

PROGRAMME DE FORMATION BACHELOR IA XP

Cahier des Charges de la MSPR « Développer une solution IA »

COMPÉTENCES ÉVALUÉES :

- Analyser un besoin métier et le traduire en problème IA exploitable
- Définir une architecture technique adaptée à une application avec IA
- Coordonner la réalisation technique dans un cadre Agile et MLOps
- Développer une application conforme aux exigences fonctionnelles et techniques
- Mettre en œuvre l'automatisation des tests via l'intégration continue
- Mettre en place une chaîne de livraison et déploiement continu (CI/CD)
- Assurer le monitoring et l'observabilité d'une application IA en production
- Diagnostiquer et résoudre des incidents techniques
- Documenter la solution IA pour un public technique

PHASE 1 : PRÉPARATION DE CETTE MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE RECONSTITUÉE

- **Durée de préparation** : 54 heures
- **Mise en œuvre** : Travail d'équipe constituée de 3 apprenants

PHASE 2 : PRÉSENTATION ORALE COLLECTIVE + ENTRETIEN COLLECTIF

- **Objectif** : mettre en avant et démontrer que les compétences visées par ce bloc sont bien acquises.
- **Moyen** : L'équipe utilise un support de présentation
- **Durée totale par groupe** : 50 mn se décomposant comme suit :
 - 20 mn de soutenance orale par l'équipe.
 - 30 mn d'entretien collectif avec le jury (questionnement complémentaire).
- **Jury d'évaluation** : 2 personnes (binôme d'évaluateurs) par jury

I - CONTEXTE

1-Présentation générale

EnergiTech est une société anonyme fondée le 12 mars 2012 et filiale du groupe GreenPower Holding. Son siège social se situe à Paris. En plus du siège, l'entreprise possède trois sites opérationnels : un centre de production à Lyon, un parc solaire à Nantes et un hub dédié aux données à Strasbourg. Ces implantations permettent à EnergiTech de couvrir l'ensemble du territoire français tout en restant proche de ses principaux clients industriels et institutionnels.

2-Business model

Le cœur de métier d'EnergiTech repose sur la production d'électricité issue de sources renouvelables – éolien, solaire et hydro-électricité – qu'elle revend à différents types de clients. Les grandes entreprises industrielles (par exemple AlimCo, une usine agro-alimentaire) signent des contrats d'achat d'énergie à long terme (Power Purchase Agreements) afin de sécuriser leur approvisionnement tout en réduisant leur empreinte carbone. Les gestionnaires de réseaux nationaux, tels que RTE, achètent quant à eux de l'énergie intermittente pour équilibrer le réseau. Enfin, les collectivités locales, soucieuses d'atteindre leurs objectifs de neutralité carbone, bénéficient d'offres dédiées.

Outre la vente d'électricité, EnergiTech propose des services de maintenance prédictive aux exploitants de ses parcs. Ces prestations sont facturées sous forme de contrats de service (SLA) et constituent une source de revenu récurrente. Un troisième levier économique réside dans la valorisation des agrégats de données anonymisées (mesures météorologiques, performances des turbines) vendues à des partenaires de recherche, toujours dans le strict respect du RGPD.

3-Typologie des clients

Les clients d'EnergiTech se déclinent en quatre segments principaux :

- Industrie lourde – des acteurs comme AlimCo recherchent une énergie stable et un accompagnement pour réduire leurs coûts carbone.
- Gestionnaires de réseau – RTE utilise les données d'EnergiTech pour anticiper les fluctuations de production et assurer la continuité du service.
- Collectivités locales – la mairie de Lyon, par exemple, collabore avec EnergiTech afin de développer des projets d'énergie verte sur son territoire.
- Partenaires de recherche – MétéoFrance ou le CNRS accèdent à des séries temporelles de mesures environnementales pour leurs travaux scientifiques.

4-Organisation interne

L'entreprise emploie environ 275 personnes réparties en plusieurs départements. La direction, les fonctions administratives et juridiques regroupent 25 salariés, tandis que la production et l'exploitation comptent 120 techniciens et ingénieurs chargés de la surveillance des parcs. Le service Recherche & Développement (R&D) rassemble 45 spécialistes, organisés autour de trois pôles : intelligence artificielle, optimisation énergétique et innovation produit. Un groupe de 30 experts assure la gouvernance des données, la mise en place des pipelines d'ingestion et le respect des exigences RGPD. Le département commercial et marketing, fort de 35 collaborateurs, gère la prospection, la négociation des contrats d'achat d'énergie et les relations clients. Enfin, le support et les services informatiques comptent 20 personnes dédiées à l'assistance technique et à la formation des utilisateurs.

