, fabrication, logistique et services locaux plutôt qu'à les remplacer. Il définit également une unité de participation à faible barrière : une Capacité, un responsable identifiable, un résultat et une méthode de preuve.

Le chapitre 17 explique la trajectoire allant d'un résultat de référence réussi à une spécification partagée. Il distingue volontairement un Profile local ou une méthode de référence HSIMC d'une norme formelle. Une norme utile n'émerge que lorsque l'usage répété, les implémentations indépendantes, les preuves de compatibilité, le besoin des parties prenantes et un processus de consensus légitime le justifient. La normalisation internationale formelle relève d'organismes de normalisation reconnus et de leurs procédures, et non d'une déclaration de plateforme.

Le chapitre 18 clôt le master anglais par une invitation pratique. Un participant peut apporter une tâche réelle, une Capacité locale, une fonction d'ingénierie, un achat ou un financement, ou encore une reproduction et une revue indépendantes. Le premier objectif n'est pas d'adhérer à une grande alliance. Il est d'achever un Work utile sous une forme qu'un autre participant autorisé peut comprendre et vérifier.

L'invitation de cette Partie est donc :

> ***Apportez votre capacité existante.***
> ***Livrez une fonction reproductible.***
> ***Mesurez un résultat utile.***
> ***Transformez les plans GenAI en valeur réelle - maintenant, ici, à l'échelle mondiale.***

Chapitre 16 - Un réseau ouvert de capacités complémentaires

16.1 Compléter les écosystèmes au lieu de les reconstruire

Le monde physique contient déjà une immense quantité de capacités.

Les usines disposent déjà de machines. Les imprimeries connaissent déjà les matériaux, le repérage et la finition. Les hôtels disposent déjà de personnel, de chambres, d'espaces de stockage et de procédures de service. Les aéroports disposent déjà de systèmes bagages, de chariots, de sous-traitants et de périmètres opérationnels. Les entreprises logistiques disposent déjà de véhicules, de hubs, de systèmes de suivi et de conditions commerciales. Les universités disposent déjà de laboratoires, d'étudiants et d'équipements spécialisés. Les entreprises cloud fournissent déjà identité, stockage, calcul et collaboration. Les écosystèmes créatifs fournissent déjà des outils de conception et des workflows de contenu. Les écosystèmes d'appareils fournissent déjà téléphones, caméras, capteurs et systèmes d'exploitation. Les plateformes d'IA fournissent déjà des modèles capables de planification, de codage, de traduction, d'analyse et d'un soutien d'ingénierie de plus en plus sophistiqué.

Le défi n'est pas que toutes ces capacités soient absentes.

Le défi est qu'elles sont difficiles à combiner rapidement au-delà des frontières organisationnelles, techniques et géographiques.

Un client peut connaître le résultat souhaité sans connaître la machine locale disponible. Un modèle peut générer un dessin sans connaître le montage exact, l'état du matériau ou la contrainte de l'opérateur. Un fournisseur peut disposer du bon équipement mais d'aucun moyen structuré pour exposer une fenêtre de disponibilité étroite à un projet externe. Un hôtel peut avoir une personne disponible pour une remise de bagages sans que l'assistant de voyage puisse connaître la condition exacte du service. Un petit maker peut être capable de produire un échantillon fonctionnel sans disposer d'un système logiciel permettant à une équipe d'ingénierie mondiale de découvrir cette capacité et de lui faire confiance.

HSIMC n'a donc pas besoin de remplacer les écosystèmes qui fonctionnent déjà.

Son rôle proposé est d'aider à **relier un plan au niveau du modèle à une chaîne responsable de capacités locales**.

Cette complémentarité est intentionnelle.

Un fournisseur de modèles peut continuer à améliorer le raisonnement, le codage, l'ingénierie et les capacités multimodales. Un cloud de productivité peut rester l'endroit où une équipe stocke et révise ses fichiers. Une plateforme créative peut rester l'endroit où un designer développe un visuel, un emballage ou un contenu. Un écosystème d'appareils peut rester l'interface de confiance par laquelle un utilisateur scanne, touche, mesure ou autorise. Un fabricant peut conserver son ERP, ses machines et son système qualité. Une entreprise logistique peut conserver sa flotte et sa plateforme opérationnelle.

HSIMC n'ajoute de valeur que s'il réduit la friction entre eux.

Le signal d'ingénierie d'OpenAI

La publication d'OpenAI du 3 novembre 2026, *Accelerating engineering for the physical world*, décrit un travail couvrant l'ingénierie mécanique et électrique, la simulation, des outils spécialisés et la conception de systèmes de bout en bout. Elle souligne la nécessité de réunir conception mécanique, électronique, logiciel et exigences de fabrication, et invite à la collaboration afin de comprendre où ces capacités peuvent faire la plus grande différence et ce qui doit encore être amélioré.

HSIMC considère cette publication comme un signal externe important, et non comme une approbation de HSIMC ni comme la preuve d'un partenariat officiel.

La question complémentaire est :

> ***Lorsqu'un modèle peut préparer, analyser ou coordonner une plus grande part du travail d'ingénierie, comment le résultat atteint-il une machine réelle, un matériau réel, un opérateur réel et un client réel - sous une Authority explicite et avec de l'Evidence ?***

C'est là que la Capacité locale devient stratégiquement importante.

Plus les modèles deviennent puissants, plus une interface du monde réel bien décrite peut devenir précieuse. Une machine difficile à comprendre pour le logiciel reste isolée. Un atelier dont la Capacité est documentée avec des conditions claires peut participer à davantage de workflows. Un opérateur local capable de retourner une Evidence structurée peut faire partie d'une équipe d'ingénierie distribuée sans devoir devenir une entreprise logicielle.

Le signal MCP

La spécification Model Context Protocol du 28 juillet 2026 a introduit un noyau de protocole sans état. Au niveau du protocole, les requêtes peuvent être auto-descriptives et les serveurs n'ont plus besoin d'un état de session caché simplement pour comprendre quel contexte de protocole est utilisé. Les applications qui ont besoin d'état peuvent toujours utiliser des handles explicites et des enregistrements métier persistants.

C'est important parce que cela réduit la pression architecturale qui pousserait toute collaboration dans une connexion persistante unique.

Un client peut demander un tool à un endroit. Un autre client autorisé peut ensuite faire référence au même Work, Resource, version ou Operation par des identifiants explicites. Un serveur peut exposer un tool ou une resource sans prétendre que l'usine, la personne ou l'actif sous-jacent est sans état.

Le monde physique reste avec état. Le protocole peut devenir plus facile à router et à mettre à l'échelle.

Cette combinaison soutient un réseau dans lequel différentes équipes peuvent participer à différents moments sans dépendre d'un historique de conversation caché.

La complémentarité doit être visible dans le Work

Une collaboration est réellement complémentaire lorsque chaque participant peut identifier une contribution distincte.

Par exemple, un prototype de carte fonctionnelle peut impliquer : - un modèle d'IA aidant à rédiger un motif et un plan de test ; - un outil créatif produisant le visuel ; - une imprimerie locale réalisant les repères de positionnement ; - un atelier de broderie plaçant du fil conducteur ; - un fournisseur électronique fournissant un module ; - un T736 ou un autre nœud de calcul local exécutant un adaptateur d'inspection ; - un ingénieur distant examinant les preuves image ou électriques ; - un client acceptant le résultat ; - un espace documentaire préservant les versions et les Evidence.

Aucun participant n'a besoin de posséder toute la chaîne.

La valeur provient de la combinaison.

Le Work doit donc indiquer explicitement qui fournit quoi, qui accepte quelle responsabilité et quel résultat clôt chaque segment.

16.2 Une capacité suffit pour entrer

Un réseau mondial ne peut pas exiger que chaque participant devienne une grande entreprise technologique.

Une couturière qui sait placer une ligne conductrice avec régularité peut contribuer. Un imprimeur qui peut produire un repère reproductible peut contribuer. Un technicien qui connaît l'interface série d'une machine héritée peut contribuer. Un propriétaire d'entrepôt qui peut offrir un créneau de stockage clairement défini peut contribuer. Un hôtel qui peut accepter une remise de bagages dans une fenêtre de temps donnée peut contribuer. Un ingénieur qui peut exécuter un test UWB et retourner les données brutes peut contribuer.

Le point d'entrée est donc volontairement petit :

Une Capacité. Une partie responsable. Un résultat. Une méthode d'Evidence.

Capability Note

La forme la plus légère peut être une **Capability Note (Note de capacité)** lisible par une personne.

Elle répond à quelques questions :

- **Capability :** que pouvez-vous faire ?
- **Location :** où cela peut-il se produire ?
- **Availability :** quand ou en quelle quantité la capacité est-elle disponible ?
- **Responsible party :** qui peut accepter le Work ?
- **Conditions :** quels intrants, outils, limites ou préparations s'appliquent ?
- **Evidence :** qu'est-ce qui prouvera l'achèvement ?
- **Cost / time :** que nécessite un résultat accepté ?
- **Rights :** quelles conditions d'usage, de réutilisation, de confidentialité ou d'attribution s'appliquent ?

Cette Note peut être écrite dans un document, un formulaire web ou même structurée par un assistant à partir d'une conversation autorisée.

Elle n'a pas besoin d'être immédiatement une API.

Capability Profile

Lorsqu'une capacité devient récurrente, la description peut évoluer vers un **Capability Profile (Profil de capacité)** versionné.

Le Profile ajoute généralement : - des types d'entrée ; - des unités ; - des plages supportées ; - des erreurs connues ; - des règles de concurrence ; - des effets secondaires ; - des dépendances matérielles ou logicielles ; - des exigences d'Authority ; - des méthodes de récupération ; - le schéma des Evidence ; - les tests de conformité ; - les exclusions.

Le Profile est plus précis que la Note.

Mais il reste une description de capacité. Il ne prouve pas, à lui seul, qu'une instance donnée est actuellement disponible ou opérationnelle.

Cette distinction protège le réseau contre une erreur fréquente : confondre un catalogue avec l'état réel.

Les personnes sans API peuvent tout de même participer

La numérisation ne doit pas créer une nouvelle barrière.

Un petit atelier peut participer par QR, NFC, formulaire web, fichier partagé, interface opérateur ou intermédiaire humain. Un assistant peut aider à transformer une description informelle en Capability Note. Un opérateur peut confirmer manuellement la disponibilité. Une inspection peut être téléversée sous forme de photo avant qu'une interface machine directe n'existe.

L'automatisation peut être ajoutée progressivement.

Le réseau doit préserver une voie de participation pour ceux qui disposent d'une capacité utile mais pas d'une équipe logicielle.

C'est une application concrète de **Ne laisser personne de côté** dans l'économie physique de GenAI.

La participation locale et la découverte mondiale peuvent avancer ensemble

Une Capacité est souvent profondément locale.

Elle dépend d'une adresse, d'une personne, d'une machine, d'un matériau, d'un fuseau horaire, d'une langue ou d'une pratique opérationnelle.

La découverte, elle, peut être mondiale.

Un ingénieur aux États-Unis peut identifier un atelier à Hong Kong. Une équipe en Europe peut examiner une Evidence produite à Shenzhen. Un modèle peut proposer une combinaison de capacités à travers plusieurs pays. Un client peut sélectionner un service local en utilisant une interface dans sa langue.

Le réseau n'a pas besoin de rendre le monde physique uniforme.

