

Piloter l'adoption de la Collaborative Development Method : proposition d'un modèle de maturité fondé sur la collaboration, l'apprentissage et le leadership

Governing the Adoption of the Collaborative Development Method: A Maturity Model Based on Collaboration, Learning, and Leadership.

Auteur 1 : MAKKASS Maha,

Auteur 2 : LAGHOUAOUTA Younes,

Auteur 3 : ANWAR Adil,

Maha MAKKASS, (<https://orcid.org/0009-0005-3750-9622>, Doctorante et IT Manager)
SIWEB, Siweb, EMI, Mohammed V University in Rabat, Rabat, Morocco

Youness LAGHOUAOUTA, (Enseignant-chercheur)
National Institute of Posts and Telecommunications (INPT), Rabat, Morocco

Adil ANWAR, (Professeur)
SIWEB, École Mohammadia d'Ingénieurs, Université Mohammed V de Rabat, Maroc

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : MAKKASS .M, LAGHOUAOUTA .Y & ANWAR .A (2026) « Piloter l'adoption de la Collaborative Development Method : proposition d'un modèle de maturité fondé sur la collaboration, l'apprentissage et le leadership », African Scientific Journal « Volume 03, Num 37 » pp: 1789 – 1817.



DOI : 10.5281/zenodo.21992755
Copyright © 2026 – ASJ



Résumé

L'adoption durable d'une méthode agile constitue autant un enjeu de management qu'un enjeu de développement logiciel. Elle exige des organisations qu'elles coordonnent les parties prenantes, rendent les incertitudes des exigences visibles, soutiennent la prise de décision et créent les conditions d'un apprentissage collectif. L'objectif de cette recherche est de concevoir un modèle permettant d'évaluer et de piloter l'adoption de la Collaborative Development Method (CDM) dans les projets logiciels agiles. L'approche méthodologique relève de la science de la conception (Design Science Research) et combine la dérivation théorique des capacités de CDM, leur opérationnalisation sous forme d'indicateurs et une démonstration analytique du fonctionnement de l'artefact. À ce stade de la recherche, aucun échantillon empirique n'est mobilisé : le modèle est démontré à partir d'un scénario fictif marocain et sa validation auprès d'experts et d'équipes réelles constitue l'étape suivante du programme de recherche. Le CDM Maturity Model (CDM-MM) obtenu articule six dimensions complémentaires, cinq niveaux de progression et trente indicateurs observables. Son protocole combine une cotation fondée sur des preuves, un profil multidimensionnel, une règle limitant les compensations entre capacités et un cycle d'amélioration continue. Les résultats de la démonstration montrent que le modèle permet d'identifier les capacités limitantes et de transformer le diagnostic en une feuille de route managériale vérifiable. En conclusion, CDM-MM fournit un cadre structuré pour piloter l'adoption de CDM en reliant valeur, incertitude, collaboration, preuve, décision et adaptation, tout en nécessitant une validation empirique ultérieure.

Mots clés : Collaborative Development Method ; modèle de maturité ; développement logiciel agile ; leadership agile ; collaboration ; incertitude des exigences ; CollaborAgile.

Abstract

The sustainable adoption of an agile method is as much a management challenge as a software development challenge. It requires organizations to coordinate stakeholders, make requirements uncertainty visible, support decision-making, and create the conditions for collective learning. The objective of this research is to design a model for assessing and steering the adoption of the Collaborative Development Method (CDM) in agile software projects. The methodological approach follows Design Science Research and combines the theoretical derivation of CDM capabilities, their operationalization into indicators, and an analytical demonstration of the artifact. At this stage of the research, no empirical sample is used: the model is demonstrated through a hypothetical Moroccan scenario, while validation with experts and real-world agile teams constitutes a subsequent stage of the research program. The resulting CDM Maturity Model (CDM-MM) integrates six complementary dimensions, five maturity levels, and thirty observable indicators. Its assessment protocol combines evidence-based scoring, a multidimensional maturity profile, a rule limiting compensation across capabilities, and a continuous improvement cycle. The analytical demonstration illustrates how the model can identify limiting capabilities and translate the resulting diagnosis into a verifiable managerial improvement roadmap. In conclusion, CDM-MM provides a structured framework for steering CDM adoption by connecting value, uncertainty, collaboration, evidence, decision-making, and adaptation, while requiring subsequent empirical validation.

Keywords: Collaborative Development Method; maturity model; agile software development; agile leadership; collaboration; requirements uncertainty; CollaborAgile.

1. Introduction

Les méthodes agiles ont déplacé l'attention des plans détaillés vers des cycles courts, une interaction fréquente et une adaptation continue (Beck et al., 2001 ; Schwaber & Sutherland, 2020). Cette évolution a amélioré la capacité des équipes à répondre au changement, mais elle n'a pas supprimé les difficultés liées aux exigences ambiguës, à l'accès irrégulier aux parties prenantes, aux décisions mal documentées ou à la coordination de compétences spécialisées (Dybå & Dingsøyr, 2008 ; Inayat et al., 2015). Lorsque ces difficultés persistent, l'organisation peut afficher les signes visibles de l'agilité tout en apprenant lentement et en accumulant des hypothèses non vérifiées.

La Collaborative Development Method (CDM) a été proposée pour traiter cette tension. Elle organise le travail autour d'une unité de valeur, associe une formalisation légère au moyen du langage CollaborAgile, rend l'incertitude et les décisions traçables, impose une preuve précoce suffisante et mobilise un leadership qui facilite la participation et l'élimination des obstacles (Makkass et al., 2025a). Une étude consacrée au leadership agile a également montré l'importance de l'environnement managérial et de la motivation pour le fonctionnement des équipes de développement (Makkass et al., 2025b). CDM ne doit donc pas être comprise comme une liste de pratiques indépendantes, mais comme une configuration cohérente de mécanismes techniques, collaboratifs et managériaux.

Cette cohérence pose un problème d'adoption, particulièrement visible lorsque l'agilité s'étend à l'échelle organisationnelle (Dikert et al., 2016). Une organisation peut, par exemple, utiliser CollaborAgile sans organiser de véritable enquête sur l'incertitude ; limiter le travail en cours sans sécuriser l'accès aux décideurs ; ou multiplier les prototypes sans relier les résultats aux exigences et aux décisions. Un indicateur binaire — CDM est utilisée ou ne l'est pas — ne permet pas de représenter ces situations. Il faut un dispositif capable de distinguer l'usage ponctuel, la capacité stabilisée et l'apprentissage organisationnel.

Les modèles de maturité répondent à ce besoin en décrivant des capacités observables et une progression possible. Leur intérêt est double : établir un diagnostic partagé et guider l'amélioration. Leur usage comporte cependant un risque de rigidité. Dans un environnement agile, la maturité ne devrait pas récompenser l'accumulation de procédures ; elle devrait refléter une meilleure capacité à transformer une intention incertaine en décision justifiée, puis en adaptation. Les recherches sur les modèles de maturité agile soulignent d'ailleurs le manque fréquent de validation et la tension entre standardisation et agilité (Henriques & Tanner, 2017).

L'objectif de cet article est de proposer un modèle de maturité propre à CDM, utilisable comme cadre de diagnostic et de pilotage. Trois questions structurent la recherche : (RQ1) quelles capacités observables caractérisent une adoption cohérente de CDM ? (RQ2) comment organiser leur progression sans réduire la maturité à une conformité procédurale ? (RQ3) comment évaluer ces capacités et construire une feuille de route fondée sur des preuves ? L'article développe le modèle, son instrument d'évaluation et ses règles d'interprétation. Il en démontre ensuite le fonctionnement dans un scénario fictif marocain avant de préciser les conditions d'une validation empirique.

La contribution est directement liée au sujet de la gestion de la collaboration et de l'incertitude des exigences dans les projets agiles. Elle complète la conception de CDM par un artefact de gouvernance : CDM-MM ne remplace ni la méthode ni CollaborAgile; il permet d'observer dans quelle mesure la méthode complète est effectivement mobilisée, soutenue par le management et adaptée au contexte.