5-Chiffres clés (2024)

En 2024, EnergiTech a réalisé un chiffre d'affaires d'environ 210 millions d'euros, issu de la vente d'électricité, des services de maintenance et de la monétisation des données. La capacité installée totale s'élève à 125 MW, répartie entre 45 MW d'éolien (site de Lyon), 30 MW de solaire (Nantes) et 50 MW d'hydroélectricité. Les capteurs installés sur les différentes installations génèrent près de 12 téraoctets de données chaque année, couvrant les mesures de production, les paramètres environnementaux et les logs de supervision. L'effectif global de l'entreprise s'établit à 275 salariés, dont 45 travaillent au sein du service R&D.

6-Conformité et enjeux réglementaires

Toutes les données collectées sont traitées conformément au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Les flux provenant des capteurs sont anonymisés afin d'éliminer toute possibilité d'identification personnelle. Un registre des traitements a été mis en place et fait l'objet d'audits annuels. EnergiTech détient également la certification ISO 27001 depuis 2023, attestant de la mise en œuvre d'un système de management de la sécurité de l'information. Par ailleurs, l'entreprise respecte la directive européenne sur l'énergie, notamment les obligations de transparence relatives à la production et à la consommation d'énergie.

7-Vision stratégique (2025-2030)

La feuille de route d'EnergiTech prévoit de doubler sa capacité installée pour atteindre 250 MW d'ici 2028, tout en automatisant 80 % des opérations de maintenance grâce à l'introduction de modèles d'intelligence artificielle capables de prédire les pannes. L'objectif ultime est d'atteindre la neutralité carbone sur l'ensemble de ses sites d'ici 2030, en combinant optimisation de la production, stockage d'énergie et amélioration continue des processus grâce à l'analyse de données.

II – CAHIER DES CHARGES

Après avoir structuré et exploité les données d'EnergiTech, puis intégré un modèle IA existant dans une application métier, la direction R&D et le pôle IT d'EnergiTech souhaitent franchir une nouvelle étape : **industrialiser l'usage de la maintenance prédictive à l'échelle du parc éolien**.

Jusqu'ici :

- les modèles IA (classification "panne dans les 7 jours ?" et régression "temps avant panne") sont utilisés **au cas par cas**,
- les prédictions sont principalement consultées via des outils de test ou une interface simple,
- il n'existe pas encore de **solution globale** permettant de suivre tout le parc, de prioriser les interventions et de **superviser le fonctionnement de l'application IA** en continu.

EnergiTech souhaite mettre en place un **"Cockpit de maintenance prédictive"** pour ses éoliennes.

Ce cockpit doit permettre :

- de **scorer régulièrement l'ensemble du parc éolien** (par exemple une fois par jour) avec les modèles IA existants ;
- de **classer les éoliennes** en fonction de leur **niveau de risque** (panne probable à court terme / temps avant panne court) ;
- de fournir aux équipes de maintenance un **tableau de bord technique** (ou une API consommée par un outil interne) permettant :
 - de visualiser les machines les plus à risque,
 - de justifier les priorisations (score, temps estimé avant panne, indicateurs clés),
 - de suivre l'historique de risque d'une éolienne.

Ce cockpit doit être développé selon une approche **Agile & MLOps**, avec une attention particulière portée à :

- **l'architecture technique** (composants, flux, environnements),
- la **qualité logicielle** (tests, intégration continue),
- la **livraison et le déploiement continu** (CI/CD),
- le **monitoring et l'observabilité** de l'application IA en "production" (même simulée).

Objet du projet

EnergiTech confie à votre équipe la conception et le développement d'une solution IA complète permettant de :

- exploiter les modèles de maintenance prédictive déjà disponibles (classification + régression) ;
- orchestrer leur utilisation de manière **répétable et automatisable** (batch ou API) ;
- exposer des **fonctionnalités métier claires** pour le pilotage de la maintenance (priorisation des interventions, suivi du risque) ;
- mettre en place une **chaîne CI/CD** pour les tests, la livraison et le déploiement ;
- assurer le **monitoring**, la **détection d'incidents** et leur **diagnostic** ;
- fournir une **documentation technique** permettant à une équipe interne d'exploiter et de faire évoluer la solution.

