

- Guide Formateur : Questions Critiques - Activité 4 Maintenance Prédictive
  - 🎯 Objectif Pédagogique
  - 📋 Timing des Interventions
  - 🧑‍🏫 Questions Pièges par Étape
    - Après Prompt 1 : Chargement et Visualisation
      - Question 1 : "Vos données sont-elles fiables ?"
      - Question 2 : "Les statistiques de base sont-elles suffisantes ?"
    - Après Prompt 2 : Détection de Tendances
      - Question 3 : "Une régression linéaire est-elle toujours pertinente ?"
      - Question 4 : "Les projections dans le futur sont-elles crédibles ?"
    - Après Prompt 3 : Détection d'Anomalies
      - Question 5 : "Tous les pics sont-ils des anomalies ?"
      - Question 6 : "La corrélation implique-t-elle la causalité ?"
    - Après Prompt 4 : Recommandations Maintenance
      - Question 7 : "Le diagnostic IA est-il toujours correct ?"
      - Question 8 : "Les recommandations sont-elles applicables ?"
      - Question 9 : "Qui est responsable en cas d'erreur ?"
  - 🤖 Questions "Meta" sur l'IA
    - Question 10 : "L'IA comprend-elle vraiment votre équipement ?"
    - Question 11 : "L'IA peut-elle se tromper avec confiance ?"
    - Question 12 : "L'IA a-t-elle des biais cachés ?"
  - 🗨️ Synthèse : Grille d'Évaluation de l'Esprit Critique
  - 🎯 Objectif Final de la Session
  - 📌 Conseils d'Animation
    - Timing
    - Posture
    - Variation
    - Démonstration Live
  - ✅ Checklist de Débriefing Final (5 min)

# Guide Formateur : Questions Critiques - Activité 4 Maintenance Prédictive

---

## Objectif Pédagogique

---

**Ne pas laisser les apprenants accepter aveuglément les réponses de l'IA.**  
Ce guide contient des questions "pièges" pour révéler les limites, biais et angles morts de l'analyse IA en maintenance prédictive.

## Timing des Interventions

Moment	Durée	Type d'intervention
Après Prompt 1 (Visualisation)	5 min	Questions de vérification basique
Après Prompt 2 (Tendances)	8 min	Questions sur les hypothèses
Après Prompt 3 (Anomalies)	7 min	Questions sur la causalité
Après Prompt 4 (Recommandations)	10 min	Questions sur la responsabilité




## Questions Pièges par Étape

### Après Prompt 1 : Chargement et Visualisation

**Question 1 :** "Vos données sont-elles fiables ?"

**À poser :** "L'IA vous a généré de beaux graphiques. Mais comment savez-vous que vos données sont exactes ?"

**Ce qu'ils vont rater :**

-  L'IA ne vérifie PAS la qualité des données
-  Pas de détection automatique de capteurs défaillants
-  Pas de validation de cohérence temporelle (saut d'horodatage ?)

**Questions de relance :**

- "Et si un capteur de température était dérégulé depuis 3 mois ?"
- "Comment détecter qu'il manque des relevés horaires ?"
- "L'IA vérifie-t-elle que Machine\_ID est constant sur toute l'année ?"

**Révélation :** *L'IA traite les données comme du texte. Elle ne comprend pas qu'un capteur peut mentir.*

---

### Question 2 : "Les statistiques de base sont-elles suffisantes ?"

**À poser :** *"L'IA vous donne min, max, moyenne, écart-type. Mais que manque-t-il ?"*

**Ce qu'ils vont rater :**

- **✗** Médiane (plus robuste aux valeurs aberrantes que la moyenne)
- **✗** Distribution (normale ? bimodale ? asymétrique ?)
- **✗** Saisonnalité/cyclicité (variations journalières, hebdomadaires)

**Questions de relance :**

- "Si vous avez 10 relevés à 60°C et 1 pic à 200°C, quelle est la moyenne ? Est-elle représentative ?"
- "Une pompe vibre-t-elle autant à vide qu'en charge ?"
- "Température ambiante été vs hiver : impact sur les mesures ?"

