



ENGINEERING SCHOOL

ÉCOLE D'INGÉNIEURS - CAMPUS DE CACHAN

RAPPORT DE STAGE D'EXÉCUTION 1A

*Contrôle qualité et métrologie sur une ligne d'usinage
de carters-cylindres diesel*

AMPERE

GROUPE RENAULT - USINE DE CLÉON

Cléon (Seine-Maritime) - du 22 juin au 17 juillet 2026

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe de l'atelier d'usinage de carters-cylindres diesel du site Ampere de Cléon pour son accueil et le temps consacré à ma formation durant ces quatre semaines de stage.

Je remercie tout particulièrement [REDACTED], chef d'équipe, qui m'a accueilli dès le premier jour et intégré au fonctionnement de l'atelier, ainsi que les chefs mécaniciens, en particulier [REDACTED], pour leur disponibilité.

Mes remerciements vont également à [REDACTED], technicien du poste de métrologie tridimensionnelle Zeiss (« 3D »); à [REDACTED], technicien en charge du contrôle qualité; et à [REDACTED], technicien chargé de contrôler périodiquement la qualité des pièces en bout de chaîne, sur les machines de son périmètre. Tous trois ont pris le temps de m'expliquer leurs procédures respectives et de répondre à mes questions au quotidien.

Je remercie enfin l'ensemble du personnel de l'atelier, opérateurs, techniciens de maintenance, équipe qualité et équipe en charge du maintien de la performance de l'outillage, pour leur patience et leur pédagogie.

Je souhaite également remercier l'ensemble des personnes qui, du côté de l'EPF, m'ont accompagné dans la préparation et le suivi de ce stage : Katia Garceran, directrice du campus de Cachan; Dalila Addoun, qui m'a aidé dans les démarches liées au stage, sur la méthodologie comme sur l'administratif; Antonin Bourgeois, responsable pédagogique de ma première année; Sonia Belhoum, responsable du pôle scolarité et stages; Frédéric Laurent, chargé d'insertion professionnelle; Odile Matisse Sarralie, directrice adjointe formation et recrutement, qui nous a aidés à préparer nos CV et lettres de motivation; ainsi que Dilnoza Iristayeva, consultante gestion chez Gi Group, avec qui j'ai beaucoup échangé au sujet de ce stage. Je remercie enfin l'ensemble de mes professeurs de cette année pour la formation qui m'a permis d'aborder ce stage dans de bonnes conditions.

Côté Ampere, je remercie également Isabelle Tourard-Pasco, chargée des relations école-entreprise, qui a reçu et traité mon dossier de candidature.

Sommaire

Remerciements	2
1 Introduction	4
2 Présentation de l'entreprise	5
2.1 Le groupe Renault et la filiale Ampere	5
2.2 Le site de Cléon	5
2.3 Valeurs de l'entreprise	5
2.4 Concurrence et positionnement	6
2.5 Structure d'accueil dans l'organigramme	6
3 Travail effectué	7
3.1 Vue d'ensemble des missions	7
3.2 Entretien et réglage des outils de coupe	9
3.3 Tâche détaillée : diagnostic et réparation du banc de contrôle d'étanchéité	11
3.4 Autre exemple : tri qualité des carters défectueux et retour fournisseur	12
3.5 Autre exemple : réglage de précision des chapeaux de paliers	13
3.6 Non-conformités de taraudage et de rugosité liées à la température	17
3.7 Autres exemples d'interventions courantes	17
3.8 Description d'une journée type	19
4 Conditions de travail et environnement social	20
4.1 Aspects humains	20
4.2 Milieu du travail : sécurité, hygiène et dialogue social	21
4.3 Politique environnementale et responsabilité sociétale	22
5 Développement de compétences	24
6 Conclusion	24
Annexes	25
Annexe 1 : Glossaire technique	25
Annexe 2 : Illustrations complémentaires	25

1. Introduction

As part of the first-year engineering curriculum at EPF (Cachan campus), students are required to complete an execution internship, giving a first, hands-on experience of professional life at operator level. This report presents the four-week internship I completed at Ampere, the Renault Group subsidiary, at the Cléon plant in Normandy (Seine-Maritime, France), from 22 June to 17 July 2026, within the machining workshop for diesel cylinder blocks.