La suite de l'article est organisée comme suit. La section 2 présente les fondements théoriques relatifs aux modèles de maturité et positionne CDM comme une configuration sociotechnique orientée vers la gestion de l'incertitude et la collaboration. La section 3 expose la démarche méthodologique retenue pour concevoir le CDM-MM, dériver ses dimensions et construire ses niveaux de maturité. La section 4 présente l'architecture du modèle, son instrument d'évaluation, ses règles de notation et une démonstration analytique dans un scénario marocain. La section 5 discute les contributions théoriques et managériales, le positionnement du modèle par rapport aux approches existantes ainsi que ses limites et son programme de validation. Enfin, la section 6 synthétise les principaux apports et perspectives de la recherche.

2. Revue de littérature et positionnement de CDM

2.1. Maturité, capacité et amélioration

Un modèle de maturité représente une évolution ordonnée de capacités dans un domaine donné. Les modèles issus de l'amélioration des processus logiciels, dont CMMI, distinguent des états allant de pratiques réactives et imprévisibles à des processus gérés, définis, mesurés puis continuellement améliorés. Cette logique offre un langage commun pour évaluer une situation et définir une cible. Elle ne doit toutefois pas être transposée mécaniquement à l'agilité, car la répétabilité d'une procédure n'est pas toujours synonyme de capacité d'adaptation.

La conception rigoureuse d'un modèle de maturité exige une définition du domaine, des destinataires, des dimensions, des niveaux et de la méthode d'évaluation. De Bruin et al. (2005) proposent une progression allant du cadrage à la maintenance du modèle, en passant par sa

conception, son peuplement et ses tests. Becker et al. (2009) ajoutent des exigences de comparaison avec l'existant, d'itération, d'évaluation et de communication des résultats. Dans une perspective de science de la conception, le modèle constitue un artefact dont la valeur dépend de son utilité pour résoudre un problème identifié et de son évaluation dans le contexte d'usage (Hevner et al., 2004 ; Peffers et al., 2007).

CDM-MM distingue trois notions. Une pratique est une action observable, comme la formulation d'une question de prototype. Une capacité est l'aptitude collective à reproduire cette action de façon pertinente dans des situations variées. La maturité désigne la cohérence avec laquelle plusieurs capacités sont combinées, apprises et adaptées. Cette distinction évite d'attribuer un niveau élevé à une équipe qui produit des artefacts sans les utiliser pour décider.

2.2. CDM comme configuration sociotechnique

CDM part du constat que les limites de Scrum ne sont pas uniquement des lacunes de processus. Elles apparaissent lorsque la collaboration ne produit pas de signification partagée, lorsque l'incertitude reste implicite ou lorsque les décisions ne disposent pas d'une mémoire exploitable. CDM relie ainsi trois dimensions : une représentation légère du travail avec CollaborAgile, une collaboration continue entre les acteurs concernés et un leadership facilitateur qui protège l'accès aux informations, la concentration et l'apprentissage (Makkass et al., 2025a).

CollaborAgile n'est pas un produit séparé de CDM. Le langage structure l'intention, l'acteur, la valeur, les critères d'acceptation, les dépendances, l'incertitude, la question d'enquête, la preuve et la décision. Cette formalisation sélective vise la compréhension et la traçabilité, non la documentation exhaustive. Les travaux sur les langages spécifiques au domaine montrent qu'un DSL est pertinent lorsqu'il rapproche la représentation des concepts du domaine et les usages des acteurs (Mernik et al., 2005). Dans CDM, sa valeur dépend donc de la manière dont les représentations alimentent les conversations et les décisions.

Le flux de travail complète cette représentation. Une fonctionnalité éligible est focalisée, le travail principal en cours est limité et un prototype minimum suffisant est utilisé lorsque l'incertitude critique le justifie. Les prototypes servent ici à formuler et tester une question, plutôt qu'à simuler prématurément le produit final (Lim et al., 2008 ; Camburn et al., 2017). La limitation du travail en cours protège l'attention et raccourcit la boucle d'apprentissage, mais elle peut devenir contre-productive si les dépendances et les compétences ne sont pas prises en compte.

Enfin, le leadership facilitateur ne se substitue pas à l'auto-organisation. Il crée les conditions de son exercice : disponibilité des parties prenantes, arbitrage des priorités, sécurité psychologique, résolution des obstacles et droit d'exposer une incertitude. Les recherches sur les équipes agiles et la sécurité psychologique montrent que l'apprentissage collectif dépend de comportements permettant de demander de l'aide, signaler un problème et expérimenter sans transformer l'erreur en faute individuelle (Edmondson, 1999 ; Hoda et al., 2013).

2.3. Lacune de recherche et exigences de conception

Les modèles de maturité offrent une structure utile pour diagnostiquer les capacités organisationnelles et guider leur amélioration. Leur conception exige cependant une définition explicite du domaine, des dimensions, des niveaux et des modalités d'évaluation (de Bruin et al., 2005 ; Becker et al., 2009). Dans le développement agile, ces modèles évaluent fréquemment des pratiques ou des processus génériques sans représenter précisément les relations entre exigences, incertitude, collaboration, preuves et décisions. Ils peuvent également encourager une progression fondée sur la standardisation, alors que la maturité agile devrait préserver l'apprentissage et l'adaptation au contexte (Henriques & Tanner, 2017).

Cette limite est importante pour CDM, dont la contribution repose sur l'intégration de mécanismes techniques, collaboratifs et managériaux. Une utilisation isolée de CollaborAgile, du prototypage ou de la limitation du travail en cours ne permet pas de conclure à une adoption cohérente de la méthode (Makkass et al., 2025a). Il manque ainsi un modèle permettant d'évaluer CDM comme une configuration complète de capacités orientées vers la gestion de l'incertitude et la production de décisions justifiées. Pour répondre à cette lacune, la conception du CDM-MM repose sur six principes :

- **Couvrir la méthode dans son ensemble.** Le modèle doit intégrer la gestion des exigences, l'incertitude, la collaboration avec les parties prenantes, la formalisation au moyen de CollaborAgile, la maîtrise du flux et le leadership facilitateur. Cette intégration répond aux difficultés récurrentes de clarification des exigences et de coordination rencontrées dans les projets agiles (Inayat et al., 2015 ; Kasauli et al., 2021).
- **Évaluer des capacités démontrées par des preuves.** La présence d'une cérémonie, d'un outil ou d'un document ne suffit pas à établir la maturité. Chaque capacité doit être associée à des pratiques observables et à des preuves permettant d'en apprécier l'usage réel, conformément aux principes de conception et d'évaluation des artefacts organisationnels (Hevner et al., 2004 ; Peffers et al., 2007).

- **Préserver la capacité d'adaptation.** Les niveaux doivent représenter une progression dans l'apprentissage, la prise de décision et l'adaptation au contexte, plutôt qu'une accumulation de procédures. Cette exigence répond à la tension entre standardisation et agilité identifiée dans les recherches sur les modèles de maturité agile (Henriques & Tanner, 2017).
- **Rendre visibles les déséquilibres.** Un niveau élevé en formalisation ou en documentation ne doit pas compenser une participation insuffisante des parties prenantes, une incertitude non traitée ou l'absence de preuves exploitables. Les recherches sur les équipes agiles montrent que l'efficacité dépend de capacités complémentaires de coordination, de communication et de décision collective (Moe et al., 2010 ; Strode et al., 2022).
- **Transformer le diagnostic en feuille de route.** L'évaluation doit conduire à un nombre limité d'actions prioritaires. Chaque action doit préciser la capacité ciblée, le responsable, la preuve attendue et l'horizon de réévaluation. Un modèle de maturité remplit ainsi une fonction d'amélioration et non uniquement de classement (de Bruin et al., 2005 ; Becker et al., 2009).
- **Permettre une adaptation au contexte.** Les fonctions évaluées restent communes, mais les pratiques et les preuves permettant de les démontrer peuvent varier selon la taille de l'équipe, le secteur, la distribution des acteurs et les contraintes organisationnelles. Cette flexibilité est cohérente avec les travaux montrant que les transformations agiles dépendent fortement de leur environnement organisationnel (Dikert et al., 2016).

