

**Equipe de recherche :** Ingénierie des Systèmes et Structures Complexes (ISSC)

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. ABOUSSALEH MOHAMED

**Numéro de sujet :** **97**

**Directeur de thèse :** Pr. EZZINE LATIFA

**Co-directeur de thèse :** DADDA AFAF

**Mot clés :** Transformation digitale, chaîne de valeur, systèmes de recommandation, innovation/RSE, modèles d'analyse prédictifs, Management du changement.

**Descriptive :**

Dans le contexte de la quatrième révolution industrielle et du développement durable, de nombreux groupes industriels mènent une transformation digitale et intègrent délibérément les préoccupations environnementales à leurs activités et leurs processus de conception/production.

En effet la combinaison innovations/RSE constitue un levier de réponses aux attentes de produits plus écoconçus.

Cette thèse explore, à travers des études de cas d'entreprises industrielles, la mise en place d'une démarche RSE au sein du processus d'innovation toute en respectant les engagements de réduction des polluants, des consommations des énergies et des ressources rares.

Pour ce faire, une nouvelle approche holistique sera déployée pour définir les modalités d'accompagnement des industrielles dans leur démarche de transformation vers l'innovation/RSE, toute en utilisant des systèmes de recommandation et des modèles d'analyse prédictifs.

**Equipe de recherche :** Ingénierie des systèmes et Structures Complexes

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. ABOUSSALEH MOHAMED

**Numéro de sujet :** **98**

**Directeur de thèse :** Pr. EZZINE LATIFA

**Co-directeur de thèse :**

**Mot clés :** Supply Chain, Aide à la décision, modèles d'analyse prédictifs, Management du changement.

**Descriptive :**

L'optimisation de la chaîne logistique est désormais de nos jours l'un des plus grands défis auxquels les logisticiens s'affrontent. Minimiser les coûts de la matière première, optimiser les frais de transport et respecter les délais & les jalons clients sont tous des moyens pour rendre la chaîne logistique plus optimale.

Dans cette perspective, La modélisation & l'étude de l'impact de la centralisation des fonctions logistiques pour le cas des entreprises à plusieurs sites dans la même région / pays sur la supply chain en général peut mener à des conclusions sur :

- La méthode d'approvisionnement à adopter : commande par site ou une commande centralisée
- Les niveaux des stocks à garder / gérer : gérer des entrepôts & des super marchés dans chaque site ou bien gérer un seul entrepôt centralisé outre que des supermarchés contenant un stock de sécurité dans chaque site
- Arranger & gérer le transport international & national pour chaque site séparément ou bien décharger la matière entière dans le local centralisé pour la redistribuer selon le besoin de chaque site
- Livrer la matière première dans l'emballage original pour chaque site ou la réemballer selon le besoin journalier de chaque entité pour minimiser le WIP (Work In Progress)

**Equipe de recherche :** Ingénierie des Systèmes et Structures complexes

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. ABOUSSALEH MOHAMED

**Numéro de sujet :** **99**

**Directeur de thèse :** Pr. CHAABA MOULAY ALI

**Co-directeur de thèse :**

**Mot clés :** Roches tendres, Marnes, Modélisation multi-échelle, Méthode des éléments distincts (DEM),

**Descriptive :**

Les marnes, qui font l'objet de ce projet de recherche, entrent dans le cadre d'une grande famille de roches, avec des comportements allant des sols meubles aux roches dures en fonction de leur composition minérale et de leur genèse. Cependant, et malgré ce contraste du comportement initial, le point commun entre les matériaux marneux est l'évolution de leurs propriétés sous l'effet d'une combinaison de processus chimiques et physiques, d'origine naturelle et/ou anthropomorphique, qui conduit souvent à leur détérioration. Ces phénomènes d'altération se produisent en général à l'échelle humaine, et peuvent être observés pendant et après l'achèvement des projets d'ingénierie.

De point de vue de l'ingénierie, le comportement complexe, évolutif, et surtout mal maîtrisé des marnes a un effet direct sur les ouvrages, conduisant soit à des solutions soit conservatrices et coûteuses, soit à des accidents et des coûts de maintenance imprévus.

Dans ce sens, ce projet de recherche comporte deux volets. Dans le premier volet nous visons à :

- Aider à mieux comprendre le comportement des marnes, leurs mécanismes d'altération et leurs impacts sur les propriétés des matériaux marneux.
- Proposer une méthodologie de modélisation multi-échelle pour étudier et analyser le comportement des marnes et l'évolution de leurs propriétés dans le temps.

