

**Charpenay Côme**  
**14/10/25**

**Sio 1**

**Avancée Technologique Course Auto**  
**Veille Technologique 1**

**Système "override"** / boost pour l'énergie électrique en F1 2026

Une fonction style "push-to-pass" appelée "override" permet au pilote de **déployer un supplément de puissance électrique à certaines vitesses** (ex.  $\sim 355$  km/h) ou circonstances, ce qui introduit davantage de stratégie de gestion d'énergie. [Autosport+1](#)

Contrôles adaptatifs & algorithmes pour conditions dynamiques

**"M-Predictive Spliner"**: méthode pour anticiper les trajectoires de plusieurs adversaires dans des courses autonomes, pour des dépassements plus sûrs, dans des environnements rapides. [arXi](#)

<https://youtu.be/Zqd-OcUf77k?si=2ZHIGtbKeGGJ6zKI>

Série«Extreme H» :

Courses de SUV à hydrogène

Lancée en octobre 2025, Extreme H est une série de courses off-road avec des véhicules silhouette fonctionnant à l'**hydrogène**. Très en ligne avec la durabilité. 75 kW issu d'énergies renouvelables

## **Wind tunnel + capteurs / Edge AI chez Aston Martin**

**beaucoup de capteurs miniatures haute sensibilité, avec des contraintes fortes en puissance / dissipation de chaleur, et un traitement de données en temps réel "edge AI" (capteurs + microcontrôleurs embarqués) pour filtrer le signal/noise, et corrélation directe avec la CFD (simulation de dynamique des fluides) et les données de piste.**

### **Capteurs et instruments utilisés**

**Pression/pTaps & pressure-sensitive paint (PSP / uPSP) : cartes de pression non-intrusives sur surfaces ; utile pour champs de pression non stationnaires.**

**Hot-wire / pitot / anémomètres et sondes de pression : pour mesurer profils de vitesse et turbulence locale.**

**Balance multiaxe 6-DOF à l'intérieur de la maquette pour forces et moments (essentiel pour coefficients aérodynamiques).**

**Instrumentation rotative pour roues (si modèle avec roues) + capteurs de température à l'intérieur des roues).**

**Capteurs inertiels miniatures (IMU) sur la maquette pour suivre vibrations / instabilités.**

**Caméras haute vitesse & PIV (Particle Image Velocimetry) pour visualiser champs de vitesse ; utilisée ponctuellement car volumineuse.**

**Thermocouples et capteurs de contrainte/strain gauges sur les éléments (aileron, gurney) pour vérifier charges.**

**Acquisition temps-réel : centaines à milliers de signaux à kHz (balances, PSP, sondes).**

## **Wind-tunnel moderne + capteurs et edge AI (flux de développement aéro ↔ piste)**

### **Architecture « edge + cloud » et workflow**

**Pré-traitement à l'edge (PC industriels / compute embarqué ARM / Jetson / FPGA) : filtrage, décimation intelligente, débruitage, extraction de features (p. ex. gradients de pression, RMS turbulence). L'objectif : réduire le flux avant envoi au centre de calc (gain en latence et stockage).**

**Comparaison continue avec CFD : simulations CFD (haute-fidélité) tournent en parallèle ; l'edge aligne et signale divergences (validation rapide d'un nouveau déflecteur).**

**Boucle de rétroaction : si l'edge détecte un motif prometteur (ex. baisse de traînée), l'équipe déclenche une campagne de mesures plus fines / itérations 3D print pour prototype.**

**Base de données événementielle (extraction d' "insights") pour builds futurs.**

## **Matériel / logiciels typiques**

- **Compute edge** : modules ARM (haute efficacité) ou NVIDIA Jetson / plateformes EGX pour inférence (modèles ML compressés).
- **Accélération** : FPGA pour filtres temps-réel très bas-latence (ex. décimateur, FFT).
- **Middleware** : bus temps réel (Ethernet temps réel, TSN, ou bus dédiés) + synchronisation PTP/NTP pour aligner données.
- **Outils** : pipelines ML (prédiction d'effets aéro), frameworks d'inférence légers (ONNX Runtime, TensorRT).