**Révélation :** *L'IA donne ce qu'on lui demande. Elle n'anticipe pas les questions qu'on n'a pas posées.*

---

## Après Prompt 2 : Détection de Tendances

### Question 3 : "Une régression linéaire est-elle toujours pertinente ?"

**À poser :** *"L'IA a calculé une régression linéaire. Pourquoi est-ce potentiellement trompeur pour une usure mécanique ?"*

**Ce qu'ils vont rater :**

- **✗** L'usure est rarement linéaire (souvent exponentielle en fin de vie)
- **✗** La courbe en "baignoire" (failure rate curve) : début, vie normale, vieillissement
- **✗** Dégradation brutale possible (rupture soudaine après X cycles)

**Questions de relance :**

- "Un roulement s'use-t-il de façon constante ou accélère-t-il sa dégradation ?"

- "Montrez-moi le coefficient  $R^2$  de la régression : est-il proche de 1 ?"
- "Et si la tendance est exponentielle, pas linéaire ?"

### Démonstration piège :

*Montrez deux graphiques :*

- Tendance linéaire → prédiction dans 6 mois
- Tendance exponentielle avec mêmes 3 premiers mois → prédiction dans 2 mois

**Révélation :** *L'IA utilise des modèles mathématiques standards. Elle n'applique pas de connaissance métier (tribologie, fatigue des matériaux).*

---

### Question 4 : "Les projections dans le futur sont-elles crédibles ?"

**À poser :** *"L'IA vous dit que le seuil sera atteint dans 117 jours. Quelle est la marge d'erreur de cette prédiction ?"*

### Ce qu'ils vont rater :

- ❌ Intervalle de confiance (la prédiction a une incertitude !)
- ❌ Extrapolation dangereuse (prévoir loin dans le futur = fiabilité faible)
- ❌ Facteurs externes non modélisés (changement de cadence de production, maintenance corrective intermédiaire)

### Questions de relance :

- "L'IA vous donne une date précise. Vous donne-t-elle un intervalle du type  $\pm 15$  jours ?"
- "Si vous modifiez les 5 dernières valeurs de 2%, la prédiction change-t-elle beaucoup ?"
- "La pompe fonctionne 12h/jour ou 24h/jour ? L'IA le sait-elle ?"

**Révélation :** *L'IA donne une illusion de précision. Un ingénieur doit toujours intégrer une marge de sécurité.*

---

## Après Prompt 3 : Détection d'Anomalies

### Question 5 : "Tous les pics sont-ils des anomalies ?"

**À poser :** *"L'IA a détecté 12 anomalies avec la règle 'moyenne + 2σ'. Sont-elles toutes préoccupantes ?"*

**Ce qu'ils vont rater :**

- **✗** Pic normal lors d'un démarrage à froid (courant d'appel)
- **✗** Pic normal en charge maximale planifiée
- **✗** Pic isolé vs série de pics (l'un est un événement, l'autre une tendance)

**Questions de relance :**

- "Un pic de courant de 30 secondes est-il aussi grave qu'une vibration élevée maintenue 3 heures ?"
- "Y a-t-il des timestamps d'anomalies le lundi matin à 6h ? (= démarrage)"
- "L'IA vous dit QUE c'est une anomalie, vous dit-elle POURQUOI ?"

**Révélation :** *L'IA détecte des valeurs statistiques atypiques, pas des problèmes techniques. Le contexte industriel est invisible pour elle.*

---

**Question 6 :** *"La corrélation implique-t-elle la causalité ?"*

**À poser :** *"L'IA remarque que température et vibration augmentent simultanément. Qu'est-ce qui cause quoi ?"*

**Ce qu'ils vont rater :**

- **✗** La vibration peut créer de la friction → chaleur (causalité : vibration → température)
- **✗** OU la chaleur peut déformer une pièce → vibration accrue (causalité : température → vibration)
- **✗** OU les deux sont causés par un 3ème facteur (ex: désalignement)

**Questions de relance :**

- "Si vous corrigez la vibration, la température baissera-t-elle automatiquement ?"
- "L'IA vous dit qu'ils sont corrélés. Vous dit-elle le mécanisme physique ?"
- "Et si les deux évoluent à cause d'une charge de travail accrue ?"