Dans le cadre du deuxième volet du présent projet, plusieurs approches numériques ou semi-numériques seront envisagées. En particulier, la méthode des éléments distincts (DEM) apparaît, à ce stade initial, comme un outil prometteur pour modéliser le comportement et l'évolution des propriétés des marnes à différentes échelles.

La méthode des éléments distincts (DEM), introduite par A. Cundall en 1971, est une méthode numérique dans laquelle un grand nombre de particules rigides interagissent entre elles par des forces et de moments dans les régions de contact. La simulation des différents modèles de contact, et de liens entre les particules qui peuvent s'affaiblir, se rompre ou se reformer, permet de simuler

**Laboratoire d'Innovation et d'Ingénierie des Systèmes**  
**Responsable laboratoire : Pr. SALLAOU Mohammed**

des phénomènes différents et multi-échelles observés dans les matériaux naturels tels que les roches.

De plus, la nature intrinsèquement discontinue du DEM devrait permettre de simuler l'évolution des marnes d'une roche intacte au comportement d'un milieu continu à un matériau discontinu partiellement altéré, puis à un matériau complètement altéré avec un comportement granulaire.

**Equipe de recherche :** Ingénierie des Systèmes et Structures complexes

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. ABOUSSALEH MOHAMED

**Numéro de sujet :** **100**

**Directeur de thèse :** Pr. CHAABA MOULAY ALI

**Co-directeur de thèse :** PROF. AALIL ISSAM

**Mot clés :** Pierre de construction, Mortier compatible, Muret en maçonnerie, Approches de modélisation micr-macro.

**Descriptive :**

Les constructions de Volubilis sont principalement des structures en maçonnerie qui sont constituées elles-même par des pierres et du mortier. Des travaux de recherche ultérieurs ont permis de caractériser la constitution des pierres de construction et ont guidé à des formulations compatibles des mortiers. La suite logique des résultats de ces travaux doit être la vérification et la validation du comportement des murets construits à partir des pierres et des mortiers cités ci-dessus. L'objectif principal de ce travail de recherche consiste ainsi à mener une caractérisation du comportement mécanique des murets en maçonnerie. On prévoit à ce que cette caractérisation soit réalisée selon différentes approches telles que l'expérimentation, la modélisation numérique et analytique (ou semi-analytique).

Dans cet objectif, le présent travail de thèse pourra être résumé comme suit :

- Etude bibliographique sur la maçonnerie, en particulier, dans le contexte de la restauration des monuments historiques comme Volubilis.
- Réaliser une synthèse sur les matériaux de construction de Volubilis (base de données regroupant les caractéristiques des pierres et des mortiers), compléter cette base selon le besoin
- Expérimentation des échantillons de murets : Réalisation des murets expérimentaux (préparation des morceaux de pierre, formulation des mortiers, construction des murets, ...) en établissant tout d'abord une stratégie expérimentale. Réalisation des campagnes d'essais expérimentaux sur les différents murets réalisés.
- Approches d'analyse et Modélisation : Discuter les différentes approches possibles et les modélisations numériques qui peuvent être adoptées dans cette analyse afin de valider les résultats obtenus expérimentalement.

**Equipe de recherche :** Ingénierie des Systèmes et Structures Complexes (I2SI)

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. ABOUSSALEH MOHAMED

**Numéro de sujet :** **101**

**Directeur de thèse :** Pr. ABOUSSALEH MOHAMED

**Co-directeur de thèse :** ZAKI SMAIL

**Mot clés :** FGM, magneto-electro-elastic structures, SSM, SDQM, flambement et de Post-Flambement, piézoélectriques, loi de puissance, loi de la fraction volumique, Comportement vibratoire, structures intelligentes.

**Descriptive :**

La technologie des structures intelligentes utilisant un réseau de capteurs et d'actionneurs aura un impact important au niveau de la conception, du développement et de la fabrication de la prochaine génération de produits. L'idée d'appliquer les matériaux intelligents aux systèmes mécaniques a été étudiée par des chercheurs de différentes disciplines. Présentement, plusieurs matériaux ayant un comportement adaptable sont utilisables comme capteurs ou actionneurs. Ces matériaux comprennent les polymères et les céramiques piézoélectriques, les alliages à mémoire de forme, les fluides électro-rhéologiques et les fibres optiques. La modélisation et la simulation de ces matériaux joueront un rôle clé dans la conception des structures intelligentes.