III – LES BESOINS EXPRIMÉS

Votre mission se découpe en plusieurs volets.

1. Analyse du besoin métier et cadrage IA

Le besoin métier est le suivant :

Permettre au service de maintenance d'EnergiTech de prioriser les interventions sur les éoliennes en s'appuyant sur les modèles de maintenance prédictive existants, et de suivre l'état de risque du parc dans le temps.

À partir de ce besoin, vous devez :

1. Reformuler et préciser le cas d'usage dans un court document de cadrage :

- qui sont les utilisateurs du cockpit (par exemple : responsable maintenance, chef d'équipe, technicien) ?
- quelles décisions doivent-ils prendre (prioriser les éoliennes à traiter, programmer des interventions, etc.) ?
- quels sont les scénarios d'usage principaux (exemple : "consulter la liste des éoliennes à risque élevé pour la semaine à venir") ?

2. Traduire ce besoin en problème IA exploitable, en cohérence avec les modèles fournis :

- comment utiliser les sorties des modèles existants (classification "panne \leq 7 jours" et régression "temps avant panne") pour définir un score de risque ou des catégories de priorité (critique / élevé / modéré / faible) ?
- à quelle fréquence les prédictions doivent-elles être mises à jour (par exemple : batch quotidien) ?
- quelles données d'entrée sont nécessaires (issues du jeu de données / sources simulées) ?

3. Définir des objectifs mesurables pour la solution IA :

- indicateurs fonctionnels (ex : avoir toujours une vue à jour des N éoliennes les plus à risque),
- contraintes techniques (temps de calcul maximal pour le scoring du parc, temps de réponse d'une API, etc.),
- critères d'acceptation (par exemple : le cockpit doit permettre d'identifier les éoliennes ayant un temps avant panne < X jours avec un certain niveau de confiance).

Cette phase doit aboutir à un document de cadrage du "Cockpit de maintenance prédictive", qui servira de référence pour l'architecture, le développement et les tests.

2. Architecture technique de la solution IA

- Proposer une architecture technique cible décrivant :
 - les composants applicatifs (module IA, backend, éventuellement frontend, base ou stockage, pipeline CI/CD, outils de monitoring...),
 - les environnements (dev, test, "prod" simulée),
 - les flux de données et d'exécution (de la requête métier jusqu'à l'inférence IA et la réponse).
- Préciser :
 - les technologies choisies (langage, framework web, bibliothèques ML, système de logs, plateforme CI/CD : GitLab CI, GitHub Actions, autre...),
 - la façon dont la solution IA s'intègre dans le SI EnergiTech (hypothèses simplifiées).

On attend un diagramme d'architecture accompagné d'une description textuelle argumentée.

3. Organisation du travail en mode Agile & MLOps

- Structurer le projet en backlog (liste priorisée de fonctionnalités / tâches) :
 - fonctionnalités métier,
 - tâches techniques (CI/CD, tests, monitoring...),
 - tâches de documentation.
- Organiser la réalisation en itérations courtes (sprints) avec :
 - objectif de sprint,
 - tâches identifiées,
 - suivi de l'avancement (par exemple un simple Kanban).
- Intégrer la dimension MLOps dans la gestion du projet :
 - prise en compte des environnements,
 - automatisation progressive,
 - surveillance et retour d'expérience.

Il ne s'agit pas de "jouer Scrum parfaitement", mais de montrer une coordination structurée de la réalisation technique.

4. Développement de l'application IA : le "Cockpit de maintenance prédictive"

Vous devez développer une application IA qui matérialise le "Cockpit de maintenance prédictive" d'EnergiTech.

Cette application doit permettre, au minimum :

1. D'exploiter les modèles IA existants

- Utiliser les modèles fournis (classification "panne ≤ 7 jours ?" et régression "temps avant panne") pour calculer, à partir des données, un ou plusieurs indicateurs de risque par éolienne.
- Définir une logique de scoring / catégorisation du risque (par exemple :
 - Critique : panne très probable à très court terme,
 - Élevé : risque significatif à court ou moyen terme,
 - Modéré / Faible : peu de signaux alarmants).