Ces principes établissent la continuité entre les résultats de la littérature, les mécanismes constitutifs de CDM et l'architecture du modèle de maturité. Ils permettent également d'envisager l'utilisation de CDM-MM dans différents environnements organisationnels, notamment au Maroc et dans d'autres contextes africains, sans supposer l'existence d'un profil unique ni imposer des pratiques identiques.

L'originalité du CDM-MM ne réside donc pas dans l'introduction d'une échelle de maturité supplémentaire appliquée à l'agilité, mais dans l'objet même de la maturité évaluée. Le modèle considère comme unité centrale d'analyse la capacité collective à transformer une intention encore incertaine en une décision étayée par des preuves, puis en une adaptation traçable. Cette perspective conduit à articuler, au sein d'un même dispositif d'évaluation, des dimensions généralement abordées séparément dans la littérature : qualité des exigences, gestion explicite

de l'incertitude, collaboration des parties prenantes, formalisation légère avec CollaborAgile, maîtrise du flux et leadership facilitateur.

3. Méthodologie de conception du CDM-MM

3.1. Stratégie de recherche et périmètre de l'artefact

Cette recherche adopte un positionnement pragmatique orienté vers la conception et l'évaluation d'un artefact destiné à répondre à un problème organisationnel identifié. Ce positionnement est cohérent avec la Design Science Research, dans laquelle la production de connaissances repose à la fois sur la construction d'un artefact et sur l'examen progressif de son utilité dans son contexte d'usage (Hevner et al., 2004 ; Peffers et al., 2007). Le raisonnement mobilisé est principalement abductif et itératif : les difficultés identifiées dans la gestion collaborative des exigences et de leur incertitude sont mises en relation avec les connaissances disponibles dans la littérature et avec les mécanismes constitutifs de CDM afin de dériver progressivement les capacités et les règles du CDM-MM. Le choix de cette approche se justifie donc par la nature de la question de recherche : il ne s'agit pas, à ce stade, de tester une relation causale sur un échantillon, mais de concevoir un artefact théoriquement fondé, opérationnalisable et susceptible d'être soumis ultérieurement à une validation empirique.

Sur le plan opérationnel, le problème pratique traité est l'absence d'un dispositif permettant de diagnostiquer l'adoption de CDM sans isoler ses composantes. L'artefact produit est un modèle de maturité accompagné d'un instrument de mesure et d'un protocole d'amélioration. La démarche comprend cinq opérations : délimitation du domaine, dérivation des capacités, construction des niveaux, définition des règles de cotation et démonstration analytique.

Le périmètre est l'équipe ou l'unité de développement qui applique CDM sur un produit pendant une période définie. Le modèle n'évalue ni la maturité numérique générale de l'entreprise ni la qualité intrinsèque de toutes ses activités. Il porte sur la capacité à mettre en œuvre la boucle CDM entre intention, incertitude, preuve, décision et adaptation. L'unité d'analyse doit être explicitée avant toute cotation afin d'éviter de mélanger des équipes ou des périodes incomparables.

La construction a mobilisé deux familles de connaissances. La première est prescriptive : les mécanismes constitutifs de CDM et de CollaborAgile définissent ce que le modèle doit préserver. La seconde est justificative : des travaux de synthèse et des études reconnues en ingénierie des exigences, incertitude, collaboration, traçabilité, prototypage, flux et leadership permettent d'expliquer pourquoi chaque capacité est nécessaire. Cette mise en correspondance évite de transformer les seules préférences des concepteurs de CDM en critères de maturité.

Les cinq niveaux s'inspirent de la logique des modèles de maturité tout en l'adaptant au caractère exploratoire de l'agilité. Les formulations ont été construites pour décrire une transformation qualitative : action isolée, répétition structurée, intégration collaborative, pilotage par les preuves et adaptation contextualisée. Aucun niveau ne prétend garantir la performance; il représente une capacité plus élaborée à apprendre et à décider.

3.2. Dérivation des dimensions et traçabilité théorique

La base théorique relève d'une synthèse ciblée et intégrative, et non d'une revue systématique exhaustive. Les sources ont été retenues lorsqu'elles remplissaient au moins une des fonctions suivantes : définir la construction d'un modèle de maturité; documenter un mécanisme central de CDM; fournir un résultat de synthèse sur l'agilité; ou proposer une opérationnalisation utilisable. La priorité a été donnée aux articles évalués par les pairs, aux travaux de référence et aux publications récentes directement liées aux six mécanismes. Les sources servant seulement de contexte n'ont pas été transformées en indicateurs. Cette délimitation rend le raisonnement reproductible tout en reconnaissant le risque de sélection propre à une construction conceptuelle.

Tableau N°1 : Traçabilité entre fondements théoriques et dimensions du CDM-MM.

Mécanisme CDM	Fondement mobilisé	Sources d'appui	Résultat
Valeur et exigences	Qualité, négociation et évolution des exigences	Ramesh et al. (2010); Lucassen et al. (2016)	D1
Incertitude et preuves	Incertitude comme objet d'enquête et de décision	Ward et Chapman (2003); Perminova et al. (2008)	D2
Collaboration	Coordination, participation et efficacité collective	Moe et al. (2010); Strode et al. (2022)	D3
Formalisation légère	DSL et traçabilité utile aux décisions	Mernik et al. (2005); Ruiz et al. (2023)	D4
Flux et prototypage	Réduction du WIP et production précoce de preuves	Lim et al. (2008); Sjøberg (2018)	D5
Leadership	Conditions managériales de l'apprentissage agile	Modi et Strode (2020); Gren et Ralph (2022)	D6

Source : Élaboration des auteurs.

Pour chaque mécanisme, les concepts récurrents ont été traduits en une finalité de capacité, puis en cinq indicateurs observables. Les indicateurs ont été formulés comme des fonctions vérifiables plutôt que comme l'obligation d'utiliser un outil. Leur cohérence a ensuite été contrôlée selon trois règles : couverture de la boucle valeur-incertitude-preuve-décision; absence de doublon entre dimensions; possibilité d'identifier au moins une preuve organisationnelle. Cette procédure produit une traçabilité explicite entre la théorie, CDM et l'instrument proposé.

3.3. Construction des niveaux et démonstration analytique

Les niveaux ont été définis par ancrages comportementaux plutôt que par accumulation de documents. Le passage d'un niveau au suivant exige respectivement la répétabilité, l'intégration entre acteurs et artefacts, l'usage de preuves puis l'adaptation contextualisée. Les règles de cotation ont été testées par une démonstration analytique : un scénario cohérent est coté, la règle de consolidation est appliquée et les décisions d'amélioration qui en résultent sont examinées. Cette démonstration vérifie le fonctionnement logique de l'artefact ; elle ne remplace pas une évaluation empirique.