**Démonstration piège :**

*"Les ventes de glaces et les noyades sont corrélées. Faut-il interdire les glaces pour*

*sauver des vies ?"*

→ Non, les deux sont causés par l'été (3ème facteur)

**Révélation :** *L'IA trouve des patterns statistiques, pas des mécanismes causaux. Le diagnostic nécessite de la connaissance métier.*

---

## Après Prompt 4 : Recommandations Maintenance

**Question 7 :** "Le diagnostic IA est-il toujours correct ?"

**À poser :** "L'IA vous dit 'usure probable du roulement'. Sur quoi se base-t-elle ?"

**Ce qu'ils vont rater :**

- **✗** L'IA se base sur des **patterns textuels** dans sa formation (articles, forums, manuels)
- **✗** Elle n'a PAS accès à l'historique de cette machine spécifique
- **✗** Elle ne connaît PAS le modèle exact, l'âge réel, l'environnement (poussière, humidité)

**Questions de relance :**

- "L'IA a-t-elle visité votre usine ?"
- "Connaît-elle la marque et le modèle de votre pompe ?"
- "Si 3 autres pompes identiques tournent sans problème, que dit l'IA ?"

**Scénario piège :**

*"Supposons que votre pompe soit installée dans une zone sableuse. L'IA le sait-elle ? Pourtant, le sable change tout au diagnostic (abrasion vs usure normale)."*

**Révélation :** *L'IA fait de l'inférence statistique basée sur sa formation. Elle ne fait pas d'inspection terrain.*

---

**Question 8 :** "Les recommandations sont-elles applicables ?"

**À poser :** "L'IA recommande une intervention dans 6 semaines. Est-ce réaliste ?"

**Ce qu'ils vont rater :**

- ❌ Délai d'approvisionnement des pièces (roulement spécial : 8 semaines ?)
- ❌ Planning de production (arrêt impossible en haute saison ?)
- ❌ Disponibilité des compétences (technicien spécialisé en congés ?)
- ❌ Coût (budget maintenance déjà épuisé ce trimestre ?)

#### Questions de relance :

- "L'IA a-t-elle accès à votre ERP pour vérifier le stock de pièces ?"
- "Connaît-elle votre calendrier de production ?"
- "Si le roulement vient d'Allemagne et qu'il y a une grève des transports ?"

**Révélation :** *L'IA optimise sur les données fournies. Elle ignore les contraintes organisationnelles réelles.*

---

#### Question 9 : "Qui est responsable en cas d'erreur ?"

**À poser :** *"Vous suivez la recommandation IA, et la pompe tombe en panne quand même 3 jours après. Qui est responsable ?"*

#### Ce qu'ils vont rater :

- ❌ L'IA n'a aucune responsabilité légale
- ❌ Le technicien/ingénieur reste le décideur final
- ❌ Il faut documenter pourquoi on accepte ou rejette une recommandation IA

#### Questions de relance :

- "Pouvez-vous écrire dans votre rapport : 'L'IA a dit de faire comme ça' ?"
- "Si un accident survient, qui va témoigner au tribunal : vous ou l'IA ?"
- "Que se passe-t-il si l'IA se contredit d'un prompt à l'autre ?"

#### Exercice piège :

*"Relancez le même prompt 3 fois. Les recommandations sont-elles identiques ?"*

→ Non, l'IA a une variabilité (température de génération > 0)

**Révélation :** *L'IA est un outil d'aide à la décision, pas un décideur. La responsabilité reste humaine.*

---



## Questions "Meta" sur l'IA

---

# Question 10 : "L'IA comprend-elle vraiment votre équipement ?"

Expérience piège à faire en direct :

1. **Demandez à l'IA** : *"Décris-moi en détail comment fonctionne une pompe centrifuge industrielle."*
2. **Puis demandez** : *"Quelle est la différence entre un roulement à billes et un roulement à rouleaux dans ce contexte ?"*
3. **Enfin** : *"Sur la base de mes données, lequel est installé sur ma pompe ?"*

Résultat attendu :

L'IA donnera des réponses génériques plausibles, mais ne pourra PAS déterminer le type exact de roulement car **cette information n'est pas dans les données fournies**.

Révélation : L'IA simule la compréhension par génération de texte cohérent. Elle n'a pas de modèle physique interne de votre équipement.

---

# Question 11 : "L'IA peut-elle se tromper avec confiance ?"

Expérience piège :

Modifiez artificiellement le CSV pour créer une incohérence flagrante :

```
Timestamp,Machine_ID,Temperature_C,Vibration_mm_s,Courant_A
2024-06-15 14:00:00,PMP-042,85,12.5,18
```

(Valeurs toutes au-delà des seuils critiques, mais pas en situation d'alarme dans le contexte)

**Demandez à l'IA** : *"Ces valeurs sont-elles normales ?"*

Résultat attendu :

L'IA pourrait dire "Ce sont des valeurs préoccupantes" MAIS sans déclarer une incohérence logique (si tous les seuils sont dépassés, pourquoi n'y a-t-il pas eu d'arrêt automatique ?).