2. De produire une vue globale du parc éolien

- Afficher ou exposer une liste des éoliennes avec leurs indicateurs de risque calculés (score, probabilité de panne, temps estimé avant panne, etc.).
- Permettre le tri / filtrage par niveau de risque (par exemple : afficher d'abord les éoliennes à risque le plus élevé).
- Offrir une vue détaillée par éolienne (quelques informations clés : identifiant, dernières mesures, prédictions, historique de risque si vous l'implémentez).

3. De fournir une interface ou un client d'exploitation

- soit sous la forme d'une interface utilisateur simple (ex : petite interface web permettant au responsable maintenance de consulter la liste des éoliennes et d'accéder aux détails),
- soit sous la forme d'un client technique (script ou CLI) si vous faites le choix d'une architecture orientée API, à condition que l'usage soit clair pour un utilisateur technique

4. D'intégrer cette logique dans une architecture cohérente

- Module IA (chargement des modèles, calcul des prédictions, agrégation des scores) ;
- Backend ou service (API ou service batch) permettant de lancer / planifier le scoring du parc ;
- Composant d'accès (UI ou client technique) pour exploiter les résultats ;
- Intégration avec la chaîne CI/CD et le monitoring (cf. sections suivantes).

L'application doit être robuste, gérer les erreurs courantes (modèle introuvable, données manquantes, requête invalide) et respecter les contrats d'interface que vous définissez (formats des entrées / sorties).

IV – LES LIVRABLES

5. Intégration continue & automatisation des tests

Les principes restent les mêmes, mais on ancre dans le cockpit :

- La CI doit au minimum :
 - exécuter automatiquement les tests liés :
 - aux fonctions de calcul du risque (partie IA),
 - aux endpoints ou aux scripts permettant de scorer le parc ou d'afficher les résultats,
 - vérifier que les composants critiques du **cockpit de maintenance prédictive** restent fonctionnels à chaque modification de code.

6. Chaîne de livraison et déploiement continu (CD)

Votre chaîne CI/CD doit viser à :

- déployer automatiquement une nouvelle version du cockpit de maintenance prédictive (ou de son backend) vers un environnement de test ou de "pré-production" simulé, dès lors qu'une branche ou un tag est validé ;
- rendre ce déploiement **reproductible** :
 - démarrage du service qui calcule les prédictions,
 - démarrage de la partie interface / API,
 - éventuelle initialisation du jeu de données de démonstration.

Les scripts / pipelines doivent permettre à un membre d'EnergiTech de relancer le cockpit sans intervention manuelle complexe.

7. Monitoring et observabilité de la solution IA

Le monitoring doit être pensé pour le Cockpit de maintenance prédictive en particulier :

1. Monitoring de l'application

- Journaliser les appels au service IA (par exemple : date/heure, type d'opération – batch complet du parc ou requête unitaire, nombre d'éoliennes traitées, statut, durée de traitement).
- Suivre quelques métriques techniques :
 - temps de réponse moyen d'une requête (ou d'un batch),
 - nombre d'erreurs sur une période donnée,
 - disponibilité du service (endpoint de santé / healthcheck).

2. Monitoring fonctionnel minimum lié aux prédictions

- Compter par exemple, à chaque exécution du cockpit :
 - combien d'éoliennes sont classées en "risque élevé / critique",
 - comment évolue ce nombre dans le temps (si vous stockez un minimum d'historique).

3. Mise à disposition d'une vue de supervision

- via un endpoint dédié (renvoyant quelques indicateurs clés),
- ou via une page simple de supervision (tableau de chiffres, statut global "service OK / en erreur").

Le but est qu'un responsable technique puisse, en regardant ces éléments, répondre aux questions :

"Est-ce que le cockpit tourne ?"

"Est-ce que les calculs de risque se passent bien ?"

"Est-ce que l'on a un niveau d'alerte inhabituel sur le parc ?"