Il doit rendre les différences suffisamment explicites pour qu'elles puissent être coordonnées.

Plusieurs écosystèmes peuvent se connecter au même Work

Un Work peut utiliser Microsoft 365 comme espace documentaire, Adobe pour une partie du flux créatif, Apple ou Android comme interface utilisateur, un modèle OpenAI ou un autre modèle pour l'analyse, un serveur MCP pour les tools, une base de données locale pour l'état opérationnel, et une entreprise logistique tierce pour le mouvement réel.

HSIMC ne doit pas transformer ces composants en « produits HSIMC » simplement parce qu'ils participent au Work.

La valeur d'intégration vient de la capacité à conserver une frontière commune :

Resource + Authority + Capability + Work + Evidence

Cette frontière peut survivre au remplacement d'un fournisseur particulier.

16.3 Les participants doivent avoir une raison équitable de rester

Un réseau ne se maintient pas par le seul enthousiasme.

Les personnes et les organisations restent lorsqu'elles obtiennent une valeur compatible avec leur contribution et leur risque.

Cette valeur peut prendre différentes formes : - paiement ; - accès à de nouvelles commandes ; - apprentissage ; - réutilisation d'un résultat d'ingénierie ; - visibilité ; - accès à un équipement partagé ; - réduction de coût ; - financement de recherche ; - preuve pour un client ; - participation à une future spécification ; - opportunité de licence.

Le modèle doit donc rendre les contributions visibles.

Les droits de contribution doivent être explicites

Une contribution peut être ouverte, privée, limitée à un projet, licenciée, rémunérée par Work ou fournie en nature.

Le fait de soumettre une preuve, un dessin ou un Profile ne devrait pas signifier automatiquement que l'ensemble du monde peut le réutiliser.

Le Work ou l'accord de contribution devrait préciser : - qui possède le contenu préexistant ; - ce qui peut être réutilisé ; - ce qui doit rester confidentiel ; - comment l'attribution fonctionne ; - quelles données peuvent être publiées ; - si un résultat dérivé peut être commercialisé ; - quelle rémunération s'applique ; - comment un participant peut se retirer des Work futurs.

Ces questions deviennent plus importantes à mesure que les modèles facilitent la recombinaison du savoir.

Cinq rôles suffisent pour commencer

Une collaboration peut souvent être comprise avec cinq rôles :

132. **Requestor / budget owner** - définit le besoin et le budget.
133. **Resource / space authority** - autorise l'utilisation de la ressource, de l'espace ou de l'équipement.
134. **Executor / provider** - accepte et exécute le Work.
135. **Technical contributor** - fournit modèle, logiciel, interface, conception ou expertise.
136. **Acceptor / reviewer** - vérifie et accepte le résultat selon les critères convenus.

Une même organisation peut occuper plusieurs rôles, mais les rôles doivent rester visibles.

Un projet devient plus fiable lorsque la personne qui a conçu la solution n'est pas automatiquement supposée être la seule personne capable de la vérifier.

L'Objectif 17 est un cadre utile, pas un badge

L'Objectif de développement durable 17 des Nations Unies appelle explicitement à des partenariats multipartites qui mobilisent et partagent connaissances, expertise, technologie et ressources financières. Il souligne également les données, le suivi et la responsabilité.

Cela est très pertinent pour un réseau de capacités complémentaires.

Mais la pertinence n'est pas la réalisation.

Un partenariat doit pouvoir montrer des engagements réels, une contribution réelle, des résultats réels et un apprentissage réel.

Pour HSIMC, le récit le plus solide possible concernant l'Objectif 17 n'est donc pas une page de logos partenaires.

C'est une chaîne de Work achevés dans laquelle différents participants peuvent montrer comment connaissances, technologie, Resources et paiements ont traversé une interface responsable.

> ***La valeur d'un partenariat est une interface exécutée.***

Chapitre 17 - Des résultats de référence aux standards partagés

17.1 Une démonstration réussie n'est pas encore une norme

Le mot *standard* est attirant parce qu'il évoque stabilité, compatibilité et échelle.

Il est également facile à employer à tort.

Un prototype fonctionnel n'est pas une norme. Une spécification d'entreprise n'est pas automatiquement une norme industrielle. Une API largement utilisée n'est pas automatiquement une Norme internationale. Un test réussi une seule fois dans un laboratoire ne démontre pas une compatibilité universelle.

Ce livre blanc utilise donc une progression volontairement explicite.

Une Capacité peut mûrir selon les niveaux suivants :

Résultat de référence -> Profile versionné -> Méthode de conformité -> Compatibilité multi-implémentations -> Spécification partagée -> Normalisation formelle, lorsqu'elle est justifiée

Chaque niveau ajoute de l'Evidence et de la participation.

Résultat de référence

Un résultat de référence est un exemple reproductible dans des conditions connues.

Pour `locate_marks`, un résultat de référence peut inclure : - une définition de marqueur versionnée ; - une image d'entrée connue ; - une sortie attendue ; - une version d'algorithme ; - un montage de test ou une référence d'étalonnage ; - des critères d'acceptation ; - un reçu montrant le résultat.

Un résultat de référence est utile parce qu'il donne à une autre équipe quelque chose de concret à reproduire.

Il ne constitue pas encore une affirmation selon laquelle toutes les caméras, tous les substrats, toutes les conditions d'éclairage ou tous les appareils cibles se comporteront de la même manière.

Profile versionné

Un Profile définit un sous-ensemble ou une configuration supportée.

Pour une interface physique, il peut préciser : - connecteur et affectation des broches ; - contraintes de tension et de courant ; - enveloppe mécanique ; - protocole ou format de message ; - hypothèses de timing ; - état de sécurité requis ; - procédure de récupération ; - exclusions connues.

Pour un procédé, il peut préciser : - matériaux acceptés ; - famille de machines ; - version du montage ; - étapes de réglage ; - méthode d'inspection ; - tolérances ; - sortie Evidence.

Les Profiles permettent de comparer différentes implémentations sans prétendre que toutes les capacités optionnelles doivent être supportées.

C'est particulièrement important pour T736. La Partie IV a décrit une route commune minimale - alimentation, récupération, UART de maintenance, une voie réseau choisie, USB Host et extension affectée volontairement - tout en maintenant les autres interfaces et hypothèses électriques dépendantes du BOM réel et de la configuration de la carte. Un Profile empêche qu'un diagramme fonctionnel ne devienne une promesse non étayée.

Méthode de conformité

Une interface partagée devient plus utile lorsqu'il existe une méthode de test permettant de déterminer si une implémentation satisfait le Profile déclaré.

Un pack de conformité peut contenir : - vecteurs de test ; - réponses attendues ; - comportement d'erreur requis ; - limites temporelles lorsque pertinentes ; - règles relatives aux effets secondaires ; - tests de récupération ; - tests d'Authority ; - tests de négociation de version ; - exigences de format Evidence ; - tests négatifs pour les opérations non supportées.

La conformité n'est pas la même chose qu'une certification de qualité pour un produit complet.

Elle répond à une question plus étroite :

> ***Cette implémentation satisfait-elle les exigences de ce Profile dans les conditions de test spécifiées ?***

La terminologie ISO distingue de manière analogue l'évaluation de conformité comme le processus permettant de déterminer si quelque chose répond aux exigences d'une norme. Selon le contexte, l'évaluation peut être effectuée par le fournisseur, l'acheteur ou une tierce partie indépendante.

Compatibilité multi-implémentations

L'étape suivante n'est pas d'ajouter davantage de documents. Elle consiste à observer si des implémentations indépendantes fonctionnent ensemble.

Deux équipes devraient pouvoir implémenter le même Profile sans partager d'hypothèses cachées.

Les Evidence utiles comprennent : - client de l'équipe A avec serveur de l'équipe B ; - client de l'équipe B avec serveur de l'équipe A ; - adaptateurs matériels différents retournant des Evidence équivalentes ; - makers locaux différents reproduisant le même résultat d'acceptation d'échantillon ; - anciennes et nouvelles versions interagissant selon la politique de compatibilité documentée ; - cas d'échec se comportant de la manière convenue.

Une matrice de compatibilité peut montrer ce qui est réellement connu.

Par exemple :

Profile	Implémentation A	Implémentation B	Implémentation C	Evidence
Mark locate v1	Réussite	Réussite	Non testé	test pack R1
NFC URI entry v1	Réussite	Réussite	Réussite	device matrix R2
UWB observation v0.2	Simulé	Référence physique	Non testé	Evidence séparée
T736 serial adapter v0.1	Documenté	Non lié	Non lié	Evidence matérielle en attente

C'est plus informatif que le seul mot *compatible*.

17.2 Les spécifications partagées doivent grandir à partir de l'Evidence

L'objectif d'une spécification partagée n'est pas de figer l'innovation trop tôt.

Il est de stabiliser les éléments dont plusieurs participants ont besoin pour pouvoir dépendre les uns des autres.

Un bon candidat à une spécification partagée présente généralement plusieurs caractéristiques : - plus d'un participant en a besoin ; - plusieurs implémentations sont possibles ; - l'ambiguïté crée de façon répétée un coût d'intégration ; - l'interface est suffisamment stable pour être documentée ; - des tests indépendants sont possibles ; - le versionnage peut être géré ; - le bénéfice de la compatibilité est supérieur au coût de la normalisation.

Les exemples peuvent inclure : - les champs requis dans un Capability Profile ; - la structure d'un reçu d'acceptation de Work ; - la distinction entre reçu d'opération et observation récente ; - un vocabulaire de statut Evidence tel que Documenté / Simulé / Référence physique / Opérationnel ; - une structure URI de carte ou QR/NFC ; - un Profile d'adaptateur d'appareil ; - un pack de test de référence pour une fonction spécifique ; - un comportement minimal d'erreur et de récupération.

Séparer, lorsque possible, la sémantique métier du transport

Un contrat de Work partagé ne devrait pas dépendre inutilement d'un seul transport réseau.

Par exemple, les concepts métier `work_id`, `resource_id`, `authority_context`, `operation_id`, `evidence_ref` et `acceptance_status` peuvent exister que la requête d'exécution passe par MCP, une API HTTPS, une file locale ou une interface opérateur humaine.

MCP peut être une couche d'interopérabilité puissante pour les clients IA et les tools, mais la sémantique métier HSIMC doit rester suffisamment claire pour survivre à l'évolution du protocole.

C'est une raison supplémentaire pour laquelle l'évolution MCP 2026-07-28 vers des requêtes explicites et sans état est stratégiquement utile. Le modèle peut voir et transmettre des handles explicites plutôt que de dépendre d'un état de session de transport caché. L'application peut préserver le Work réel indépendamment.

Le versionnage est une fonction de gouvernance

Une interface partagée sans discipline de version devient une source de risque.

Chaque Profile devrait définir : - identifiant de version ; - date d'effet ; - versions antérieures supportées ; - notes de migration ; - règle des changements cassants et non cassants ; - fenêtre de dépréciation lorsque pertinente ; - version du test pack ; - version du schéma Evidence.

La publication MCP 2026-07-28 elle-même fournit un exemple utile de l'importance de cette discipline : elle a introduit des changements cassants majeurs en même temps qu'une politique formelle de dépréciation afin que les implémenteurs puissent planifier la migration au lieu de découvrir l'incompatibilité au moment de l'exécution.

HSIMC peut reprendre cette discipline sans prétendre être le processus de normalisation MCP.