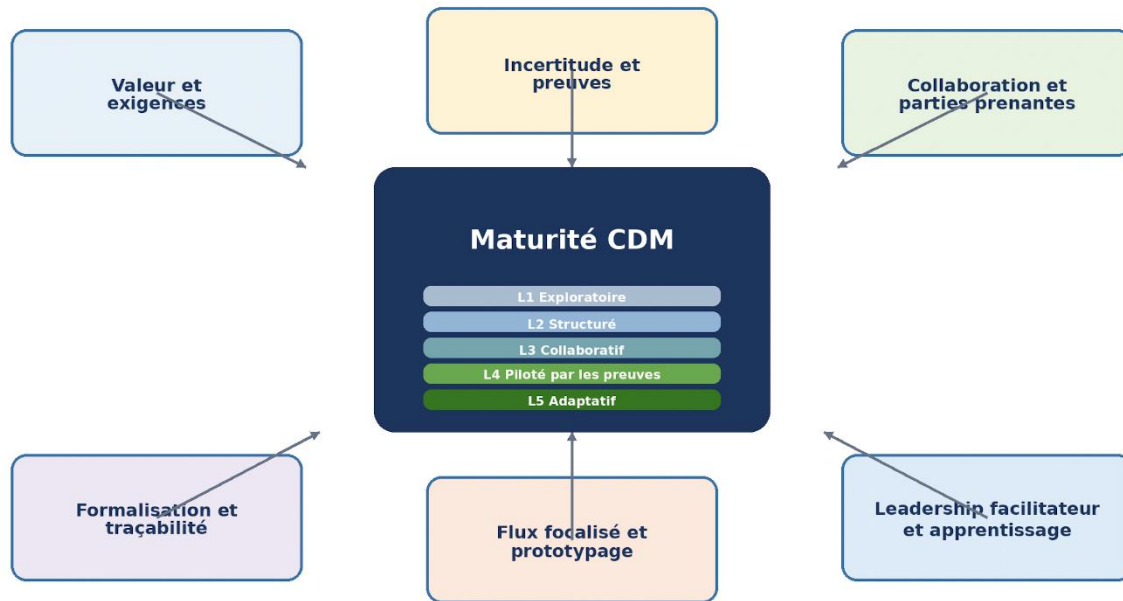
3.4. Statut de validation et critères d'évaluation future

Le présent article couvre la construction et une démonstration analytique. Il ne rapporte ni enquête, ni entretien, ni mesure réalisée auprès d'une organisation. L'exemple présenté plus loin est volontairement hypothétique et sert uniquement à vérifier la lisibilité des règles de calcul et de décision. Cette transparence est importante : attribuer au modèle une validité empirique avant son utilisation réelle reproduirait précisément le problème qu'il cherche à éviter, celui d'une décision dépourvue de preuve suffisante.

L'évaluation future devra être conduite en trois étapes. Une revue par des experts examinera la pertinence et la clarté des indicateurs. Un pilote multi-évaluateurs testera la fiabilité des cotations et la charge de collecte. Enfin, des études de cas longitudinales compareront le diagnostic, les actions décidées et l'évolution d'indicateurs de processus et de résultats. Cette stratégie correspond aux recommandations de la recherche en génie logiciel empirique et de la science de la conception (Runeson & Höst, 2009 ; Wieringa, 2014).

4. Résultats : architecture et opérationnalisation du CDM-MM

Figure N°1 : Architecture du modèle de maturité CDM.



Source : Élaboration des auteurs.

4.1. Les six dimensions de capacité

Le modèle organise la maturité autour de six dimensions interdépendantes. Chaque dimension répond à une question de management et comporte cinq indicateurs observables. Les indicateurs détaillés figurent dans l'annexe A.

Tableau N°2 : Dimensions de capacité du CDM-MM.

Code	Dimension	Finalité managériale	Exemples de preuves
D1	Valeur et exigences	L'équipe transforme une demande en unité de valeur compréhensible, testable et reliée à des critères d'acceptation.	WorkItems, règles d'éligibilité, critères, dépendances, décisions produit.
D2	Incertitude et preuves	L'incertitude critique devient un objet d'enquête avec propriétaire, question, preuve et décision.	Registre des incertitudes, questions, prototypes, résultats, décisions révisables.
D3	Collaboration et parties prenantes	Les acteurs nécessaires participent au bon moment et construisent une signification partagée.	Cartographie, accords de participation, arbitrages, comptes rendus de décision.
D4	Formalisation et traçabilité	CollaborAgile conserve une mémoire légère reliant intention, preuve, décision et incrément.	Modèles CollaborAgile, liens, versions, règles de mise à jour, audits de traces.

Code	Dimension	Finalité managériale	Exemples de preuves
D5	Flux focalisé et prototypage	Le travail en cours protège l'attention et la preuve précède l'engagement irréversible.	WIP, âge du travail, prototypes minimum suffisants, temps d'attente, blocages.
D6	Leadership facilitateur et apprentissage	Le management rend possibles la participation, l'expérimentation et l'amélioration.	Obstacles levés, sécurité psychologique, décisions déléguées, rétrospectives, apprentissages.

Source : Élaboration des auteurs.

D1. Valeur et exigences

Cette dimension vérifie que la vitesse d'exécution ne remplace pas la compréhension de la valeur. Une équipe mûre distingue le besoin, la solution proposée et les hypothèses qui les relient. Les critères d'acceptation couvrent le comportement observable et les contraintes importantes. Les règles d'éligibilité empêchent l'engagement d'une fonctionnalité dont la valeur, la portée ou les dépendances restent trop indéterminées. Cette capacité s'appuie sur l'idée que les exigences sont négociées et progressivement précisées plutôt que simplement collectées (Inayat et al., 2015 ; Kasauli et al., 2021).

D2. Incertitude et preuves

L'incertitude n'est pas assimilée à un risque probabilisable. Elle peut porter sur la signification, la faisabilité, l'usage, une dépendance ou la validité d'une hypothèse de valeur. CDM-MM recherche une chaîne complète : incertitude explicite, propriétaire, question, mode d'enquête, preuve, décision et condition de révision. La maturité augmente lorsque l'organisation ne se contente plus d'identifier les incertitudes mais choisit délibérément lesquelles réduire avant de s'engager (Ward & Chapman, 2003 ; Grote, 2004).

D3. Collaboration et parties prenantes

La collaboration est évaluée par sa capacité à mobiliser les connaissances et l'autorité nécessaires, non par le nombre de réunions. La cartographie des parties prenantes doit distinguer contribution, décision, impact et disponibilité. Une participation utile produit des accords, expose des divergences et construit une mémoire partagée. Dans les environnements distribués, la coordination doit compenser la distance et les dépendances sans multiplier les canaux au point de fragmenter l'information (Storey et al., 2017 ; Paasivaara et al., 2017).

D4. Formalisation et traçabilité

Cette dimension porte sur l'usage intégré de CollaborAgile. Le langage rend les concepts importants visibles et relie les objets de développement. La maturité ne correspond pas au nombre de champs remplis. Elle réside dans la suffisance de la représentation, la cohérence des liens et l'usage des traces pour comprendre un changement ou justifier une décision. La formalisation doit rester sélective, car une traçabilité trop coûteuse peut être abandonnée ou devenir décorative (Escalona et al., 2022 ; Ruiz et al., 2023).

D5. Flux focalisé et prototypage

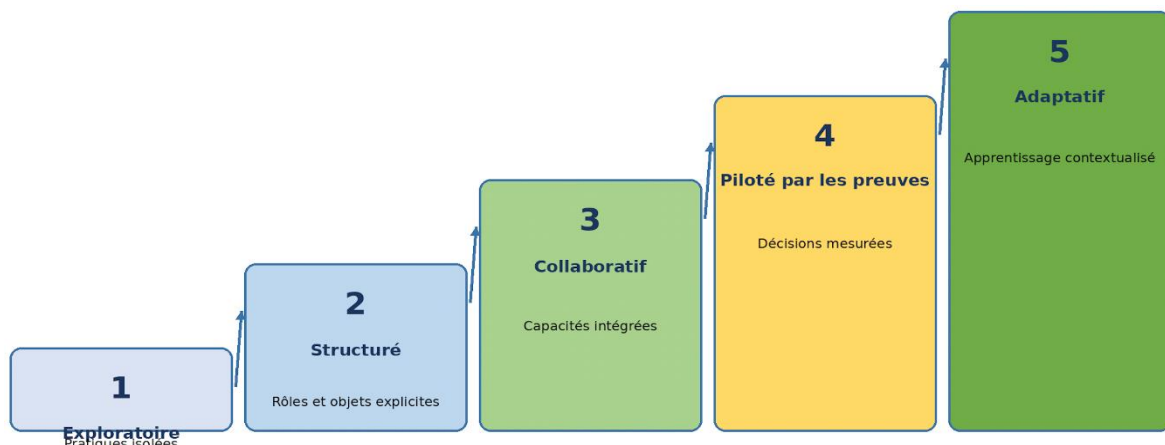
Le flux focalisé vise à réduire la dispersion et à raccourcir le délai entre une question et une preuve. Le principe d'une fonctionnalité principale et d'un WIP strict est appliqué avec discernement : les tâches de soutien restent subordonnées à l'unité de valeur, tandis que les blocages et dépendances sont rendus visibles. Le prototype minimum suffisant est choisi en fonction de la question; il peut prendre la forme d'une interface, d'un test technique, d'une simulation ou d'une expérience de service. La maturité augmente lorsque ces choix sont reliés à l'incertitude et non à une obligation rituelle.