**Révélation :** *L'IA peut affirmer des choses fausses avec un ton très confiant. Elle ne dit jamais "je ne sais pas" spontanément.*

---

## Question 12 : "L'IA a-t-elle des biais cachés ?"

**À poser :** *"L'IA recommande un remplacement de roulement. Recommandera-t-elle toujours une solution technique coûteuse plutôt qu'un simple réglage ?"*

**Ce qu'ils vont rater :**

- ✗ Les textes d'entraînement de l'IA viennent souvent de **fabricants** (qui vendent des pièces)
- ✗ Moins de documentation sur les solutions "low-tech" (resserrer des boulons vs remplacer)
- ✗ Biais vers le "high-tech" (capteurs IoT) vs "low-tech" (vérification visuelle)

**Expérience :**

Relancez le prompt 4 en ajoutant :

*"Privilégie les solutions ne nécessitant PAS de remplacement de pièces."*

**Résultat attendu :**

L'IA proposera alors des vérifications, réglages, recalibrations avant remplacement.

**Révélation :** *L'IA reproduit les biais de ses sources. Il faut explicitement contraindre pour obtenir des alternatives.*

---

## Synthèse : Grille d'Évaluation de l'Esprit Critique

---

Utilisez cette grille pour évaluer les apprenants **au-delà de la réussite technique** :

Critère	★ Débutant	★★ Intermédiaire	★★★ Expert
Validation données	Accepte les données sans vérification	Vérifie cohérence de base (types, ranges)	Questionne qualité capteurs, gaps, calibration

Critère	★ Débutant	★★ Intermédiaire	★★★ Expert
Interprétation stats	Lit les chiffres donnés	Compare min/max/avg	Demande médiane, distribution, outliers
Confiance en prédiction	Prend la date prédite au pied de la lettre	Mentionne "environ"	Demande intervalle de confiance, sensibilité
Causalité	Confond corrélation et cause	Identifie plusieurs causes possibles	Propose expérience pour tester causalité
Contextualisation	Recommandation IA = décision finale	Adapte selon calendrier/budget	Intègre historique machine, environnement, org
Responsabilité	"L'IA a dit que..."	"L'IA suggère, je décide"	Documente hypothèses, limites, pourquoi accepté/rejeté



## Objectif Final de la Session

Les apprenants doivent repartir avec cette conviction :

*"L'IA est un outil puissant pour analyser rapidement des données et proposer des pistes. MAIS je reste le pilote : je valide les données, je questionne les hypothèses, je contextualise les recommandations, et j'assume la décision finale."*

Phrase à répéter :

*"L'IA ne remplace pas l'expertise métier, elle l'amplify. Mais un amplificateur d'erreur reste une erreur."*



# Conseils d'Animation

---

## Timing

- **Ne balancez PAS toutes les questions d'un coup** → frustration
- **Intercalez** : 2-3 questions par étape, quand ils semblent satisfaits
- **Créez le doute progressivement**

## Posture

- **Ne soyez pas condescendant** : "Ah, vous êtes tombés dans le piège !"
- **Soyez Socratique** : "Qu'est-ce qui vous rend sûr de cette réponse ?"
- **Valorisez le doute** : "Excellente question ! Vous commencez à penser comme un ingénieur critique."

## Variation

- **Adaptez selon le niveau** : avec des experts, allez directement aux questions 10-12
- **Si groupe faible** : focalisez sur questions 1, 3, 9 (bases)

## Démonstration Live

- **Projetez l'écran** et relancez vous-même un prompt pour montrer la variabilité des réponses
- **Modifiez une donnée CSV en direct** pour montrer que l'IA ne détecte pas l'incohérence



## Checklist de Débriefing Final (5 min)

---

À la fin de l'activité, posez ces 3 questions au groupe :

1. **"Citez 2 choses que l'IA fait très bien dans cette activité."**

→ *Attendu : visualisation rapide, calculs statistiques, génération de code*

2. **"Citez 2 choses que l'IA ne peut PAS faire seule."**

→ *Attendu : validation qualité données, connaissance du contexte terrain, prise de responsabilité*

3. **"Si demain vous utilisez l'IA pour un vrai diagnostic, quelle sera votre première précaution ?"**

→ *Attendu : vérifier les données sources, croiser avec expertise humaine, documenter la décision*

---

**Bonne chasse aux idées reçues ! 🎯**