## **Usages concrets / gains**

- raccourcissement du cycle conception → validation (moins d'itérations physiques), prise de décision plus rapide pendant les sessions tunnel, meilleure corrélation piste/tunnel.
- optimisation multi-variable (balance traînée/portance/effets latéraux) via

**modèles de substitution (surrogate models) entraînés sur données tunnel+CFD.**

### **Limites et points d'attention**

- **synchronisation temporelle entre mesures tunnel et CFD/piste (nécessite horodatage sub-ms).**
- **psp/unsteady PSP : puissance lumineuse, calibration et bande passante temporelle limitent la capture d'événements rapides.**
- **chauffe/ventilation des bancs d'électronique (besoin de refroidissement local pour les ADC/FPGA).**
- **fidélité d'échelle (50–60 %) : certaines structures d'écoulement ne se transposent pas linéairement (Reynolds scaling) — nécessité de modèles correctifs.**

## **TPMS / surveillance pression pneu en direct (live telemetry)**

### **Technologie des capteurs (dans la roue)**

- **Capteurs TPMS modernes : modules MEMS (pression) + capteur de température + MCU + émetteur RF (ou couplés via capteur sur jante).**
- **Options avancées : capteurs filaires via bague collectrice dans jante (plus fiable pour F1 où fiabilité et bande passante sont prioritaires) ; capteurs optiques / fibre optique embarqués pour mesures de contrainte et température distribuée (expérimental).**

### **Transmission et intégration**

- **Sur piste : la donnée passe par le concentrateur électronique roue → ECU → télémétrie voiture via CAN/ethernet interne. Les équipes implémentent data-fusion (température surface + pression interne + taux de chute) pour estimer sur-chauffe, délaminage, ou perte lente.**



- **Pour contrôle réglementaire : Pirelli propose que les équipes envoient un flux minimal (pression, température, timestamp, ID pneu) aux officiels via la télémétrie live. Cela demande standardisation du format et garanties anti-manipulation.**

[Scuderia Fans](#)

## **Télémétrie massive + IA en temps réel (architecture, méthodes, cas d'usage)**

### **Pipeline technique (du capteur au décisionnel)**

1. **Acquisition embarquée : capteurs → ECU / DAQ (CAN, FlexRay, Automotive Ethernet). Horodatage PTP pour synchronisation.**
2. **Filtrage & réduction (edge) : downsampling, extraction de features (p. ex. puissance spectrale, croisements de capteurs), compression basée sur événements.**
3. **Transmission : radio à bande dédiée vers box équipe → routeurs / lien sécurisé → cloud/centre de données (ou compute**

**local race HQ).**

- 4. Stockage & indexation : data lake (temps-série), catalogage métadonnées (car, config, piste, session).**
- 5. Traitement & ML : pipelines batch + temps-réel (streaming) pour :**
  - **prédiction usure pneus, fenêtre optimale de pit, stratégie carburant (hors scope moteur ici),**
  - **détection d'anomalies système (suspension, freins),**
  - **modèle de pilotage / assistance ingénieur (que faire dans X tours).**
- 6. Visualisation / aides : dashboards stratège, alertes automatisées, simulations what-if.**

**[SingleStore+1](#)**

## **Types de modèles et techniques utiles**

- **Modèles temps-série : LSTM/GRU ou Transformers pour séries longues (ex. prédire dégradation en 20-30 tours).**
- **Surrogate models / metamodels : remplacements rapides pour CFD (réponse d'un ajusteur aérodynamique).**
- **Anomaly detection : isolation forests, auto encodeurs pour détecter signaux inhabituels (p.ex. défaillance capteur, début de casse d'élément).**
- **Bayesian optimization / reinforcement learning : optimisation de stratégies (simulateur + données réelles).**
- **Digital twin : jumeau numérique du véhicule couplé aux flux réels pour exécuter scénarios "si on change X" (nécessite synchronisation et calibration permanente). [Financial Times](#)**

## **Contraintes opérationnelles (network, latence, sécurité)**

- **Bande passante limitée sur le lien piste→box (vidéo HD lourde, logs bruts non prioritaires). D'où l'intérêt du pré-traitement et de l'envoi d'insights.**
- **Sécurité / confidentialité : données stratégiques (setup, performance) doivent être chiffrées et accessibles seulement par le personnel autorisé.**
- **Robustesse : perte de paquet, interférences radio ; protocoles résilients + réplication locale indispensables.**

## **Cas d'usage concrets dans la course**

- **Stratégie en temps réel : prédiction usure pneus par ML et scénarios multi-pit.**
- **Détection précoce de défaillance : capteur de suspension signale dérive ; auto-alerte pour pit stop planifié avant casse.**
- **Analyse post-session : entraînement de modèles sur données historiques pour**

accélérer développement aérodynamique  
et réglages.

[The National+1](#)

McLaren utilise un design de conduits de refroidissement arrière amélioré (**rear brake duct**) qui aide à mieux gérer la température des pneus, surtout à l'arrière.