D6. Leadership facilitateur et apprentissage

Le leadership facilitateur protège la boucle d'apprentissage. Il clarifie l'intention, obtient l'accès aux acteurs, réduit les obstacles et soutient une discussion honnête sur l'incertitude. À un niveau élevé, le leader n'impose pas toutes les réponses; il distribue l'autorité au niveau où se trouve l'information, tout en préservant les responsabilités. La sécurité psychologique et le leadership partagé favorisent la remontée des problèmes et l'apprentissage collectif (Edmondson, 1999 ; Srivastava et al., 2006).

4.2. Les cinq niveaux de maturité

Figure N°2 : Progression des cinq niveaux de maturité CDM.



Source : Élaboration des auteurs.

Tableau N°3 : Définition des niveaux du CDM-MM.

Niveau	Nom	Description
1	Exploratoire	Quelques pratiques apparaissent en réaction aux problèmes. Leur usage dépend des individus; les liens entre valeur, incertitude, preuve et décision sont incomplets.
2	Structuré	Les rôles, objets et règles minimales sont définis. Les pratiques deviennent répétables au niveau de l'équipe, mais restent partiellement séparées.
3	Collaboratif	Les six capacités sont intégrées dans un même flux de valeur. Les parties prenantes, CollaborAgile, le prototype et le leadership contribuent à une décision commune.
4	Piloté par les preuves	Les décisions et améliorations s'appuient sur des preuves de produit et de processus. Les traces permettent d'expliquer les résultats et de réviser les règles.
5	Adaptatif	L'organisation adapte explicitement CDM à son contexte, partage les apprentissages et expérimente les règles sans perdre les principes de valeur, de preuve et de traçabilité.

Source : Élaboration des auteurs.

Les niveaux sont cumulatifs au sens des capacités, mais non des formalités. Le niveau 5 ne signifie pas que tous les projets utilisent les mêmes artefacts. Il signifie que les adaptations sont explicites, justifiées, observées et réversibles. Une organisation peut donc simplifier une règle et démontrer une maturité élevée si elle conserve les fonctions assurées par cette règle.

4.3. Matrice synthétique de progression

Tableau N°4 : Matrice synthétique de progression par dimension.

Dim	N1	N2	N3	N4	N5
D1	Demande peu précisée	Critères éligibilité définis et	Valeur coconstruite	Qualité et effets suivis	Règles adaptées au contexte
D2	Incertitude implicite	Incertitude propriétaire enregistrés et	Enquête intégrée au flux	Décisions fondées sur preuves	Portefeuille d'expériences appris

Dim .	N1	N2	N3	N4	N5
D3	Collaboration réactive	Rôles et disponibilité définis	Décision réellement multipartite	Coordination observée et améliorée	Réseau de participation adaptable
D4	Traces dispersées	Objets CollaborAgile minimaux	Chaîne intention-preuve-décision	Qualité des traces auditée	Métamodèle et vues évolutifs
D5	Multiples travaux concurrents	WIP prototype et explicités	Flux centré sur une valeur	Temps d'attente et apprentissage mesurés	Politiques de flux expérimentées
D6	Leadership prescriptif	Obstacles et responsabilités suivis	Leadership facilitateur partagé	Climat apprentissage observés	Gouvernance adaptative diffusée

Source : Élaboration des auteurs.

4.4. Protocole d'évaluation : unité, période et évaluateurs

L'évaluation commence par une fiche de cadrage précisant l'équipe, le produit, la période observée, les rôles concernés et la finalité du diagnostic. Une période de deux à quatre itérations est préférable à une photographie d'une seule réunion. Les évaluateurs doivent inclure au minimum un membre de l'équipe, un responsable produit ou métier et une personne capable de questionner les preuves sans dépendre directement du résultat.

L'auto-évaluation seule est utile pour engager le dialogue, mais elle est sensible à la désirabilité sociale. CDM-MM recommande une triangulation entre artefacts, entretiens brefs et observation. Les artefacts peuvent inclure le backlog, les modèles CollaborAgile, les prototypes, les décisions, les traces de révision et les indicateurs de flux. Les entretiens expliquent pourquoi une règle a été appliquée ou adaptée. L'observation vérifie la participation et l'usage réel des informations.

4.5. Cotation fondée sur les preuves

Tableau N°5 : Échelle de cotation des indicateurs.

Score	Ancrage	Règle d'attribution
0	Absent	Aucune pratique ou aucune preuve vérifiable.
1	Ad hoc	Pratique occasionnelle, dépendante d'une personne ou d'une urgence.
2	Répété	Pratique réalisée plusieurs fois avec une règle compréhensible au niveau de l'équipe.
3	Institutionnalis é	Pratique intégrée au flux, partagée entre rôles et soutenue par des artefacts cohérents.
4	Mesuré et adapté	Effets observés, décisions révisées et adaptation explicitement justifiée.

Source : Élaboration des auteurs.

Chaque indicateur reçoit un score s_i compris entre 0 et 4 et une confiance c_i : faible, moyenne ou forte. La confiance est faible lorsqu'elle repose sur une seule déclaration ; moyenne lorsqu'une déclaration est cohérente avec un artefact ; forte lorsqu'au moins deux types de preuves convergent. Le score de dimension est la moyenne des cinq indicateurs, mais il est publié avec la confiance et les observations qui l'expliquent.

Pour faciliter la lecture, la moyenne d'une dimension est convertie en niveau : $[0; 0,79] = N1$; $[0,80; 1,59] = N2$; $[1,60; 2,39] = N3$; $[2,40; 3,19] = N4$; $[3,20; 4] = N5$. Cette conversion ne transforme pas l'échelle en mesure physique ; elle constitue une convention de diagnostic qui devra être calibrée empiriquement.

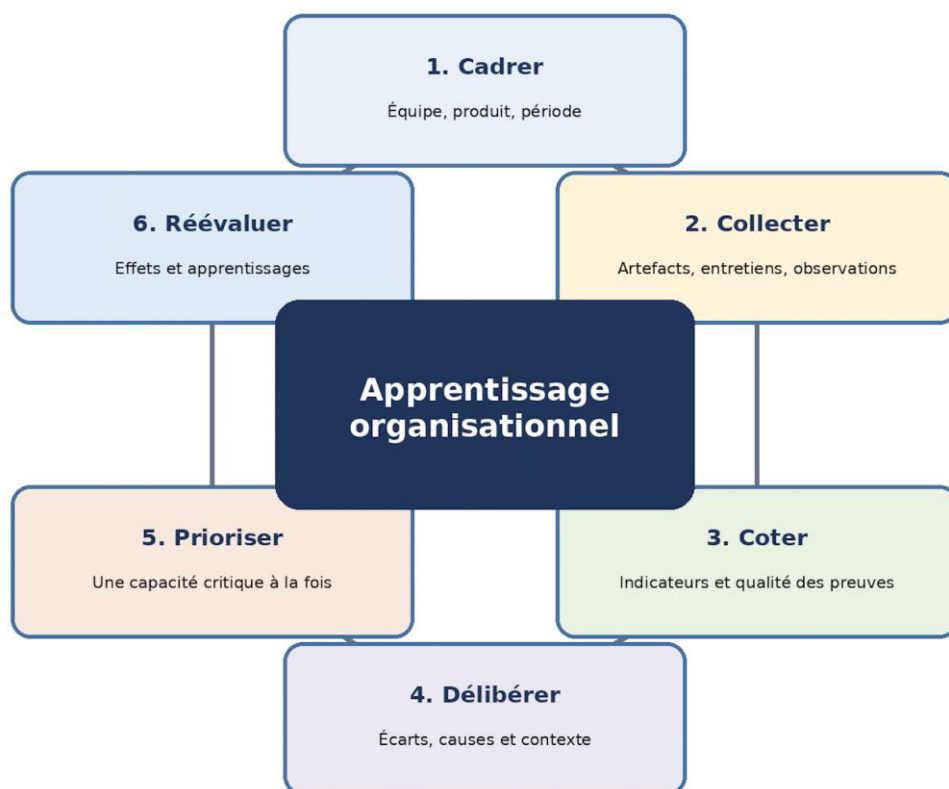
4.6. Consolidation et règle de non-compensation