Un adaptateur physique peut nécessiter une évolution encore plus lente que le logiciel, car son remplacement implique pièces, main-d'œuvre, expédition et nouvelle validation de sécurité.

Les résultats négatifs appartiennent au savoir partagé

La normalisation est affaiblie lorsque seuls les tests réussis sont conservés.

Un enregistrement de compatibilité utile devrait également montrer : - quel matériau a échoué ; - quelle caméra n'a pas satisfait la latence requise ; - quelle étiquette NFC ne pouvait pas être réécrite ; - quel connecteur a surchauffé ; - quel firmware a cassé une fonction auparavant opérationnelle ; - quel workflow hôtelier a entraîné des remises manquées répétées ; - quelle version linguistique a créé de la confusion chez l'utilisateur ; - quelle hypothèse économique a échoué aux prix réels.

L'échec n'est pas du bruit.

L'échec définit la frontière du Profile actuel.

C'est l'une des raisons pour lesquelles Evidence est un concept HSIMC de premier ordre.

17.3 De la spécification partagée à la normalisation formelle

Le développement formel de normes doit être traité avec respect.

ISO explique que le développement d'une norme commence en réponse à un besoin du marché ou des parties prenantes, est conduit par des experts et parties prenantes concernés, et repose sur le consensus. Les procédures ISO indiquent explicitement que le consensus exige que les objections substantielles soient entendues et traitées ; le consensus ne signifie pas nécessairement unanimité.

Ce processus est très différent du fait qu'une entreprise publie un PDF et le qualifie de norme mondiale.

HSIMC doit donc utiliser un vocabulaire précis.

Des labels possibles incluent : - **méthode de référence HSIMC** ; - **HSIMC Capability Profile** ; - **guide d'implémentation partagé** ; - **pack de test de référence** ; - **Profile d'interopérabilité** ; - **spécification de consortium**, si un véritable consortium l'approuve ; - **proposition industrielle**, si elle est soumise à un processus plus large.

L'expression **Norme internationale** doit être réservée au processus de normalisation reconnu qui en produit une.

Une échelle pratique de normalisation

Une échelle utile est :

Niveau 0 - Observation

Une équipe enregistre un problème et un résultat.

Niveau 1 - Méthode de référence

L'équipe publie suffisamment d'informations pour qu'une autre équipe puisse la reproduire.

Niveau 2 - Profile versionné

Le périmètre, les champs requis, les interfaces, limites et Evidence sont définis.

Niveau 3 - Pack de conformité

Une méthode de test distingue les implémentations conformes et non conformes.

Niveau 4 - Implémentations indépendantes

Plusieurs équipes implémentent le Profile et publient des Evidence de compatibilité.

Niveau 5 - Spécification partagée

Plusieurs parties prenantes maintiennent conjointement le Profile selon un processus de gouvernance explicite.

Niveau 6 - Normalisation formelle, lorsqu'elle est justifiée

Un organisme de normalisation reconnu ou un processus industriel de normalisation approprié examine le travail selon ses propres procédures.

Cette échelle protège à la fois la vitesse et la crédibilité.

Une équipe locale peut avancer rapidement aux niveaux 0-3. Un écosystème plus large peut rejoindre aux niveaux 4-5. La normalisation formelle ne peut commencer que lorsque le besoin et la base de parties prenantes justifient le processus supplémentaire.

Une référence ouverte n'exige pas que tout soit ouvert

Une implémentation de référence peut être publique tandis qu'une implémentation de production reste propriétaire.

Un vecteur de test peut être ouvert tandis qu'un fournisseur conserve sa méthode de fabrication privée.

Un Profile peut décrire une interface électrique sans révéler le PCB interne d'une entreprise.

Un contrat de Work peut exposer les conditions d'acceptation sans exposer les données opérationnelles privées d'un client.

L'objectif n'est pas l'ouverture obligatoire.

L'objectif est de partager suffisamment d'informations pour permettre une interopérabilité sûre et une acceptation reproductible.

La pertinence mondiale peut toujours exiger des options locales

Les directives ISO reconnaissent explicitement qu'une solution applicable à l'échelle mondiale peut nécessiter des options justifiées afin de prendre en compte des différences légitimes entre marchés.

Le même principe est important pour HSIMC.

Une méthode de remise de bagages peut nécessiter des pratiques hôtelières différentes à Hong Kong, Bangkok ou Boston. Une interface d'alimentation peut nécessiter des composants certifiés différents. Une application de mobilité peut rencontrer des limites réglementaires différentes. Un maker local peut utiliser des machines différentes tout en satisfaisant la même spécification de sortie.

Un Profile solide distingue : - ce qui doit rester invariant pour l'interopérabilité ; - ce qui peut varier localement ; - comment cette variation est déclarée ; - quelle Evidence est requise pour l'option locale.

C'est ainsi qu'un réseau peut être mondial sans effacer la Capacité locale.

Les standards partagés doivent rendre les différences locales lisibles, pas invisibles.

Chapitre 18 - Une invitation à rendre l'IA réelle

18.1 Cinq façons de participer

Une initiative mondiale ne devient réelle que lorsque la participation produit du Work.

HSIMC n'a donc pas besoin qu'un participant commence par signer une relation de plateforme importante.

Une personne ou une organisation peut commencer de cinq façons.

1. Apporter une tâche réelle

Une tâche réelle est une tâche dont le résultat compte pour quelqu'un.

Les exemples incluent : - fabriquer un petit lot d'une carte versionnée ou d'une interface fonctionnelle ; - inspecter un échantillon imprimé ou brodé ; - déplacer un objet défini entre deux points locaux ; - préparer un adaptateur périphérique T736 ; - tester un UWB observation Profile dans un espace spécifique ; - libérer un point de remise de chariots de type aéroport dans un environnement simulé ou réel autorisé ; - organiser une remise de bagages acceptée dans un pilote hôtelier ; - adapter un fauteuil roulant ou un chariot existant uniquement dans le périmètre d'un test d'ingénierie correctement autorisé.

La tâche devrait préciser qui acceptera le résultat et quelle Evidence est suffisante.

Un problème sans acceptant reste de la recherche.

La recherche est précieuse, mais elle doit être étiquetée honnêtement.

2. Apporter une capacité locale

Une Capacité locale peut être : - une machine à coudre ou à broder ; - une imprimante ; - une machine laser ; - une machine CNC ; - un instrument de test ; - un espace de stockage ; - une route de livraison ; - un véhicule ; - un kit UWB ; - une caméra ; - une carte T736 ; - une compétence d'ingénierie ; - une compétence de traduction ; - une personne capable d'inspecter, emballer, livrer ou accepter.

La première question n'est pas « À quel point est-ce avancé ? »

La première question est :

> ***Quel résultat utile cette Capacité peut-elle produire, dans quelles conditions, et qui peut le vérifier ?***

3. Apporter une fonction d'ingénierie ou de modèle

Les contributeurs logiciel et modèle peuvent participer avant que le matériel final n'existe.

Les contributions utiles incluent : - conception de schémas et contrats ; - simulation ; - génération de tests ; - inspection d'images ; - revue CAD ; - revue électronique ; - adaptateurs d'appareils ; - gestion d'erreurs ; - interaction multilingue ; - normalisation de données ; - ordonnancement ; - analyse d'Evidence ; - outillage de reproductibilité.

La contribution la plus forte n'est pas une démonstration qui fonctionne uniquement dans l'environnement d'un développeur.

C'est une fonction versionnée qu'une autre équipe peut exécuter contre le même contrat.

4. Acheter ou financer un résultat utile

Un réseau a besoin d'acheteurs et de sponsors autant que d'ingénieurs.

Une entreprise peut acheter un prototype local. Un hôtel peut payer un test de service. Un fabricant peut financer un adaptateur pour une machine existante. Une fondation peut financer une participation accessible. Une entreprise technologique peut sponsoriser un test de référence public. Un programme gouvernemental ou universitaire peut financer un essai selon ses propres exigences d'achat et de gouvernance.

Le financement ne devrait pas automatiquement acheter le contrôle de tous les contributeurs ou de toutes les utilisations futures.

Le Work devrait préciser ce que le financement couvre, quel résultat devient public ou privé, et quels droits de réutilisation restent aux contributeurs.

5. Reproduire et examiner

La reproduction indépendante est l'une des formes de participation les plus précieuses.

Un examinateur peut demander : - Puis-je obtenir le même package versionné ? - Puis-je reproduire le résultat déclaré ? - Quelles hypothèses manquaient ? - Quelle Evidence était insuffisante ? - Le résultat dépendait-il d'une

personne spécifique ? - Quel changement local était nécessaire ? - L'affirmation économique ou ESG a-t-elle résisté au second site ?

Un réseau devient plus robuste lorsqu'une deuxième équipe peut améliorer la méthode de la première plutôt que simplement la croire.

18.2 Commencer par un Work, puis mériter le droit de changer d'échelle

Les grandes visions sont faciles à énoncer.

Réseaux mondiaux d'exécution, fabrication intelligente, logistique autonome, mobilité accessible, production local-vers-global et commerce GenAI-native semblent tous importants.

La discipline consiste à commencer par un Work suffisamment petit pour être terminé et suffisamment riche pour apprendre quelque chose au réseau.

Un bon premier Work comprend : - un demandeur nommé ; - un fournisseur nommé ; - une ou plusieurs Resources ; - une limite d'Authority claire ; - une entrée versionnée ; - une condition de résultat ; - une fenêtre temporelle réaliste ; - l'enregistrement du coût direct ; - une méthode d'Evidence simple ; - un acceptant ; - un chemin de récupération connu.

Les 30 premiers jours : rendre l'interface réelle

La première phase devrait répondre à ces questions : - Le problème est-il suffisamment réel pour que quelqu'un se soucie du résultat ? - La Capacité peut-elle être décrite assez clairement pour qu'une autre personne la demande ? - L'Authority est-elle explicite ? - Peut-on achever un échantillon versionné ou un résultat de service utile ? - Le coût et le temps peuvent-ils être enregistrés ? - L'Evidence peut-elle être préservée et retrouvée ?

La première phase n'a pas besoin d'une automatisation complète.

Un opérateur humain peut rester dans la boucle.

L'automatisation devrait entrer là où l'Evidence répétée montre qu'elle améliore le résultat.

Jours 31-60 : reproduire et comparer

La deuxième phase devrait tenter au moins une forme d'indépendance : - un autre ingénieur utilise le même contrat ; - un autre appareil exécute la même fonction ; - un autre maker reproduit l'échantillon ; - un autre site implémente le même modèle de service ; - un autre client retrouve le même Work et les mêmes Evidence.

Les différences doivent être documentées, et non cachées.

C'est ici qu'un résultat de référence commence à devenir un Profile.

Jours 61-90 : décider s'il faut changer d'échelle, standardiser ou arrêter

La troisième phase devrait comparer : - résultat de trésorerie réel ; - Capacité réellement libérée ; - résultat utilisateur/service ; - effet environnemental/matériau ; - qualité de la gouvernance et des Evidence ; - reproductibilité ; - charge de support ; - coût d'adaptation du site suivant.

La décision peut alors être honnête.

Le Work peut être prêt à changer d'échelle.

Il peut nécessiter une nouvelle itération d'ingénierie.

Il peut n'avoir de valeur que dans une niche locale étroite.

Il peut ne pas valoir la peine d'être poursuivi.

Un réseau capable d'arrêter les idées faibles est plus crédible qu'un réseau qui transforme chaque pilote en success story.