Par ailleurs, le concept des matériaux à gradient de propriétés (FGM) caractérisé par une propriété sans interruption changeante due à un changement continu de la composition, dans la morphologie et effectivement dans la structure cristalline (Figure 1-a), représente un saut technologique rapide à travers

**Equipe de recherche :** Equipe de recherche M2I

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. LASRI LARBI

**Numéro de sujet :** **102**

**Directeur de thèse :** Pr. SALLAOU MOHAMMED

**Co-directeur de thèse :** MANSOURI KHALIFA

**Mot clés :** Parc éolien, Gestion intelligente, optimisation des performances

**Descriptive :**

Le parc éolien consiste à regrouper et implanter un grand nombre d'éoliennes dans un site caractérisé par un fort potentiel du vent. Au cours de ces années, la taille et la complexité de ces parcs éoliens avec la maturité technologique des aérogénérateurs ont augmenté régulièrement. Une planification adéquate de ces parcs éoliens en termes du coût et de la rentabilité potentielle pendant la durée de vie opérationnelle prévue est d'une importance pour les parties prenantes du projet éolien. La gestion d'un parc éolien de grande taille consiste à trouver une des compromis approprié entre les différents paramètres de configuration tout en respectant les contraintes existantes. La gestion instantanée, intelligente et optimisée des différents paramètres peut améliorer considérablement les performances d'un parc. L'objectif étant le développement d'une plate-forme de gestion intelligente d'un parc éolien offshore.

**Equipe de recherche :** Equipe de recherche M2I

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. LASRI LARBI

**Numéro de sujet :**       **103**

**Directeur de thèse :**   Pr. SALLAOU MOHAMMED

**Co-directeur de thèse :** MANSOURI KHALIFA

**Mot clés :** Conception de produits, design for X, optimisation topologique, fusion sur lit de poudre

**Descriptive :**

La dernière décennie a connu une croissance substantielle des technologies de fabrication additive. Ce mode de fabrication couche par couche permet de réaliser des formes très complexes, sans surcouts et sans nécessité d'outillage onéreux. Si l'intérêt croissant pour ces technologies a induit à une amélioration considérable de la capabilité des imprimantes, l'évolution des méthodes de conception pour tirer parti des possibilités offertes par la fabrication additive et gérer les contraintes associées à ces technologies a pris du retard.

La technique d'optimisation topologique permet de trouver la répartition idéale de la matière dans pièce, et donc de tirer profit de l'avantage de liberté de conception qu'offre la fabrication additive. Cependant, cette technique ne permet pas d'intégrer les contraintes du procédé. Il en résulte souvent un temps d'impression élevé, des problèmes de qualité dans la pièce et un travail de post-traitement conséquent.

Dans ce travail de thèse, une nouvelle méthodologie de conception pour la fabrication additive doit être proposée. Cette méthodologie doit permettre de tirer profit des bénéfices de la fabrication additive, notamment l'avantage de liberté de conception, tout en intégrant les contraintes propres à ces procédés. La méthodologie proposée doit être adaptée au procédé de fusion sur lit de poudre.



**Equipe de recherche :** Equipe de recherche M2I

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. LASRI LARBI

**Numéro de sujet :** **104**

**Directeur de thèse :** Pr. SALLAOU MOHAMMED

**Co-directeur de thèse :** AIT TALEB ABDELMAJID

**Mot clés :** Intelligence Artificielle, Machine Learning, Conception préliminaire, Innovation, Fabrication Additive

**Descriptive :**

L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique (IA / ML) ont un impact profond sur la façon dont les organisations industrielles conçoivent, fabriquent, surveillent, inspectent et réparent les actifs industriels. L'IA / ML améliore notre capacité à concevoir et à innover.

L'idéation est une source d'innovation et de créativité, et est couramment utilisée dans les premières étapes des processus de conception technique. Nous proposerons une approche intégrée pour améliorer l'idéation de conception en appliquant l'intelligence artificielle et les techniques d'exploration de données.