8. Gestion des incidents et support

Les scénarios d'incidents à envisager doivent être liés au cockpit. Par exemple :

- **Incident 1 – Pipeline CI en échec :**
 - Exemple : un test automatisé sur le calcul du score de risque échoue suite à une modification de code.
 - Attendu : explication de la cause (vérification des logs du pipeline, test incriminé, code modifié), correction, nouvelle exécution réussie.
- **Incident 2 – Erreur lors du scoring du parc :**
 - Exemple : la tâche qui calcule les prédictions pour toutes les éoliennes renvoie une erreur (donnée manquante, modèle introuvable, configuration non chargée).
 - Attendu : démarche de diagnostic (logs de l'application, vérification des chemins vers les modèles, vérification de la configuration), correction, mise à jour de la documentation si besoin.
- **Incident 3 – Cockpit inaccessible ou partiellement fonctionnel :**
 - Exemple : l'interface affiche un message d'erreur ou la liste des éoliennes ne se charge plus.
 - Attendu : analyse (problème backend, problème front, problème de déploiement), correction, validation via les tests et/ou pipeline.

Dans vos **procédures d'incidents**, vous décrierez au moins un ou deux cas concrets, la méthode de diagnostic et la résolution.

9. Documentation technique

- Produire une documentation technique permettant à une équipe EnergiTech de :
 - comprendre le besoin métier adressé,
 - comprendre l'architecture et les choix techniques,
 - relancer le pipeline (tests, déploiement),
 - surveiller l'application,
 - intervenir en cas de problème.

IV – LES LIVRABLES

À l'issue de la mission, EnergiTech attend un ensemble de livrables, chacun clairement documenté. Ils seront remis sous la forme d'une archive structurée (ou d'un dépôt Git avec structure décrite).

Les livrables doivent permettre à EnergiTech de :

- comprendre le besoin métier adressé,
- appréhender la solution IA proposée (cockpit de maintenance prédictive),
- déployer, exploiter et superviser l'application,
- diagnostiquer et corriger des incidents,
- faire évoluer la solution à partir d'une documentation technique claire.

Les livrables attendus sont :

Document de cadrage du besoin IA

- description du cas d'usage EnergiTech,
- formulation du problème IA,
- objectifs et métriques cibles.

Dossier d'architecture technique

- diagramme(s) des composants et des flux,
- description des choix techniques (langages, frameworks, outils CI/CD, monitoring...),
- prise en compte des environnements (dev / test / prod simulée).

Éléments de pilotage Agile & MLOps

- backlog (Product Backlog simplifié),
- planification (sprints / itérations, objectifs),
- capture d'un tableau de bord d'avancement (ex : Kanban) et/ou mini rétrospective.

Code source de l'application IA

- module IA (chargement du modèle, inférence),
- backend (API ou service d'inférence),
- éventuelle interface utilisateur ou client technique (script, CLI, petite UI web).

Configuration CI/CD

- fichier(s) de pipeline CI (tests automatiques, vérifications basiques),
- pipeline / scripts de déploiement (CD) vers un environnement cible,
- documentation expliquant comment lire et déclencher ces pipelines.

Tests automatisés

- tests unitaires (sur les fonctions clés du pipeline IA, prétraitement, logique métier),
- tests d'intégration simples (appel du service IA avec des données d'exemple),
- preuve d'exécution (logs d'exécution des tests, capture de pipeline CI en réussite...).

Configuration de monitoring / observabilité

- mécanisme de logs structurés (format, emplacement),
- au moins un endpoint de santé et des indicateurs élémentaires,
- éventuellement un mini tableau de bord (fichier de configuration ou capture).

Procédures d'incidents

- description de 1 ou 2 incidents rencontrés ou simulés,
- démarche de diagnostic,
- actions de remédiation,
- leçons apprises éventuelles.

Documentation technique de la solution IA

- vision globale,
- architecture,
- guide pour lancer / tester / déployer,
- éléments clés pour la supervision,
- limites et prérequis.

Les documents doivent être rédigés dans un style professionnel, avec une mise en page claire (titres, sous-titres, paragraphes justifiés). Il servira de livrable officiel à présenter lors de l'oral.

En complément des livrables, l'équipe projet devra préparer un support de présentation destiné à la soutenance finale devant le client (public technique). Ce support devra synthétiser les principaux éléments du travail réalisé : démarche suivie, difficultés rencontrées, solutions mises en place, résultats obtenus et perspectives.