Le premier test mondial visible

L'un des tests les plus forts pour HSIMC est simple :

> ***Une deuxième équipe, sur un autre réseau ou dans un autre lieu, peut-elle recevoir un package versionné et achever la fonction convenue sans dépendre de la conversation d'origine ?***

C'est ici que Stateless MCP, les fichiers versionnés, les identités Resource explicites, l'Authority et l'Evidence deviennent plus que des mots d'architecture.

Ils deviennent un test pour savoir si la connaissance peut voyager tandis que la responsabilité reste claire.

Le même test peut être appliqué à la trajectoire card-phone / T736 :

simulation cloud -> carte de référence distante -> version figée -> expédition -> liaison locale -> poursuite de l'exécution locale

Le matériel expédié n'est qu'une étape du Work.

L'actif le plus important est la combinaison du Profile, du logiciel, de l'Evidence, de la méthode de récupération et de l'Authority locale qui permet au matériel de rester utile après l'expédition.

18.3 Rendre l'IA réelle - sans laisser personne de côté

L'ère physique de GenAI peut se développer dans plusieurs directions.

Une direction concentre la Capacité dans des organisations de plus en plus grandes, des infrastructures de plus en plus spécialisées et des systèmes de plus en plus automatisés. Cela peut produire une efficacité extraordinaire.

Une autre direction utilise la même intelligence pour rendre des capacités existantes, plus petites, plus faciles à découvrir, combiner et améliorer.

Ces deux directions n'ont pas besoin d'être ennemies.

L'échelle mondiale et la participation locale peuvent se compléter.

Un modèle puissant peut aider un petit atelier à comprendre un dessin. Une plateforme cloud peut aider à préserver la version. Un outil créatif peut aider à préparer l'interface. Une machine locale peut fabriquer l'échantillon. Une personne peut l'inspecter. Un capteur peut retourner de l'Evidence. Une équipe mondiale d'ingénierie peut améliorer la conception. Un second maker peut la reproduire. Un client peut accepter le résultat.

L'opportunité n'est pas que chaque foyer devienne une fab de semi-conducteurs.

L'opportunité est que **davantage de personnes puissent contribuer une fonction utile et délimitée à un produit ou service sophistiqué**.

C'est une forme différente de participation industrielle.

Elle ressemble davantage à un réseau de capacités qu'à une hiérarchie d'usines.

Ne laisser personne de côté est une exigence de conception

Cette expression doit susciter des questions pratiques.

Une personne peut-elle participer sans parler anglais ?

Un participant peut-il contribuer sans posséder un calcul coûteux ?

Un petit atelier peut-il participer sans déployer une API d'entreprise ?

Un travailleur âgé peut-il utiliser une carte, un QR ou une interface web simple plutôt que d'apprendre une console développeur ?

Une personne en situation de handicap peut-elle exprimer son Authority et recevoir un service de manière accessible ?

Un maker local peut-il savoir ce qui sera payé avant d'accepter un Work ?

Un contributeur peut-il se retirer ou limiter la réutilisation ?

Un acheteur peut-il voir l'Evidence réelle plutôt qu'une simple affirmation de durabilité ?

Le temps économisé d'un travailleur peut-il créer un bénéfice pour ce travailleur, et pas seulement pour l'organisation ?

Un Work échoué peut-il être signalé sans punir la personne qui a révélé l'échec ?

Si le réseau ne peut pas répondre à ces questions, il n'a pas encore réalisé ce principe.

La Capacité locale doit rester suffisamment locale pour avoir du sens

La participation mondiale ne doit pas transformer chaque contributeur en sous-traitant anonyme ne concurrençant que sur le prix.

Une Capacité locale a un contexte.

Elle peut connaître le bâtiment, la machine, le client, la langue, le matériau, le quartier, l'hôtel, l'itinéraire ou l'attente culturelle.

Ce contexte peut faire partie de la valeur.

Le but d'un Profile commun n'est pas d'effacer la connaissance locale.

Il est de rendre la partie transférable suffisamment explicite pour que la connaissance locale puisse être combinée à l'ingénierie mondiale.

L'Authority humaine doit rester visible à mesure que l'automatisation augmente

À mesure que les tools deviennent plus capables, le système peut automatiser davantage de planification, ordonnancement, inspection et exécution.

Cela augmente l'importance de savoir : - quelle personne ou organisation a autorisé l'automatisation ; - quelle Resource est utilisée ; - quelles contraintes s'appliquent ; - quels effets secondaires sont permis ; - comment l'action peut être arrêtée ; - qui accepte le résultat ; - qui est responsable lorsque le résultat est incertain.

Un outil autonome plus rapide ne doit pas rendre l'Authority moins visible.

Il doit rendre l'Authority plus facile à déclarer et à auditer.

L'Evidence doit rendre la confiance portable

La confiance dans le travail physique est souvent locale et personnelle.

Un client fait confiance à un opérateur particulier. Une usine fait confiance à un technicien particulier. Un hôtel fait confiance à un sous-traitant particulier. Un maker fait confiance à un fournisseur connu.

Le but de l'Evidence n'est pas de remplacer ces relations.

Il est de rendre une partie de cette confiance portable.

Une deuxième équipe peut voir : - la version ; - le test ; - le résultat ; - les conditions ; - la partie responsable ; - les limites connues.

La confiance portable rend la participation mondiale plus pratique sans exiger une centralisation aveugle.

Le point de départ au format carte de crédit revient

Le livre blanc a commencé par une empreinte physique familière.

Ce petit rectangle n'a jamais été la définition du produit final.

Il symbolise une idée d'ingénierie plus large :

rendre l'entrée suffisamment petite pour être comprise, puis laisser la Capacité s'étendre au-delà de l'objet.

Une carte peut porter une identité, une entrée QR ou NFC, un visuel, une surface fonctionnelle, un capteur ou une connexion vers un nœud de calcul plus grand. Elle peut pointer vers un système basé sur T736, une machine, un service hôtelier, un Material Profile, un maker local ou un package mondial d'ingénierie.

L'intelligence n'a pas besoin de tenir entièrement dans la carte.

La voie de participation peut y commencer.

L'invitation finale

HSIMC propose une réponse pratique à l'ère physique de GenAI :

Ne commencez pas par demander à tout le monde d'acheter une nouvelle machine.

Commencez par demander quelle Capacité existe déjà.

Ne commencez pas par demander à chaque petit participant de construire une plateforme.

Commencez par définir une fonction qu'une autre partie peut demander et vérifier.

Ne traitez pas un plan de modèle comme un résultat achevé.

Reliez-le aux personnes, matériaux, machines, temps, Authority et Evidence.

N'appelez pas chaque méthode de référence une norme mondiale.

Gagnez l'interopérabilité par des implémentations indépendantes, des tests et du consensus.

Ne mesurez pas la valeur uniquement par l'activité ou la publicité.

Mesurez le résultat utile, le coût, la distribution du bénéfice et l'Evidence.

Et surtout :

> ***Apportez votre capacité existante.***
> ***Livrez une fonction reproductible.***
> ***Mesurez un résultat utile.***
> ***Transformez les plans GenAI en valeur réelle - maintenant, ici, à l'échelle mondiale.***

Cette invitation peut commencer par de la pierre, du fil, une imprimante, une machine, une carte, un morceau de code, un entrepôt, un chariot, un hôtel, une carte de référence ou la compétence pratique d'une seule personne.

Le point de départ peut être petit.

La collaboration n'a pas à l'être.

Notes de référence pour la Partie VI

Les sources suivantes soutiennent le contexte externe utilisé dans cette Partie. Elles n'impliquent pas d'approbation de HSIMC.

137. **OpenAI - Accelerating engineering for the physical world (3 November 2026).** Décrit l'ingénierie mécanique/électrique assistée par IA, la simulation, la coordination interdisciplinaire et la collaboration autour de workflows d'ingénierie réels.
https://openai.com/index/accelerating-engineering-for-the-physical-world/

138. **Model Context Protocol - The 2026-07-28 Specification (28 July 2026).** Décrit le noyau de protocole sans état, le contexte explicite par requête, les headers de routage, les listes pouvant être mises en cache, le durcissement de l'autorisation, les extensions et les handles d'état explicites lorsque les applications ont besoin de continuité.
https://blog.modelcontextprotocol.io/posts/2026-07-28/

139. **United Nations - SDG 17: Partnerships for the Goals.** Inclut les partenariats multipartites qui mobilisent et partagent connaissances, expertise, technologie et ressources financières.
https://sdgs.un.org/goals/goal17

140. **United Nations - Multi-stakeholder partnerships.** Décrit le rôle de l'Objectif 17 pour les partenariats publics, public-privé et de la société civile.
https://sdgs.un.org/topics/multi-stakeholder-partnerships

141. **ISO - Developing standards.** Explique que les normes ISO répondent à un besoin des parties prenantes/du marché, sont développées par des experts selon un processus multipartite et reposent sur le consensus.
https://www.iso.org/developing-standards.html

142. **ISO/IEC Directives, Part 1.** Définit le consensus comme un principe procédural essentiel et reconnaît que les normes pertinentes à l'échelle mondiale peuvent nécessiter des options justifiées pour des différences légitimes.
https://www.iso.org/sites/directives/current/consolidated/

143. **ISO Glossary - conformity assessment.** Définit l'évaluation de conformité comme le fait de déterminer si quelque chose satisfait à des exigences déclarées et distingue les évaluations de première, deuxième et tierce partie.
https://www.iso.org/glossary.html

Fin de la Partie VI - L'invitation : un réseau mondial de capacités existantes

Annexe A - Les 17 ODD : pertinence, contribution, Evidence et limites

Les 17 Objectifs de développement durable sont utilisés dans ce livre blanc comme une carte de pertinence et d'Evidence. Cela ne signifie pas que HSIMC affirme avoir atteint l'un des Objectifs. Chaque cas public devrait identifier la cible spécifique ou la trajectoire de résultat, la situation de référence, le résultat observé, qui a bénéficié, qui a supporté la charge et ce que le cas ne prouve pas.

A.1 - 1 - Pas de pauvreté

Pertinence initiale : Dépend de l'application

Voie de contribution possible : Revenu net vérifié, résilience ou réduction de la charge liée aux services essentiels pour les participants à faible revenu.

Evidence minimale : Situation de référence du participant, évolution réelle du revenu net/des coûts, distribution des bénéfices et des charges.

Limite : Ne pas déduire un impact sur la pauvreté à partir de la seule création d'emplois ou du chiffre d'affaires général.

A.2 - 2 - Faim « zéro »

Pertinence initiale : Dépend de l'application

Voie de contribution possible : Work dans l'agriculture, la manutention alimentaire, le stockage ou la logistique qui réduit de manière mesurable les pertes ou améliore l'accès.

Evidence minimale : Quantité/qualité de nourriture, taux de perte, temps, coût, bénéficiaire et enregistrements de chaîne d'approvisionnement.

Limite : Un Work non alimentaire n'est pas pertinent simplement parce qu'une ferme est partenaire.

A.3 - 3 - Bonne santé et bien-être

Pertinence initiale : Dépend de l'application / critique pour la sécurité

Voie de contribution possible : Mobilité assistée, réduction de la manutention manuelle dangereuse ou accès aux services.

Evidence minimale : Population définie, dossier de sécurité, données d'incident, résultats de service et supervision humaine.