Dans ce travail, nous donnerons un aperçu de la façon dont l'IA/ML augmente et, dans de nombreux cas, révolutionne la conception. En ce qui concerne la conception, nous montrerons que l'IA/ML peut améliorer la conception préliminaire, l'innovation et l'optimisation. Par exemple, les outils AI/ML sont actuellement utilisés pour (1) accélérer la conception de nouvelles pièces optimisées pour la fabricabilité soustractive, (2) optimiser le développement des paramètres du processus pour améliorer la constructibilité et les propriétés des pièces fabriquées de manière additive, et (3) optimiser le processus de fabrication additive (FA).

**Equipe de recherche :** Mécanique et Ingénierie Intégrée (M2I)

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. LASRI LARBI

**Numéro de sujet :** **105**

**Directeur de thèse :** Pr. LASRI LARBI

**Co-directeur de thèse :** SALLAOU MOHAMMED

**Mot clés :** fabrication additive, impression 3D, procédés de fabrication conventionnels, processus hybride, polymères

**Descriptive :**

La multitude de paramètres de procédé de fabrication additive dépôt de fil (FDM) rend l'optimisation de l'impression très délicate. Ainsi, il est nécessaire dans certains cas de recourir en amont et en aval d'impression aux opérations de prétraitement et post-traitement. Ceci permettra d'automatiser l'ensemble des opérations de la fabrication additive, de corriger les effets indésirables de combinaison des paramètres et éviter de chronophage. Dans ce cadre, le sujet de thèse proposé a pour objectif de combiner le procédé dépôt de fil avec d'autres systèmes (usinage, traitements thermiques et surfaciques) afin de tirer profit de la fabrication additive et l'intégrer dans la production en série.

**Equipe de recherche :** Mécanique et Ingénierie Intégrée (M2I)

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. LASRI LARBI

**Numéro de sujet :** **106**

**Directeur de thèse :** Pr. HATERBOUCH MOHAMED

**Co-directeur de thèse :** OUSSOUADDI OMAR

**Mot clés :** Fatigue ; Contact de roulement ; Contact roue-rail ; Fatigue thermomécanique ; Simulation numérique

**Descriptive :**

L'objectif de ce travail est d'étudier l'amorçage et la propagation des fissures de fatigue dans un rail ferroviaire en tenant de l'effet thermique en 2D et en 3D.

Ce travail va aborder notamment l'influence sur la durée de vie du rail :

- Des défauts de surface du rail ;
- De la taille, de la forme et de la profondeur des défauts dans le matériau ;
- De la nature et de l'intensité du chargement ;
- De la vitesse du train.

**Equipe de recherche :** Mécanique et Ingénierie Intégrée (M2I)

**Responsable de l'équipe de recherche :** Pr. LASRI LARBI

**Numéro de sujet :** **107**

**Directeur de thèse :** Pr. LASRI LARBI

**Co-directeur de thèse :** AIT TALEB ABDELMAJID

**Mot clés :** Engrenage, Conception, Optimisation, Fiabilité, Optimisation topologique, Fabrication Additive

**Descriptive :**

Prévoir une démarche de conception optimisée des roues dentées cylindriques en fonction d'objectifs et d'enjeux liés généralement à l'évolution du marché et de l'environnement, en l'occurrence la fabrication additive comme nouveau procédé de production et le besoin croissant de la matière première (masse). Il serait intéressant de mettre en place un processus de reverse engineering sur les corrections surfaciques, en effet avant de lancer une optimisation de la micro-géométrie, une optimisation des macro-paramètres (nombre de dents, dépôts, coefficients de saillie et de creux...) pourrait être à développer. Il serait alors possible de minimiser l'encombrement, de maximiser les rendements, tout en respectant les contraintes inhérentes à un système d'engrenages, notamment l'entraxe de fonctionnement et le rapport de l'engrenage. La géométrie même des engrenages, ainsi que celles des axes pourraient être optimisées.

Dans cette approche, plusieurs algorithmes seraient à mettre en place : les algorithmes d'optimisation topologiques. L'objectif est de retirer ou de déplacer la matière d'un solide tout en garantissant que ce dernier réponde à certains critères : souplesse, volume final, déformation maximale. Quand la variation des paramètres de conception d'un système d'engrenage n'est pas négligeable, le bon fonctionnement de ce système n'est pas assuré. Cependant, il peut être exprimé en termes de probabilité à satisfaire certains critères de performance. Dans la terminologie de l'ingénierie, cette probabilité est appelée fiabilité