Une simple moyenne globale pourrait masquer une faiblesse critique. Une équipe très documentée mais privée de parties prenantes obtiendrait artificiellement un résultat satisfaisant. CDM-MM privilégie donc le profil à six dimensions. Lorsqu'un niveau global est demandé, une règle de garde s'applique : un niveau N est déclaré lorsque cinq dimensions sur six atteignent au moins N et que la sixième n'est pas inférieure à $N-1$. Toute dimension située deux niveaux sous la cible devient une capacité critique et bloque la progression globale.

Cette règle traduit l'architecture de CDM. Les dimensions sont complémentaires : sans valeur claire, la traçabilité conserve des objets peu utiles; sans preuve, l'incertitude reste enregistrée mais non réduite; sans leadership, l'accès aux parties prenantes et la concentration peuvent disparaître. Le diagnostic doit donc montrer la forme du profil avant d'annoncer un chiffre.

4.7. Passage du diagnostic à l'amélioration

Figure N°3 : Cycle d'évaluation et d'amélioration du CDM-MM.



Source : Élaboration des auteurs.

La feuille de route ne cherche pas à faire progresser simultanément les trente indicateurs. L'équipe sélectionne une capacité critique, formule un changement limité, précise la preuve attendue et définit une date de réévaluation. Par exemple, si l'incertitude est enregistrée mais ne conduit pas à des enquêtes, l'action ne consiste pas à enrichir le registre. Elle consiste à sélectionner une incertitude prioritaire, définir une question et produire une preuve exploitable avant un engagement important.

Chaque action d'amélioration prend la forme suivante : situation observée; capacité cible; hypothèse d'amélioration; action; responsable; preuve attendue; horizon; condition d'arrêt ou de révision. Cette structure rapproche la gouvernance de la logique CDM elle-même. Le modèle de maturité devient ainsi un support d'apprentissage, et non un audit externe déconnecté du travail.

4.8. Démonstration analytique dans un scénario marocain

Afin de démontrer le fonctionnement du modèle dans un contexte proche de sa cible, cette section mobilise un scénario fictif situé au Maroc. Il ne décrit aucune administration ni entreprise réelle et ne constitue pas une étude de cas empirique. Une équipe de huit personnes développe pour une collectivité territoriale un service numérique de suivi des demandes citoyennes. Elle travaille par itérations de deux semaines avec un responsable produit, cinq profils techniques, un représentant métier et un responsable de service. L'accès aux agents opérationnels est irrégulier et les décisions doivent tenir compte de la protection des données, de l'accessibilité et de l'usage mobile.

Le diagnostic porte sur quatre itérations. Les éléments simulés comprennent douze WorkItems, trois modèles CollaborAgile, deux prototypes cliquables, un journal de huit décisions et les comptes rendus des revues. Les critères de valeur et d'acceptation sont généralement explicites, mais seules deux incertitudes sur six possèdent un propriétaire et une preuve attendue. Les prototypes montrent des variantes d'interface sans toujours citer la question testée. Les arbitrages métier sont parfois consignés après la décision et les obstacles d'accès aux agents ne font pas l'objet d'un suivi managérial régulier.

Tableau N°6 : Profil fictif utilisé pour démontrer le protocole.

Dim.	Score	Niveau	Confiance	Lecture
D1	2,6	N4	Forte	Critères clairs; valeur peu réévaluée après livraison.
D2	1,4	N2	Moyenne	Incertitudes visibles, mais enquêtes et propriétaires irréguliers.
D3	1,8	N3	Moyenne	Collaboration interne forte; accès métier fragile.
D4	2,1	N3	Forte	Traces disponibles, liens décision-preuve incomplets.
D5	1,7	N3	Forte	WIP suivi; prototypes non systématiquement reliés aux questions.
D6	1,5	N2	Moyenne	Manager réactif, mais obstacles et apprentissages peu suivis.

Source : Élaboration des auteurs.

La moyenne arithmétique des dimensions est de 1,85, ce qui pourrait suggérer un niveau 3. La règle de garde conduit pourtant à retenir le niveau global 2 : les dimensions D2 et D6 restent au niveau 2 et conditionnent la qualité de la boucle d'apprentissage. Ce résultat ne signifie pas que l'équipe est globalement faible. Il indique que la maturité de ses exigences et de sa traçabilité n'est pas encore soutenue par une gestion régulière de l'incertitude et par un leadership orienté vers la preuve.

La première action prioritaire porte sur D2. Pendant trois itérations, l'équipe choisit une incertitude critique par fonctionnalité éligible, lui associe un propriétaire, une question et une preuve attendue. La seconde action porte sur D6 : le responsable suit les obstacles qui retardent l'accès à la preuve et négocie un engagement de disponibilité avec la partie prenante métier. Les indicateurs de résultat restent distincts de la maturité : délai de décision, nombre d'hypothèses révisées, défauts liés aux exigences et satisfaction des parties prenantes. Une amélioration du score sans effet observable déclencherait une révision du modèle ou de son usage.

L'exemple montre trois propriétés du CDM-MM : la visibilité des déséquilibres, la priorité donnée aux capacités limitantes et la séparation entre maturité et performance. Il montre aussi pourquoi le leadership ne peut pas être ajouté comme thème périphérique. Il agit sur l'accès aux personnes, l'élimination des blocages, la possibilité d'exposer l'incertitude et la protection du temps consacré à l'apprentissage.

Tableau N°7 : Feuille de route issue du scénario analytique.

Capacité	Action limitée	Preuve attendue	Horizon
D2	Une incertitude prioritaire par WorkItem éligible	Propriétaire, question et preuve attendue visibles dans CollaborAgile	3 itérations
D6	Rendez-vous métier et revue hebdomadaire des obstacles	Délai d'accès suivi; arbitrages et obstacles clos ou escaladés	3 itérations
D4	Relier prototype, résultat et décision	Une décision peut être reconstruite depuis le WorkItem	2 itérations

Source : Élaboration des auteurs.

La démonstration aboutit ainsi à des décisions contrôlables plutôt qu'à un simple classement. À l'issue de l'horizon défini, l'équipe réévaluerait uniquement les indicateurs concernés et examinerait séparément les effets sur le délai de décision, les reprises liées aux exigences et la satisfaction des acteurs. Aucun gain n'est anticipé comme acquis : la feuille de route formule ce qui doit être observé pour conserver, adapter ou abandonner l'action.

5. Discussion

5.1. Contributions théoriques

Le premier apport est une définition de la maturité CDM comme cohérence d'une boucle d'apprentissage. Les modèles de maturité agiles existants évaluent souvent l'adoption de principes, de pratiques ou la compatibilité avec CMMI. CDM-MM se concentre sur la connexion entre valeur, incertitude, preuve, décision et adaptation. Ce choix déplace la question de « combien de pratiques sont appliquées ? » vers « quelle capacité collective permet de décider sous incertitude ? ».