Limite : Les Evidence cargo ou logistiques ne remplacent jamais les Evidence de sécurité pour le transport de personnes.

A.4 - 4 - Éducation de qualité

Pertinence initiale : Pertinence initiale directe

Voie de contribution possible : Apprentissage de Capacité, tâches d'ingénierie reproductibles, reproduction par une seconde équipe et transfert de compétences.

Evidence minimale : Contenu de formation, Capacité avant/après, réalisation indépendante, temps de reproduction et compétence conservée.

Limite : La présence seule n'est pas une preuve d'apprentissage.

A.5 - 5 - Égalité entre les sexes

Pertinence initiale : Transversale

Voie de contribution possible : Participation, rémunération, droits de décision et charge devraient être visibles par groupes pertinents.

Evidence minimale : Données désagrégées de participation, rémunération, Authority, sécurité et progression lorsque cela est légal et approprié.

Limite : Ne pas supposer qu'une technologie neutre produit des résultats égaux.

A.6 - 6 - Eau propre et assainissement

Pertinence initiale : Dépend de l'application

Voie de contribution possible : Pertinent lorsque matériaux/procédés utilisent de l'eau, produisent des eaux usées ou servent un Work lié à l'eau/assainissement.

Evidence minimale : Entrées d'eau de procédé, voie de rejet, contaminants, traitement et comparaison à la référence.

Limite : Aucune affirmation sur l'eau sans frontière d'analyse définie.

A.7 - 7 - Énergie propre et d'un coût abordable

Pertinence initiale : Dépend de l'application

Voie de contribution possible : Efficacité énergétique, utilisation partagée d'équipements, opération locale alimentée par renouvelables ou énergie moindre par résultat accepté.

Evidence minimale : Énergie mesurée, quantité de sortie, référence, contexte réseau/carburant et énergie des équipements supplémentaires.

Limite : Un petit appareil n'est pas automatiquement efficace énergétiquement au niveau du système.

A.8 - 8 - Travail décent et croissance économique

Pertinence initiale : Pertinence initiale directe

Voie de contribution possible : Contribution rémunérée, travail plus sûr, Capacité accrue, participation des PME et temps productif.

Evidence minimale : Rémunération réelle, temps de travail, heures supplémentaires, sécurité, progression des compétences et revenu/coût incrémental.

Limite : Le temps libéré n'est pas automatiquement une économie salariale ni un résultat de travail décent.

A.9 - 9 - Industrie, innovation et infrastructure

Pertinence initiale : Pertinence initiale directe

Voie de contribution possible : PME et makers locaux se connectent à des interfaces versionnées, outils numériques, hardware Profiles et ingénierie reproductible.

Evidence minimale : Capability Profiles acceptés, résultats de conformité, reproduction sur second site, utilisation et continuité d'activité.

Limite : Un prototype seul ne prouve pas une infrastructure résiliente.

A.10 - 10 - Inégalités réduites

Pertinence initiale : Pertinence initiale directe

Voie de contribution possible : Réduction des barrières liées à la langue, l'appareil, la géographie, la taille de l'entreprise, le handicap ou l'absence d'accès API.

Evidence minimale : Qui participe, qui est exclu, voie d'accès alternative, Authority et distribution des bénéfices.

Limite : Accéder à une page web n'est pas la même chose qu'une participation significative.

A.11 - 11 - Villes et communautés durables

Pertinence initiale : Dépend de l'application

Voie de contribution possible : Réparation locale, mobilité partagée, logistique bâtiment/aéroport/hôtel, réemploi et Work d'accessibilité.

Evidence minimale : Référence locale, effet espace/temps, sécurité, disponibilité du service, impact matériaux et transport.

Limite : Les affirmations à l'échelle d'une ville exigent des Evidence à l'échelle d'une ville.

A.12 - 12 - Consommation et production responsables

Pertinence initiale : Pertinence initiale directe

Voie de contribution possible : Réemploi, réparation, traçabilité des matériaux, rendement mesuré, déchets, prolongation de vie et approvisionnement responsable.

Evidence minimale : Identité du matériau, flux massique, rendement, rebut, durée de vie, réparation, élimination et référence comparative.

Limite : Le réemploi n'est pas automatiquement préférable sur le plan environnemental.

A.13 - 13 - Lutte contre les changements climatiques

Pertinence initiale : Dépend de l'application

Voie de contribution possible : Réduction comparative des GES ou Capacité liée au climat lorsqu'une référence et une frontière définies existent.

Evidence minimale : Méthode comptable reconnue, données d'activité, facteurs d'émission, frontière de cycle de vie et incertitude.

Limite : Les affirmations d'émissions évitées doivent rester distinctes de la comptabilité d'inventaire organisationnelle.

A.14 - 14 - Vie aquatique

Pertinence initiale : Garde-fou / dépend de l'application

Voie de contribution possible : Pertinent lorsque fuite de matériau, eaux usées, emballage ou applications côtières/marines créent une voie plausible.

Evidence minimale : Trajectoire matériau/déchet, rejet, risque de fuite et mesures d'atténuation.

Limite : Ne pas revendiquer un bénéfice marin du seul fait du recyclage.

A.15 - 15 - Vie terrestre

Pertinence initiale : Garde-fou / dépend de l'application

Voie de contribution possible : Pertinent pour l'approvisionnement, l'usage des sols, le Work agricole, les effets sur la biodiversité et l'élimination.

Evidence minimale : Source, contexte sol/écosystème, choix du matériau, effet opérationnel et référence.

Limite : Le réemploi local peut encore déplacer une charge ailleurs.

A.16 - 16 - Paix, justice et institutions efficaces

Pertinence initiale : Pertinence transversale de gouvernance

Voie de contribution possible : Authority transparente, auditabilité, correction, recours, responsabilité des données et décisions responsables.

Evidence minimale : Trace des permissions, litiges, enregistrements d'incident/récupération, accès d'audit et processus de correction.

Limite : La gouvernance d'un projet n'est pas une preuve de réforme institutionnelle à l'échelle nationale.

A.17 - 17 - Partenariats pour la réalisation des objectifs

Pertinence initiale : Pertinence initiale directe

Voie de contribution possible : Interfaces multipartites exécutées qui partagent connaissances, expertise, technologie, Resources et Work mesurable.

Evidence minimale : Rôles nommés, engagements acceptés, résultat livré, valeur/charge, reproductibilité et qualité des données.

Limite : Les logos de partenaires ou MoU seuls ne sont pas une Evidence de partenariat exécuté.

A.18 Règle d'Evidence pour les déclarations ODD

Une déclaration utile de contribution à un ODD devrait contenir **Work, participants, référence, résultat observé, distribution, méthode, niveau d'Evidence, Objectif/cible pertinent et limites.** Si l'un de ces éléments manque, présenter la déclaration comme hypothèse ou évaluation de pertinence plutôt que comme impact vérifié.

A.19 Groupe initial le plus fort

Le groupe initial ayant la relation la plus directe avec le modèle d'exploitation est constitué des ODD 4, 8, 9, 10, 12 et 17. Ils correspondent à l'apprentissage et aux capacités, au travail décent et aux petites entreprises, à la participation industrielle inclusive, à la réduction des barrières, à la production responsable et au partenariat multipartite. Même pour ces Objectifs, les résultats restent spécifiques au Work.

Annexe B - Cadre de mesure ESG

L'ESG dans ce livre blanc est un cadre de mesure opérationnelle, pas un substitut aux ODD ni un score composite unique.

B.1 Cinq registres

Registre de trésorerie

Enregistre le revenu réalisé, les dépenses de trésorerie évitées et vérifiées, les nouvelles dépenses d'exploitation et l'investissement initial. Unité typique : devise. Ne pas confondre valeur prévisionnelle, temps libéré ou paiement interne avec une nouvelle valeur de trésorerie créée.

Registre de Capacité libérée

Enregistre attente, réglage, reprise, débit, temps de personnel rendu disponible et reproduction par une seconde équipe. Unités typiques : minutes, heures, unités et jobs. Le temps libéré devient une économie de trésorerie uniquement lorsqu'un flux de trésorerie change réellement.

Registre de résultat utilisateur/service

Enregistre timing, choix, accès, erreur, perturbation, achèvement, dignité ou commodité lorsque ceux-ci sont des résultats de service définis. Unités typiques : pourcentages, minutes, nombres et mesures d'enquête.

Registre environnement/matériaux

Enregistre entrées/sorties de matériaux, réemploi, rebut, énergie, transport, réparation, durée de vie et élimination. Unités typiques : kg, kWh, km et cycles. Le réemploi de matériaux n'est pas automatiquement un bénéfice environnemental net.

Registre gouvernance/Evidence

Enregistre Authority, garde, acceptation, incident, retry, litige, récupération et provenance. Unités typiques : événements, horodatages et mesures de complétude. Une bonne Evidence de gouvernance ne remplace pas la performance technique.

B.2 Comptabilité de trésorerie et de réseau

Pour le participant *j* pendant une période définie :

Contribution de trésorerie incrémentale(j) = nouveau revenu de trésorerie réalisé + dépense de trésorerie évitée et vérifiée - nouvelle dépense d'exploitation incrémentale.

L'investissement initial doit être présenté séparément. Si l'investissement initial est non nul, un ROI simple sur la période peut être indiqué ainsi :

ROI simple sur la période = (contribution de trésorerie incrémentale cumulée - investissement initial) / investissement initial.

Il ne s'agit pas automatiquement d'un rendement annualisé.

Au niveau du réseau, les paiements internes entre participants inclus doivent être éliminés. Si un hôtel paie 100 HKD à un prestataire local, un participant enregistre -100 et l'autre +100 ; le réseau n'enregistre pas 200 HKD de nouvelle valeur créée.

B.3 Discipline de référence

Toute affirmation comparative devrait préciser l'unité fonctionnelle, la frontière, la référence ou le contrefactuel crédible, la période d'observation, la règle d'allocation et l'incertitude.

B.4 Reporting environnemental

Le travail environnemental au niveau du produit devrait prendre en compte les étapes pertinentes du cycle de vie : matières premières, fabrication, transport, stockage, utilisation, réparation/réemploi lorsque pertinent et élimination. Les affirmations de projet/intervention telles que les émissions évitées doivent rester distinctes de l'inventaire des gaz à effet de serre d'une organisation.

Un projet de réemploi local enregistre donc non seulement le matériau réutilisé, mais aussi le nettoyage, le traitement, les nouvelles fixations/électroniques, le transport, les échecs, la maintenance et la fin de vie.

B.5 Reporting social

Le reporting social devrait rendre visible la distribution. Les questions minimales comprennent qui devait bénéficier, qui a réellement participé, qui n'a pas pu participer et pourquoi, qui a été payé, qui a fourni gratuitement du temps/équipement, si la charge physique ou de planning a été déplacée vers une autre personne, quelle nouvelle Capacité indépendante est restée, et s'il existait une voie alternative pour les personnes ne disposant pas de l'appareil, langue, compte ou compétence technique privilégiés.

B.6 Reporting de gouvernance

L'Evidence de gouvernance devrait montrer qui pouvait autoriser chaque action, qui a accepté le Work, quelle version a été utilisée, ce qui s'est passé lorsque le résultat était incertain, comment l'annulation ou la récupération ont été gérées, et comment un participant pouvait contester ou corriger un enregistrement.