Il est important de souligner que l'évaluation de cette MSPR repose sur la combinaison des trois éléments suivants :

la qualité du **travail réalisé** au cours du projet,

- la pertinence et l'exhaustivité des **livrables remis**
- et la capacité de l'équipe à **présenter, justifier et valoriser** ce travail lors de la soutenance orale.

Les équipes devront donc **s'assurer que la soutenance reflète bien l'ensemble des compétences attendues**, en démontrant à la fois la maîtrise technique et la capacité à communiquer efficacement auprès d'un client professionnel.

V – RESSOURCES FOURNIES

Afin de permettre à l'équipe projet de mener à bien la mission, EnergiTech mettra à disposition un ensemble de ressources techniques et documentaires. Ces éléments constituent la base de travail commune et devront être exploités et enrichis par les apprenants.

1. Assistance et périmètre

Dans le cadre de ce projet pédagogique, l'équipe projet n'aura aucun contact direct EnergiTech. Le cahier des charges constitue la seule expression officielle du besoin. Toute demande de clarification devra être traitée avec l'encadrant pédagogique, jouant le rôle du client.

2. Webographie

Les apprenants ont à disposition la plateforme LinkedIn Learning et la Bibliothèque ENI.

Les ressources ci-dessous sont indicatives : les apprenants sont encouragés à chercher d'autres supports. Elles sont organisées par thématique en lien direct avec les compétences visées.

1. MLOps et cycle de vie des modèles

- Introduction aux MLOps (Microsoft Learn, FR) – notions de base, principes DevOps appliqués au ML. [Microsoft Learn](#)
- Guide détaillé sur le MLOps (Hackernoon, FR) – vision d'ensemble et bonnes pratiques. [hackernoon.com](#)
- Planifier le MLOps (AWS Prescriptive Guidance, FR) – bonnes pratiques structurées autour des données, entraînement, déploiement, surveillance. [AWS Documentation](#)

2. Méthodes Agiles / Scrum

- Guide Scrum officiel (FR, PDF) – définition du framework Scrum, rôles, événements, artefacts. [scrumguides.org+1](#)
- Introduction aux méthodes agiles & Scrum (Agiliste, FR) – article pédagogique pour comprendre l'approche agile. [L'Agiliste](#)
- Méthode Agile : guide d'introduction pour les débutants (Wimi, FR) – vulgarisation des principes agiles. [Wimi](#)

3. Intégration continue & livraison continue (CI/CD)

- Premiers pas avec GitLab : comprendre l'approche CI/CD (GitLab, FR) – article d'introduction à la CI/CD. [about.gitlab.com](#)
- Intégration continue : créez votre premier pipeline CI avec GitLab (FR) – guide pas-à-pas pour un pipeline de base. [about.gitlab.com](#)
- Documentation GitHub Actions (FR) – CI/CD avec GitHub, vue d'ensemble et démarrage rapide. [GitHub Docs+1](#)
- Tutoriels GitHub Actions (FR) – cas d'usage et exemples de workflows. [GitHub Docs+1](#)
- Cours OpenClassrooms – Mettez en place l'intégration et la livraison continues avec la démarche DevOps (FR) – approche complète CI/CD orientée DevOps. [OpenClassrooms](#)

4. Monitoring, observabilité, logs

- Tutoriel Prometheus & Grafana pour superviser vos serveurs (FR) – mise en place d'un monitoring de base. jjworld.fr
- Prometheus / Grafana : tutoriels en français (Xavki) – série de tutos vidéo sur le monitoring. [Xavki](#)
- Surveillance d'applications microservices avec Prometheus et Grafana (FR) – introduction aux métriques et tableaux de bord. [APIsix](#)
- Grafana : visualisation et monitoring clés (FR) – article pédagogique sur l'usage de Grafana. [Stéphane ROBERT](#)
- Introduction au monitoring des performances des modèles (New Relic, FR) – focus sur le suivi des modèles IA en production. docs.newrelic.com

5. MLOps en pratique (lectures complémentaires)

- Le MLOps au secours du Data Scientist (Davidson, FR) – article de vulgarisation sur les enjeux MLOps. [Davidson](#)
- Les clés pour comprendre l'importance du MLOps (LeMagIT, FR) – panorama des enjeux, technologies et retours d'expérience. [LeMagIT](#)