Le deuxième apport est l'intégration explicite du leadership et de la formalisation légère dans un même modèle. Les recherches sur l'agilité reconnaissent l'importance des personnes et de l'auto-organisation, tandis que les recherches sur la traçabilité insistent sur la mémoire des décisions. CDM-MM montre que ces dimensions ne sont pas opposées. Une trace utile soutient la conversation et la redevabilité ; un leadership facilitateur crée les conditions pour que la trace reflète une décision réellement informée.

Le troisième apport est la règle de non-compensation. Dans un système sociotechnique, une moyenne élevée peut masquer un maillon faible. En publiant le profil, la confiance et la capacité critique, le modèle conserve l'hétérogénéité de l'adoption. Cette propriété est particulièrement importante pour une méthode dont l'originalité réside dans la configuration de mécanismes complémentaires.

5.2. Implications managériales et ancrage marocain et africain

Pour les managers, CDM-MM fournit un langage de dialogue entre produit, technique, métier et gouvernance. Il permet de distinguer une difficulté de compétence d'un problème d'accès, de décision ou de politique de flux. La feuille de route privilégie des actions limitées et vérifiables, compatibles avec des organisations qui ne disposent pas d'une fonction permanente d'amélioration des processus.

Dans les organisations africaines, les contextes de développement sont divers : entreprises internationales, administrations, start-up, prestataires et équipes distribuées. Il serait scientifiquement incorrect d'en déduire un profil unique. Le modèle est plutôt conçu pour

rendre explicites les contraintes locales : disponibilité des experts métier, langues de travail, distribution géographique, dépendance à des fournisseurs, stabilité des infrastructures, exigences réglementaires et accès aux compétences. Ces facteurs n'abaissent pas mécaniquement la maturité ; ils modifient les preuves pertinentes et les adaptations nécessaires. Le modèle soutient également une appropriation progressive. Une petite équipe peut commencer par trois objets essentiels — valeur, incertitude critique et décision — avant d'étendre les traces. Une organisation plus structurée peut utiliser CollaborAgile pour aligner plusieurs équipes et auditer la cohérence des décisions. Dans les deux cas, la cible n'est pas une conformité universelle mais une capacité à apprendre dans un contexte donné.

5.3. Positionnement par rapport à CMMI et aux modèles agiles

Tableau N°8 : Positionnement comparatif du CDM-MM.

Critère	CMMI	Modèles agiles génériques	CDM-MM
Objet principal	Amélioration et institutionnalisation des processus	Adoption de valeurs ou pratiques agiles	Cohérence de la boucle valeur-incertitude-preuve-décision
Unité de progression	Processus organisationnels	Équipe ou organisation agile	Capacités CDM au niveau d'une équipe/produit
Formalisation	Pratiques et preuves de processus	Souvent limitée ou variable	CollaborAgile sélectif et relié aux décisions
Leadership	Gouvernance et des processus	Souvent facteur contextuel	Dimension constitutive et observable
Résultat	Niveau de maturité institutionnelle	Degré d'agilité	Profil à six dimensions et feuille de route
Risque	Rigidité ou coût de conformité	Auto-évaluation déclarative	Usage rituel des indicateurs; compensation entre dimensions

Source : Élaboration des auteurs.

Cette comparaison ne présente pas CDM-MM comme un remplacement de CMMI. Les deux peuvent servir des finalités différentes. CMMI fournit une architecture organisationnelle large; CDM-MM examine une capacité spécifique de développement collaboratif sous incertitude.

Une organisation pourrait utiliser CDM-MM comme diagnostic complémentaire dans une démarche plus générale d'amélioration.

5.4. Menaces à la validité et programme d'évaluation

La première limite est l'absence de validation empirique. Les dimensions disposent de fondements théoriques et d'une cohérence avec CDM, mais leur exhaustivité, leur compréhension et leur utilité doivent être testées. Les seuils de conversion sont des conventions initiales. Ils peuvent être trop sensibles ou insuffisamment discriminants. La règle de garde devra également être confrontée à des décisions réelles.

La deuxième limite tient au risque d'auto confirmation : un modèle développé à partir de CDM peut privilégier les mécanismes déjà retenus par la méthode. Une évaluation indépendante devra rechercher les capacités manquantes et les effets indésirables, notamment la surcharge documentaire, l'attente créée par un WIP strict, la dépendance à certains rôles et l'usage superficiel des prototypes.

La troisième limite concerne le contexte. Les indicateurs doivent être compris de façon fonctionnelle. Une équipe n'est pas pénalisée parce qu'elle n'utilise pas un outil particulier ; elle l'est si elle ne peut pas démontrer la fonction attendue. Des études dans plusieurs organisations africaines seront nécessaires pour vérifier la pertinence culturelle, organisationnelle et sectorielle du vocabulaire et des preuves.

Le programme d'évaluation comprend :

- Une étude Delphi ou un panel de 10 à 15 experts pour la validité de contenu ;
- Deux pilotes dans des équipes de tailles différentes pour estimer la charge et l'accord inter-évaluateurs ;
- Des études de cas longitudinales sur au moins trois projets ;
- Une analyse des relations entre profils de maturité et indicateurs de décision, de flux, de qualité des exigences et de satisfaction ; et
- Une révision documentée des indicateurs. Cette séquence permet de passer d'un artefact conçu à un instrument progressivement validé.

Conclusion

Cet article présente CDM-MM, un modèle de maturité conçu pour évaluer et piloter l'adoption de la Collaborative Development Method dans les organisations de développement logiciel. Le modèle structure cette adoption autour de six capacités interdépendantes — valeur et exigences, incertitude et preuves, collaboration et parties prenantes, formalisation et traçabilité, flux et prototypage, leadership et apprentissage — et de cinq niveaux de progression, allant d'un usage exploratoire à une adaptation maîtrisée au contexte.

La contribution de CDM-MM réside dans une conception intégrée de la maturité agile. CollaborAgile assure une formalisation légère et conserve la logique reliant intentions, preuves et décisions. La collaboration mobilise les connaissances et l'autorité nécessaires au bon moment, tandis que le leadership crée les conditions favorables à la participation, à la concentration et à l'apprentissage collectif. La maturité ne correspond donc pas à une accumulation de procédures, mais à la capacité croissante de l'organisation à transformer une exigence incertaine en décision justifiée, puis en adaptation. Les trente indicateurs, la cotation fondée sur des preuves, le profil multidimensionnel et la règle de non-compensation rendent cette capacité observable et exploitable pour le pilotage.

CDM-MM fournit ainsi aux équipes et aux responsables un langage commun pour établir un diagnostic, repérer les capacités limitantes et construire une feuille de route adaptée à leurs priorités. La démonstration analytique montre comment le modèle peut soutenir ce passage de l'évaluation à l'action sans confondre maturité, conformité et performance. Les prochaines évaluations auprès d'experts et dans des projets réels permettront d'affiner les indicateurs, de calibrer les seuils et d'examiner les effets du modèle dans différents contextes organisationnels. CDM-MM constitue ainsi une base structurée pour rapprocher recherche et pratique, accompagner l'évolution de CDM et soutenir une gouvernance agile davantage collaborative, traçable et orientée vers les preuves.