B.7 Gate de changement d'échelle

Ne pas changer d'échelle parce qu'une démonstration semblait impressionnante. Changer d'échelle lorsque le résultat utile marginal continue de dépasser la charge marginale et lorsqu'une seconde équipe ou un second lieu peut reproduire le résultat dans des conditions déclarées.

Annexe C - Contrat commun de capacité

Un Common Capability Contract est la frontière partagée qui permet à différentes équipes de travailler avant que le matériel final soit disponible. Il décrit la fonction, et non une permission illimitée d'utiliser une Resource.

C.Field - `contract_id`

Identifiant stable du contrat de fonction ou du Profile.

C.Field - `function`

Action/résultat lisible par une personne, par exemple `locate_marks`.

C.Field - `input_schema`

Objets d'entrée versionnés, unités, plages autorisées et fichiers requis.

C.Field - `output_schema`

Résultat versionné, champs de qualité, unités, références Evidence et états d'erreur.

C.Field - `resource_target`

HSIMC Resource ou classe cible ; l'instance physique réelle est liée séparément.

C.Field - `execution_mode`

simulation / physical_reference / physical_delivered / operational.

C.Field - `conditions`

Environnement, outillage, étalonnage, matériau et conditions préalables.

C.Field - `authority_required`

Authority minimale requise pour découvrir, lire, réserver, configurer, exécuter, arrêter, accepter ou administrer.

C.Field - `effect_identity`

Digest ou identifiant qui verrouille l'effet physique prévu indépendamment des credentials de courte durée.

C.Field - `operation_id`

Identité stable utilisée pour retry/read-back d'une requête à effet physique.

C.Field - `freshness_requirement`

Âge maximum acceptable des observations utilisées pour autoriser ou planifier l'action.

C.Field - `resource_locking`

Règles de réservation, lease, busy/conflit et libération.

C.Field - `safety_boundary`

Conditions qui doivent rester locales/déterministes et ne peuvent pas être déléguées à un modèle distant.

C.Field - `acceptance`

Mesure, tolérances, Evidence et étape d'acceptation humaine/organisationnelle.

C.Field - `recovery`

Comportement d'arrêt, résultat inconnu, interruption réseau et redémarrage.

C.Field - `version`

Références de versions du contrat, adaptateur, algorithme, hardware/BOM, étalonnage et déploiement.

C.Field - `cost_time`

Champs de temps, matériaux, énergie et coûts monétaires attendus et réels.

C.Field - `rights`

Contraintes de contribution, réutilisation, attribution, confidentialité et retrait.

C.1 Exemple - `locate_marks`

```
{
  "contract_id": "hsimc.locate_marks.v0",
  "function": "locate_marks",
  "input": {"image_ref": "sha256:...", "marker_profile": "marker-profile-v3",
"calibration_ref": null},
  "target": {"resource_id": null, "mode": "simulation"},
  "authority": {"subject": "bound-at-runtime", "scope": ["read_input", "run_observation"]},
  "output": {"coordinate_space": "pixels", "marks": [], "quality": {}, "evidence_refs": []},
  "limits": ["No millimetre conversion without calibration evidence", "Observation only; no
machine motion or laser action"]
}
```

Le même contrat peut fonctionner avec des images fixes, un simulateur cloud, une caméra de référence distante ou un appareil livré. Chaque cible nécessite néanmoins son propre adaptateur et sa propre Evidence.

C.2 Règle de retry et d'effet

Un retry devrait réutiliser l'`operation_id` d'origine lorsque l'effet physique demandé est le même. Si le résultat est inconnu, interroger l'opération d'origine avant de créer un nouvel effet. De nouveaux credentials ou un token rafraîchi ne créent pas, à eux seuls, un nouveau Work physique.

Annexe D - Profiles d'interface physique et de matériaux

D.1 Principe de Profile

Un Profile décrit une Capacité possible dans des conditions déclarées. Une instance physique doit encore être observée et liée avant que le Profile ne devienne une Evidence concernant cet appareil ou ce matériau particulier.

D.2 Material Profile - champs minimaux

Identité

Source, fournisseur/produit lorsqu'ils sont connus, lot, usage antérieur et propriétaire.

État physique

Dimensions, masse, épaisseur, surface, défauts, contamination et humidité.

Composition

Composition déclarée, revêtement, liant, matériau conducteur et inconnues.

Historique de procédé

Découpe, chaleur, laminage, impression, nettoyage et traitement chimique.

Fonction prévue

Montage, couche de carte, emballage, substrat d'antenne, échantillon non structurel ou autre fonction déclarée.

Tests et limites

Dimension, résistance, adhérence, abrasion, réponse RF, durabilité et autres tests pertinents ; enregistrer explicitement les conditions de charge, feu, hygiène, électrique, environnementale ou réglementaire non vérifiées.

Evidence

Photos, mesures, rapport d'essai, opérateur, horodatage et version.

D.3 Functional-surface Profile

Pour les surfaces imprimées, brodées, en feuille ou conductrices, enregistrer la géométrie, le type de ligne/fil/matériau, les paramètres de procédé, le substrat, le collage/durcissement, la résistance mesurée ou autre propriété fonctionnelle, la méthode de connexion, l'image d'inspection et la limite d'acceptation.

D.4 Hardware/adapter Profile

Pour caméras, lecteurs NFC, lecteurs UHF RFID, modules UWB, interfaces machines et contrôleurs de mouvement, enregistrer le modèle/BOM/révision exacts, connecteur et affectation des broches, standard électrique et niveaux de tension, dépendances driver/OS/Runtime, protocole de communication et timing, budget de puissance et comportement de pointe, étalonnage/système de coordonnées le cas échéant, comportement en cas de panne/timeout/récupération, concurrence/conflits de Resource testés et niveau d'Evidence.

D.5 Frontière de conception de référence T736

La base documentaire actuelle décrit un module cœur HelperT736C d'environ 60 x 40 x 3,0 mm et une carte porteuse de référence sensiblement plus grande. L'empreinte au format carte de crédit reste un objectif de conception, et non un produit intégré prouvé. Une porteuse commune minimale proposée conserve alimentation, recovery/USB0, accès de service UART0, une voie réseau sélectionnée, USB Host alimenté et extension série allouée intentionnellement. Les connecteurs exacts, rails d'alimentation, alimentation USB, multiplexage des interfaces, conception thermique et configuration device-tree restent des travaux d'ingénierie propres à chaque configuration.

D.6 Les noms d'interface ne sont pas des garanties électriques

Le niveau logique UART n'est pas RS-232 et n'est pas RS-485. Un connecteur ressemblant physiquement à miniPCIe ne prouve pas une signalisation PCIe. Un connecteur caméra ne prouve pas compatibilité driver, format, timing ou étalonnage. Le Profile doit enregistrer le contrat électrique et logiciel réel.

Annexe E - Feuille de route d'ingénierie de référence et d'acceptation

E.1 - 0. Définition du problème et du Work

Question à laquelle on répond : Demande, Authority, acceptation, référence et parties responsables sont explicites.

Evidence minimale : Brief de Work versionné.

E.2 - 1. Documenté

Question à laquelle on répond : Les documents sources supportent une Capacité possible.

Evidence minimale : Hash du document, Profile, conflits/inconnues.

E.3 - 2. Simulé

Question à laquelle on répond : Le contrat fonctionne dans un simulateur contrôlé sans effet physique.

Evidence minimale : Vecteurs de test, reçus et erreurs déterministes.

E.4 - 3. Simulé à distance

Question à laquelle on répond : Un client distant atteint le simulateur via la route prévue.

Evidence minimale : Route, client, protocole/Runtime et reçus distants.

E.5 - 4. Référence physique

Question à laquelle on répond : Un appareil physique de référence lié effectue des observations/actions réelles limitées dans des conditions contrôlées.

Evidence minimale : Physical Resource ID, BOM/OS/driver, résultats de test et Evidence d'arrêt/récupération.

E.6 - 5. Gel de configuration

Question à laquelle on répond : Hardware, image/Runtime, adaptateurs, contrats et test pack sont figés pour l'expédition.

Evidence minimale : Manifest de gel et procédure de récupération.

E.7 - 6. Livré physiquement

Question à laquelle on répond : L'instance livrée est liée et reproduit l'acceptation à destination.

Evidence minimale : Identité livrée, installation, test local et remise.

E.8 - 7. Opérationnel

Question à laquelle on répond : Le système réalise du Work réel sur une période définie avec enregistrements d'incidents et de valeur.

Evidence minimale : Journal opérationnel, résultats, coût/valeur, maintenance et incidents.

E.9 - 8. Reproduit indépendamment

Question à laquelle on répond : Une seconde équipe/un second lieu reproduit la fonction convenue.

Evidence minimale : Temps de reproduction, écarts, nombre de clarifications et Evidence comparative.

E.10 Gel de configuration

Un gel n'est pas simplement un nom de fichier. Il devrait lier au minimum révision hardware/BOM, image ou OS, Runtime, ensemble de drivers, versions d'adaptateurs, contrats de Capacité, version applicative, étalonnage, test pack, limites connues, méthode de récupération et hashes Evidence.

E.11 Règle d'expédition

Expédier après que la configuration de référence a passé l'acceptation pré-expédition prévue. L'expédition ne transforme pas l'identité de référence en identité livrée. L'unité livrée reçoit sa propre identité Resource et son enregistrement de liaison locale.

E.12 Opération locale

Lorsque le cas d'usage nécessite une continuité locale, l'opération de base et l'arrêt/récupération sûrs ne devraient pas dépendre d'une session cloud maintenue ouverte en permanence. Les services cloud peuvent coordonner, mettre à jour et collecter des Evidence sans devenir un point de contrôle unique invisible pour chaque comportement physique temps réel.

E.13 Reproduction sur second site

Le second site retourne non seulement réussite/échec, mais aussi temps de reproduction, substitutions, différences environnementales, hypothèses cachées, questions posées, tentatives échouées et Evidence finale. Ces résultats alimentent le prochain Profile partagé.

Annexe F - Registre d'Evidence et notes de sources

F.1 Registre interne d'Evidence

H0-001 / 2026-11-11 - Cross-Project Hand Off

Classe d'Evidence : Handoff documenté

Frontière : Consolide décisions/Evidence antérieures ; n'a pas re-probé le T736 physique ni déployé firmware/appareil.

C0-005 / 2026-11-09 - T736 hardware standardization baseline

Classe d'Evidence : Documenté

Frontière : Revue des documents fournisseur, cartographie pins/interfaces et conflits ; aucune nouvelle mesure sur banc.

C0-006 / 2026-11-09 - Remote engineering plan

Classe d'Evidence : Architecture planifiée

Frontière : simulation cloud -> carte de référence distante -> gel -> expédition -> liaison/acceptation locale.

C0-007 / 2026-11-10 - Source-verified simulator

Classe d'Evidence : Simulé

Frontière : Source du simulateur et reçus ; les cibles physiques retournent unbound ; ne prouve pas le hardware.

C0-008 / 2026-11-10 - Recorded Azure remote simulation

Classe d'Evidence : Simulé à distance

Frontière : 14/14 vérifications de simulation distante enregistrées ; le vrai 736 était inaccessible dans cet enregistrement.

W0-003 / P1 - Invitation Card + One-Page Brief

Classe d'Evidence : Publication numérique

Frontière : Publication numérique/vérifications QR terminées ; impression physique/read-back NFC différés.

W0-004 / P2 - Executive Summary

Classe d'Evidence : Publication numérique

Frontière : Executive Summary anglais HTML/PDF publié et vérifié.

W0-005 / P3-A - Part I

Classe d'Evidence : Publication numérique

Frontière : Partie I anglaise publiée et vérifiée.

W0-006 / P3-B - Part II

Classe d'Evidence : Publication numérique / référence publique connue actuelle

Frontière : Partie II anglaise publiée et vérifiée.

W0-007 / P3-C - Part III

Classe d'Evidence : Généré et archivé

Frontière : Package de publication numérique préparé ; déploiement distant différé.

W0-008 / P3-D - Part IV

Classe d'Evidence : Généré et archivé

Frontière : Package de publication numérique préparé ; déploiement distant différé.

W0-009 / P3-E - Part V

Classe d'Evidence : Généré et archivé

Frontière : Package de publication numérique préparé ; déploiement distant différé.

W0-010 / P3-F - Part VI

Classe d'Evidence : Généré et archivé

Frontière : Package de publication numérique préparé ; déploiement distant différé.

W0-011 / P4 - English Master Consolidation

Classe d'Evidence : Master généré

Frontière : Consolide Parties I-VI, front matter, Annexes A-H, glossaire, registres de sources et de versions.

F.2 Labels d'Evidence

- **Proposé** - conception, architecture, trajectoire ou affirmation à tester.
- **Documenté** - supporté par une documentation source, pas nécessairement par l'instance physique.
- **Simulé** - testé dans un simulateur ou environnement synthétique contrôlé.
- **Simulé à distance** - testé via la route distante prévue, toujours sans acceptation d'une cible physique.
- **Référence physique** - vérifié sur une instance physique de référence précisément identifiée.
- **Livré physiquement** - vérifié sur l'instance livrée à destination.
- **Opérationnel** - observé pendant du Work réel sur une période définie.
- **Reproduit indépendamment** - reproduit par une seconde équipe ou un second lieu en utilisant la frontière publiée.

F.3 Observation versus reçu

Un reçu d'opération est une Evidence concernant une opération spécifique. Une observation récente est une Evidence concernant un état actuel ou récent. L'objet Evidence devrait porter l'heure d'observation, l'heure de réception, la source, la méthode, la version et la limite de fraîcheur afin qu'un reçu historique ne soit pas silencieusement traité comme état courant.

F.4 Hiérarchie des sources

Lorsque les Evidence sont en conflit, préserver le conflit au lieu de le réconcilier silencieusement. Une hiérarchie pratique est : mesure physique actuelle de l'instance liée ; données fabricant/BOM spécifiques actuelles ; documentation d'ingénierie versionnée ; comportement du simulateur ; proposition de conception. Différentes sources peuvent répondre à différentes questions et ne devraient donc pas être forcées en une valeur unique sans explication.

Annexe G - Guide de participation

Un participant peut commencer avec une tâche réelle ou une Capacité réelle. Une plateforme complète n'est pas requise.

G.1 Cinq façons de participer

144. **Apporter une tâche réelle** - un résultat dont quelqu'un a réellement besoin et qu'il peut accepter.
145. **Apporter une Capacité locale** - matériau, machine, espace, personne, stockage, transport ou service.
146. **Apporter une fonction d'ingénierie ou de modèle** - logiciel, modèle, conception, simulation, adaptateur, traduction ou analyse.
147. **Acheter ou financer un résultat utile** - financer un Work avec une condition d'acceptation définie.
148. **Reproduire et examiner** - reproduire, tester, challenger ou améliorer indépendamment un résultat de référence.

G.2 Capability Note minimale

Une Capability Note peut être rédigée sans API :

Capability : *Que pouvez-vous faire ?*
Location : *Où cela peut-il se produire ?*
Availability : *Quand ou en quelle quantité est-ce disponible ?*
Responsible party : *Qui peut accepter le Work ?*
Conditions : *Quels intrants, outils ou limites s'appliquent ?*
Evidence : *Qu'est-ce qui prouvera l'achèvement ?*
Cost/time : *Que nécessite un résultat accepté ?*
Rights : *Quelles conditions d'usage, réutilisation, confidentialité ou attribution s'appliquent ?*

G.3 Premier Work

Le premier Work devrait être volontairement petit. Il devrait rendre une interface réelle et produire une Evidence suffisamment solide pour qu'une autre équipe comprenne le résultat. Éviter de sélectionner le cas d'usage autonome le plus spectaculaire simplement parce qu'il produit la meilleure démonstration.

G.4 Modèle 30 / 60 / 90 jours

Jours 1-30 : définir un Work, une référence, l'Authority, le contrat et le premier résultat accepté.

Jours 31-60 : reproduire avec une seconde équipe, un autre appareil, maker ou lieu ; enregistrer différences et hypothèses cachées.

Jours 61-90 : décider s'il faut changer d'échelle, standardiser, modifier l'interface, maintenir la Capacité locale ou arrêter.

Un réseau capable d'arrêter les idées faibles est plus crédible qu'un réseau qui transforme chaque pilote en success story.

G.5 Contribution et valeur

La contribution peut être un service payé, un travail sponsorisé, un équipement en nature, une contribution de recherche ou un autre arrangement explicitement convenu. Une contribution non rémunérée devrait être visible plutôt que déguisée en capacité gratuite. PI, réutilisation, attribution et confidentialité suivent le Work et l'accord de contribution spécifiques.

Annexe H - Règles éditoriales multilingues

Le master anglais W0-011 est la source de traduction pour la couche linguistique suivante.

H.1 Structure stable

- Maintenir la numérotation des Parties, Chapitres, sections et annexes alignée avec le master anglais.
- Conserver inchangés les IDs stables, identités Runtime, Card IDs, Resource IDs, hashes de fichiers et numéros de version.
- Traduire les labels descriptifs ; ne pas traduire les identifiants utilisés pour l'adressage technique.

H.2 Les mots d'Evidence sont un vocabulaire contrôlé

Les labels d'Evidence **Proposé, Documenté, Simulé, Simulé à distance, Référence physique, Livré physiquement, Opérationnel, Reproduit indépendamment** doivent utiliser un glossaire maintenu dans chaque langue. La traduction ne doit ni renforcer ni affaiblir le statut d'Evidence.

H.3 Noms propres et normes

Préserver les noms officiels des organisations en anglais à la première occurrence lorsque l'usage local pourrait introduire une ambiguïté. ISO, MCP, OpenAI, numéros ODD, noms de produits/modèles et raisons sociales doivent être vérifiés par rapport à l'usage local faisant autorité avant publication.

H.4 Nombres et unités

Nombres, dates, unités, tolérances, formules et identifiants de version doivent rester équivalents au master anglais. Localiser ponctuation et typographie uniquement lorsque cela ne change pas le sens technique.

H.5 Chinois

Le jeu des langues officielles de l'ONU comprend le chinois. Le chinois simplifié peut servir de première traduction chinoise pour le public d'ingénierie et de fabrication de Chine continentale ; le chinois traditionnel peut être maintenu comme variante écrite régionale pour Hong Kong et d'autres marchés. Les deux doivent pointer vers la même révision du master anglais.

H.6 Arabe et RTL

L'arabe nécessite des tests de mise en page droite-à-gauche. URLs, code, formules, numéros de modèles et identifiants restent gauche-à-droite lorsque approprié. Réaliser une courte épreuve RTL avant de traduire le livre entier.

H.7 Citations de sources

Une édition traduite devrait citer la même source sous-jacente, et non une copie traduite automatiquement de la source, sauf s'il existe une source officielle traduite. La traduction peut ajouter un lien officiel dans la langue locale tout en préservant l'identité de référence d'origine.

H.8 Contrôle des changements

Lorsque le master anglais change, créer une liste delta de traduction : IDs de sections modifiées, changements factuels, changements de statut d'Evidence, sources ajoutées/supprimées et changements terminologiques. Ne pas patcher silencieusement six langues de façon indépendante.

Glossaire

Authority

Permission et responsabilité au niveau métier définissant ce qu'une personne ou organisation peut découvrir, lire, contribuer, réserver, configurer, exécuter, arrêter, accepter, libérer ou administrer.

Capability

Fonction délimitée pouvant produire un résultat défini dans des conditions déclarées.

Capability Note

Description légère et lisible par une personne de ce qui peut être fourni, où, quand, par qui, dans quelles conditions et avec quelle Evidence.

Capability Profile

Description versionnée, plus formelle, d'une Capability incluant entrées, sorties, interfaces, conditions et Evidence.

Common Capability Contract

Frontière technique/métier partagée utilisée par différentes implémentations pour livrer la même fonction.

Conformance

Evidence qu'une implémentation satisfait un Profile ou une spécification définis dans les conditions de test déclarées.

Custody

Responsabilité de possession/manutention d'un objet physique pendant un intervalle ou une remise définis.

Evidence

Enregistrement versionné de ce qui a été observé, testé, livré, accepté, rejeté ou récupéré.

Evidence boundary

Limite explicite de ce qu'une Evidence prouve et de ce qu'elle ne prouve pas.

Fresh observation

Observation d'état dont l'âge et la source satisfont l'exigence de fraîcheur du Work.

HSIMC Resource

Objet réel ou métier tel qu'une personne, un lieu, une machine, un matériau, une position d'inventaire, un service ou une Capacité.

MCP resource

Dans la terminologie Model Context Protocol, données/contexte exposés par un serveur pour lecture par un client ; distinct d'un objet HSIMC Resource.

MCP tool

Opération appelable exposée par un serveur MCP.

M-Person

Concept de participation HSIMC pour une personne représentée avec identité/relations explicites et Authority spécifique au Work ; ne signifie pas qu'une représentation numérique remplace la personne.

M-Team

Combinaison spécifique à un Work de personnes, modèles, tools logiciels et capacités locales avec responsabilité explicite.

Operation

Requête ou action dotée d'une identité stable, particulièrement importante lorsque des effets secondaires physiques sont possibles.

Operation receipt

Evidence concernant une opération spécifique ; pas automatiquement une Evidence de l'état actuel.

Physical delivered

Classe d'Evidence pour une instance physique livrée qui a été liée et acceptée à destination.

Physical reference

Classe d'Evidence pour une instance physique de référence spécifiquement identifiée et testée dans des conditions contrôlées.

Profile

Description versionnée d'une Capacité/de conditions ; ne prouve pas, à elle seule, que chaque instance satisfait actuellement le Profile.

Reference result

Résultat et pack d'Evidence utilisés comme base reproductible de comparaison ; pas une norme en soi.

Resource

Mot générique utilisé selon le contexte ; le document distingue HSIMC Resource de MCP resource.

Runtime

Identité/configuration d'exécution déployée utilisée par les projets HSIMC ; une identité Runtime n'est pas, à elle seule, une Authority de contrôle d'un appareil.

Stateless protocol

Comportement de protocole dans lequel chaque requête transporte le contexte requis pour son traitement au lieu de dépendre d'un état caché de session de transport.

Work

Unité acceptée spécifique reliant demande, parties responsables, Resource, conditions, Authority, exécution, acceptation et Evidence de valeur.

Work contract

Accord/enregistrement versionné définissant les entrées, sorties, conditions, rôles, acceptation et récupération d'un Work.

Bibliographie et registre des sources

Le registre des sources identifie les documents externes utilisés pour le contexte factuel. Les architectures HSIMC, structures de Work, contrats de Capacité, modèles de participation et parcours applicatifs proposés sont des propositions HSIMC sauf lorsqu'une source décrit explicitement une implémentation externe existante.