BIBLIOGRAPHIE

- Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing maturity models for IT management. *Business & Information Systems Engineering*, 1(3), 213–222. <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Beck, K., et al. (2001). Manifesto for Agile Software Development. <https://agilemanifesto.org/>
- Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Otto, K., & Wood, K. (2017). Design prototyping methods: State of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3, e13. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.10>
- de Bruin, T., Rosemann, M., Freeze, R., & Kulkarni, U. (2005). Understanding the main phases of developing a maturity assessment model. *Proceedings of the 16th Australasian Conference on Information Systems*.
- Dikert, K., Paasivaara, M., & Lassenius, C. (2016). Challenges and success factors for large-scale agile transformations: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 119, 87–108. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.06.013>
- Dybå, T., & Dingsøyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, 50(9–10), 833–859. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.01.006>
- Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 350–383. <https://doi.org/10.2307/2666999>
- Escalona, M.-J., Koch, N., & García-Borgoñón, L. (2022). Lean requirements traceability automation enabled by model-driven engineering. *PeerJ Computer Science*, 8, e817. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.817>
- Gren, L., & Ralph, P. (2022). What makes effective leadership in agile software development teams? *Proceedings of ICSE-SEIP*. <https://doi.org/10.1145/3510003.3510100>
- Grote, G. (2004). Uncertainty management at the core of system design. *Annual Reviews in Control*, 28(2), 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2004.03.001>
- Henriques, V., & Tanner, M. (2017). A systematic literature review of agile and maturity model research. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 12, 53–73. <https://doi.org/10.28945/3666>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <https://doi.org/10.2307/25148625>

- Hoda, R., Noble, J., & Marshall, S. (2013). Self-organizing roles on agile software development teams. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 39(3), 422–444. <https://doi.org/10.1109/TSE.2012.30>
- Inayat, I., Salim, S. S., Marczak, S., Daneva, M., & Shamshirband, S. (2015). A systematic literature review on agile requirements engineering practices and challenges. *Computers in Human Behavior*, 51, 915–929. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.046>
- Kasauli, R., Knauss, E., Horkoff, J., Liebel, G., & de Oliveira Neto, F. G. (2021). Requirements engineering challenges and practices in large-scale agile system development. *Journal of Systems and Software*, 172, 110851. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110851>
- Lim, Y.-K., Stolterman, E., & Tenenberg, J. (2008). The anatomy of prototypes. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 15(2), 7. <https://doi.org/10.1145/1375761.1375762>
- Lucassen, G., Dalpiaz, F., van der Werf, J. M. E. M., & Brinkkemper, S. (2016). Improving agile requirements: The Quality User Story framework and tool. *Requirements Engineering*, 21(3), 383–403. <https://doi.org/10.1007/s00766-016-0250-x>
- Makkass, M., Laghouaouta, Y., & Anwar, A. (2025a). Agile method for collaborative development process by exploring use limits of Scrum. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 1310, 475–489. https://doi.org/10.1007/978-3-031-88653-9_47
- Makkass, M., Laghouaouta, Y., & Anwar, A. (2025b). The role of agile leadership in team motivation within software development projects. *Journal of Computer Science*, 21(11), 2735–2744. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2025.2735.2744>
- Mernik, M., Heering, J., & Sloane, A. M. (2005). When and how to develop domain-specific languages. *ACM Computing Surveys*, 37(4), 316–344. <https://doi.org/10.1145/1118890.1118892>
- Modi, S., & Strode, D. (2020). Leadership in agile software development: A systematic literature review. *ACIS 2020 Proceedings*, 55. <https://aisel.aisnet.org/acis2020/55/>
- Moe, N. B., Dingsøyr, T., & Dybå, T. (2010). A teamwork model for understanding an agile team. *Information and Software Technology*, 52(5), 480–491. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.11.004>
- Paasivaara, M., Lassenius, C., & Heikkilä, V. T. (2017). Inter-team coordination mechanisms in large-scale agile. *Proceedings of ESEM*. <https://doi.org/10.1145/3120459.3120476>

- Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Perminova, O., Gustafsson, M., & Wikström, K. (2008). Defining uncertainty in projects—A new perspective. *International Journal of Project Management*, 26(1), 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.08.005>
- Ramesh, B., Cao, L., & Baskerville, R. (2010). Agile requirements engineering practices and challenges: An empirical study. *Information Systems Journal*, 20(5), 449–480. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.2007.00259.x>
- Ruiz, M., Hu, J. Y., & Dalpiaz, F. (2023). Why don't we trace? *Requirements Engineering*, 28, 619–637. <https://doi.org/10.1007/s00766-023-00408-9>
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14, 131–164. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide*. <https://scrumguides.org/>
- Sjøberg, D. I. K. (2018). An empirical study of WIP in Kanban teams. *Proceedings of ESEM*. <https://doi.org/10.1145/3239235.3239238>
- Srivastava, A., Bartol, K. M., & Locke, E. A. (2006). Empowering leadership in management teams. *Academy of Management Journal*, 49(6), 1239–1251. <https://doi.org/10.5465/AMJ.2006.23478718>
- Storey, M.-A., Zagalsky, A., Figueira Filho, F., Singer, L., & German, D. M. (2017). How social and communication channels shape and challenge a participatory culture in software development. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 43(2), 185–204. <https://doi.org/10.1109/TSE.2016.2584053>
- Strode, D., Dingsøyr, T., & Lindsjörn, Y. (2022). A teamwork effectiveness model for agile software development. *Empirical Software Engineering*, 27, 56. <https://doi.org/10.1007/s10664-021-10115-0>
- Ward, S., & Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21(2), 97–105. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(01\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(01)00080-1)
- Wieringa, R. J. (2014). *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43839-8>

ANNEXE A. Instrument initial d'auto-évaluation CDM-MM

Pour chaque indicateur, attribuer un score de 0 à 4 selon le tableau N°5, préciser les preuves et la confiance. Les formulations évaluent une fonction ; elles ne rendent aucun outil obligatoire.

Tableau A1 : Grille initiale des trente indicateurs CDM-MM.

Code	Indicateur	Score 0–4	Preuve / confiance
D1.1	La valeur attendue et les bénéficiaires sont explicités.		
D1.2	Les critères d'acceptation couvrent les comportements et contraintes critiques.		
D1.3	Les règles d'éligibilité empêchent un engagement prématuré.		
D1.4	Les dépendances et responsabilités sont visibles.		
D1.5	La valeur est réexaminée à partir des retours.		
D2.1	L'incertitude critique est formulée distinctement du risque.		
D2.2	Chaque incertitude prioritaire possède un propriétaire.		
D2.3	Une question d'enquête et une preuve attendue sont définies.		
D2.4	La décision cite la preuve et sa limite.		
D2.5	Les décisions sont révisées lorsque de nouvelles preuves apparaissent.		
D3.1	Les parties prenantes nécessaires sont identifiées par contribution et autorité.		
D3.2	Leur disponibilité et leurs modalités de participation sont négociées.		

Code	Indicateur	Score 0–4	Preuve / confiance
D3.3	Les divergences sont rendues visibles avant l'engagement.		
D3.4	Les arbitrages et leur justification sont accessibles.		
D3.5	La qualité de la collaboration est réexaminée.		
D4.1	CollaborAgile représente les objets essentiels sans surcharge.		
D4.2	L'intention est reliée aux critères, incertitudes, preuves et décisions.		
D4.3	Les traces sont mises à jour lors d'un changement significatif.		
D4.4	Un membre peut reconstruire la logique d'une décision.		
D4.5	Les vues et règles du DSL sont adaptées de façon contrôlée.		
D5.1	Une unité principale de valeur structure le travail.		
D5.2	La politique de WIP est explicite et les exceptions sont justifiées.		
D5.3	Le prototype minimum suffisant répond à une question définie.		
D5.4	Les attentes, blocages et travaux vieillissants sont visibles.		
D5.5	Les politiques de flux sont ajustées à partir d'observations.		
D6.1	Le leader sécurise l'accès aux acteurs et informations nécessaires.		

Code	Indicateur	Score 0–4	Preuve / confiance
D6.2	Les obstacles sont suivis jusqu'à leur résolution ou arbitrage.		
D6.3	L'équipe peut exposer une erreur ou une incertitude sans sanction.		
D6.4	L'autorité de décision est placée au niveau pertinent.		
D6.5	Les apprentissages modifient effectivement les règles et pratiques.		

Source : Élaboration des auteurs.