S01 - OpenAI: Accelerating engineering for the physical world

Date/statut : 2026-11-03

URL : https://openai.com/index/accelerating-engineering-for-the-physical-world/

Rôle dans ce livre blanc : Contexte ingénierie/monde physique et invitation à la collaboration.

S02 - Model Context Protocol: The 2026-07-28 Specification

Date/statut : 2026-07-28

URL : https://blog.modelcontextprotocol.io/posts/2026-07-28/

Rôle dans ce livre blanc : Noyau sans état, routage, MRTR, extensions, durcissement de l'autorisation et contexte de dépréciation.

S03 - Model Context Protocol: 2026-07-28 Specification

Date/statut : 2026-07-28

URL : https://modelcontextprotocol.io/specification/2026-07-28/

Rôle dans ce livre blanc : Famille de spécification normative utilisée pour la terminologie du protocole.

S04 - Model Context Protocol: 2026-07-28 Release Candidate

Date/statut : 2026-05-21

URL : https://blog.modelcontextprotocol.io/posts/2026-07-28-release-candidate/

Rôle dans ce livre blanc : Contexte de migration/déploiement pour la révision majeure du protocole.

S05 - United Nations DESA: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development

Date/statut : 2015

URL : https://sdgs.un.org/2030agenda

Rôle dans ce livre blanc : 17 ODD, cadrage intégré/indivisible, engagement LNOB et langage de l'Objectif 17.

S06 - UN Sustainable Development Group: Leave No One Behind

Date/statut : guidance actuelle

URL : https://unsdg.un.org/2030-agenda/universal-values/leave-no-one-behind

Rôle dans ce livre blanc : Participation significative, Evidence, désagrégation, transparence, vie privée et responsabilité.

S07 - United Nations DESA: Goal 17

Date/statut : actuel

URL : https://sdgs.un.org/goals/goal17

Rôle dans ce livre blanc : Partenariat, coopération scientifique/technologique, partenariat multipartite et objectifs liés aux données.

S08 - United Nations DESA: Multi-stakeholder partnerships

Date/statut : actuel

URL : https://sdgs.un.org/topics/multi-stakeholder-partnerships

Rôle dans ce livre blanc : Cadrage des partenariats autour du partage de connaissances, expertise, technologie et Resources.

S09 - ISO: ISO/IEC 7810 Identification cards - Physical characteristics

Date/statut : référence normative

URL : https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:7810:ed-3:v1:en

Rôle dans ce livre blanc : Référence plane nominale ID-1 85,60 x 53,98 mm ; la norme complète comporte des exigences physiques plus larges.

S10 - ISO: Developing standards

Date/statut : actuel

URL : https://www.iso.org/developing-standards.html

Rôle dans ce livre blanc : Besoin marché, développement experts/multipartite et processus de consensus.

S11 - ISO/IEC: ISO/IEC Directives - consolidated

Date/statut : actuel

URL : https://www.iso.org/sites/directives/current/consolidated/

Rôle dans ce livre blanc : Procédure formelle de développement de normes et cadre de consensus.

S12 - European Commission: Construction and demolition waste

Date/statut : actuel

URL : https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en

Rôle dans ce livre blanc : Composition, échelle, valeur ressource, tri et contexte des matières dangereuses.

S13 - University of Manchester research: e-Textile Embroidered Wearable Near Field Communication RFID Antennas

Date/statut : article de recherche

URL : https://research.manchester.ac.uk/files/76660584/e_Textile_Embroidered_Wearable_Near_Field_Communication_RFID_Antennas.pdf

Rôle dans ce livre blanc : Broderie de fil conducteur, techniques de fabrication, résistance et adaptation NFC.

S14 - MDPI: Wearable/embroidered antenna research cited in Part II

Date/statut : article de recherche

URL : https://www.mdpi.com/2224-2708/4/4/371

Rôle dans ce livre blanc : Exemple de fonctionnalité RF textile décorative/brodée.

S15 - MDPI: Printed electronics manufacturing review cited in Part II

Date/statut : revue de recherche

URL : https://www.mdpi.com/2504-4494/5/3/89

Rôle dans ce livre blanc : Contexte encre, substrat, procédé et répétabilité pour l'électronique imprimée.

S16 - MDPI: Functional/printed materials research cited in Part II

Date/statut : article de recherche

URL : https://www.mdpi.com/2673-3978/6/2/7

Rôle dans ce livre blanc : Contexte supplémentaire matériaux/procédés utilisé dans la Partie II.

S17 - GHG Protocol: Product Standard

Date/statut : actuel

URL : https://ghgprotocol.org/product-standard

Rôle dans ce livre blanc : Émissions de cycle de vie produit : matières premières, fabrication, transport, stockage, utilisation et élimination.

S18 - GHG Protocol: Inventory and Project Accounting: A Comparative Review

Date/statut : actuel

URL : https://ghgprotocol.org/blog/inventory-and-project-accounting

Rôle dans ce livre blanc : Distinction entre inventaire organisationnel et comptabilité projet/intervention.

S19 - GHG Protocol: Estimating and Reporting Avoided Emissions

Date/statut : actuel

URL : https://ghgprotocol.org/estimating-and-reporting-avoided-emissions

Rôle dans ce livre blanc : Divulgation prudente des affirmations comparatives/d'émissions évitées.

S20 - IATA: 2026 Global Passenger Survey

Date/statut : 2026-10-28

URL : https://www.iata.org/en/pressroom/2026-releases/10-28-iata-2026-global-passenger-survey-travelers-biometrics-ai-entry-requirements/

Rôle dans ce livre blanc : 49 % d'utilisation mondiale déclarée de l'IA pour la planification des voyages et périmètre de l'enquête.

S21 - Hong Kong International Airport: Baggage Pick-up and Delivery

Date/statut : actuel

URL : https://www.hongkongairport.com/en/passenger-guide/airport-facilities-services/baggage-pick-up-and-delivery

Rôle dans ce livre blanc : Contexte existant de livraison payante des bagages entre aéroport et hôtel/domicile/centre-ville.

S22 - Hong Kong International Airport: MyTAG

Date/statut : actuel

URL : https://www.hongkongairport.com/iwov-resources/html/MyTag/en/mytagseries.html

Rôle dans ce livre blanc : Contexte de notification bagages liée à RFID/QR utilisé dans la Partie V.

S23 - Hong Kong International Airport: About Us / smart airport history

Date/statut : actuel

URL : https://www.hongkongairport.com/en/about-us/?section=our-history

Rôle dans ce livre blanc : Contexte technologie aéroport/suivi des chariots référencé en Partie V.

S24 - Model Context Protocol TypeScript SDK: Support/migration for 2026-07-28

Date/statut : actuel

URL : https://ts.sdk.modelcontextprotocol.io/v2/migration/support-2026-07-28

Rôle dans ce livre blanc : Contexte migration/support SDK cité dans la Partie III.

S25 - ISO: Glossary

Date/statut : actuel

URL : https://www.iso.org/glossary.html

Rôle dans ce livre blanc : Contexte de vocabulaire des normes cité dans la Partie VI.

Ensemble de sources internes du projet

Le master anglais s'appuie également sur les enregistrements internes du projet HSIMC, en particulier H0-001 et la chaîne d'Evidence C0-005 à C0-008, ainsi que les versions de publication W0-001 à W0-010. Ils sont enregistrés dans l'Annexe F et le Registre des versions et de l'Evidence.

Registre des versions et de l'Evidence

Versions de publication

W0-001 - Editorial master / TOC

Date : 11 Nov 2026

Statut : Planification

Périmètre : Architecture anglaise pour six Parties, 18 Chapitres et Annexes.

W0-002 - Publication production plan

Date : 11 Nov 2026

Statut : Planification

Périmètre : Quatre profondeurs de lecture, HTML/PDF, QR/NFC et séquence de langues.

W0-003 - P1 - Invitation Card + One-Page Brief

Date : 11 Nov 2026

Statut : Publié numériquement

Périmètre : Carte et brief ; impression physique/read-back NFC différés.

W0-004 - P2 - Executive Summary

Date : 11 Nov 2026

Statut : Publié numériquement

Périmètre : Executive Summary anglais HTML/PDF.

W0-005 - P3-A - Part I

Date : 11 Nov 2026

Statut : Publié numériquement

Périmètre : Chapitres 1-3.

W0-006 - P3-B - Part II

Date : 11 Nov 2026

Statut : Publié numériquement ; référence publique connue actuelle

Périmètre : Chapitres 4-6.

W0-007 - P3-C - Part III

Date : 11 Nov 2026

Statut : Généré/archivé ; déploiement différé

Périmètre : Chapitres 7-9.

W0-008 - P3-D - Part IV

Date : 11 Nov 2026

Statut : Généré/archivé ; déploiement différé

Périmètre : Chapitres 10-12.

W0-009 - P3-E - Part V

Date : 12 Nov 2026

Statut : Généré/archivé ; déploiement différé

Périmètre : Chapitres 13-15.

W0-010 - P3-F - Part VI

Date : 12 Nov 2026

Statut : Généré/archivé ; déploiement différé

Périmètre : Chapitres 16-18.

W0-011 - P4 - English Master Consolidation

Date : 12 Nov 2026

Statut : Master généré ; déploiement différé

Périmètre : Front matter, Parties I-VI, Annexes A-H, glossaire, bibliographie et registres.

Frontière actuelle d'Evidence d'ingénierie reprise dans W0-011

- **C0-005 :** base hardware documentaire ; aucune nouvelle mesure sur banc n'est sous-entendue.
- **C0-007 :** simulateur dont la source est vérifiée ; les cibles physiques restent non liées sauf vérification séparée.
- **C0-008 :** enregistrement de 14/14 vérifications de simulation distante Azure du 10 novembre 2026 ; ce n'est pas un enregistrement d'acceptation de carte physique.
- **H0-001 :** handoff cross-project ; n'a pas re-probé le T736 physique et n'a pas converti un objectif de conception en produit livré.
- **Hardware au format carte de crédit :** reste un objectif de conception ; les dimensions planes standard ID-1 sont utilisées comme référence de départ partagée.

Statut de déploiement

Au moment de cette consolidation P4, la référence connue du site public du livre blanc est W0-006 (Parties I-II). W0-007 à W0-010 ont été générées et archivées avec déploiement distant volontairement différé. W0-011 est préparé afin qu'un futur déploiement contrôlé puisse passer de la référence publique W0-006 vérifiée au master anglais consolidé après une revue unifiée.

Base de traduction

Les futurs travaux dans les six langues officielles des Nations Unies devraient utiliser W0-011 comme révision source anglaise sauf si un master anglais ultérieur est explicitement figé. Le statut de traduction doit être maintenu indépendamment du statut de déploiement.

Colophon

Titre : De la pierre et du fil à l'intelligence partagée

Sous-titre : Un point de départ au format carte de crédit pour la fabrication locale et la participation mondiale

Auteur : Benny (Yan) Liao - Founder, HSIMC

Master anglais : W0-011

Master français : W0-013

Date : 12 novembre 2026

Éditeur/initiative : HSIMC

Principes de travail : Autorité humaine · Capacité locale · Participation mondiale

Déclaration de mission : Ne laisser personne de côté dans l'ère physique de GenAI

Ce master est conçu pour HTML numérique, PDF A4, future mise en page livre et éditions dérivées multilingues. L'impression physique et l'écriture/read-back NFC sont des étapes de production distinctes de la publication numérique.