I obtained this internship through personal networking. A friend of my sister had previously completed an internship at this same plant, and put me in touch with the person who had supervised him there. I contacted this person directly, sending a cover letter together with my CV, which led to my being accepted for this internship.

Beyond these practical circumstances, choosing to spend it in an automotive machining workshop was also a deliberate decision on my part. I have long been passionate about the automotive world, and I would like to build my future engineering career within it, ideally in motorsport, or more broadly in a demanding, cutting-edge industry such as aerospace. Discovering, from the inside, how a major manufacturer like Renault designs, controls and industrialises a mechanical part felt like a natural first step towards that ambition.

This internship had three main aims. It was meant to give me a sense of the workload involved in an operator-level position, to expose me to the human and social realities of shop-floor work (schedules, rules, hierarchical and human relationships), and to help me discover the structure and functioning of a large industrial company.

During my time at Cléon, working under the supervision of the workshop's team leader, [REDACTED], I was assigned to the quality control and metrology activities of the diesel cylinder-block machining line, which included dimensional inspection of machined parts, visual quality control, leak-tightness testing, and maintenance of cutting tools.

This report begins by presenting Ampere and the Cléon plant, as the context needed to make sense of everything that follows. It then turns to the tasks I actually carried out there, illustrated through detailed examples and a typical working day, before stepping back to look at the working conditions and social environment in which that work took place. Drawing on this whole experience, I finally summarise the engineering skills it helped me develop and close with a broader reflection on what this internship meant to me.

2. Présentation de l'entreprise

2.1 Le groupe Renault et la filiale Ampere

Ampere est l'entité du groupe Renault dédiée aux véhicules électriques et au logiciel. Annoncée le 8 novembre 2022 sous le nom initial de « Renault Electricity », elle a pris le nom d'Ampere en 2023 et ambitionne de devenir le numéro un européen du véhicule électrique. Elle est dirigée par Luca de Meo et emploie environ 10 000 salariés, dont un tiers d'ingénieurs, principalement répartis entre la France (Douai, Cléon, Ruitz, Maubeuge) et d'autres implantations en Europe.

Sur le plan financier, Ampere visait un chiffre d'affaires supérieur à 10 milliards d'euros en 2025, avec un objectif de croissance annuelle d'environ 30 % pour dépasser 25 milliards d'euros en 2031. Après avoir renoncé à un projet d'introduction en bourse distincte, le groupe Renault a engagé, à compter du 1^{er} juillet 2026, une simplification de l'organisation juridique mise en place en novembre 2023, par laquelle environ 2 500 salariés changent alors de société de rattachement. J'ai pu observer cette bascule de l'intérieur : à mon arrivée, toute mon équipe dépendait encore d'Ampere, mais au bout de deux semaines de stage, le service auquel j'appartenais a été rattaché à Renault.

2.2 Le site de Cléon

Le site de Cléon, en Seine-Maritime, est l'une des plus anciennes usines du groupe Renault. Historiquement tournée vers la production de moteurs et de boîtes de vitesses thermiques, l'usine est aujourd'hui engagée dans une transformation profonde vers la fabrication de moteurs électriques : elle produit notamment le moteur électrique de l'Alpine A390, et doit accueillir à partir de 2028 la production du moteur E7A, développé conjointement par Renault et Valeo. Le groupe a annoncé un investissement de 133 millions d'euros sur le site d'ici 2028, accompagné d'environ 50 recrutements sur 2025-2026, portant l'effectif au-delà de 3 200 salariés.

Sa première pièce y a été usinée le 2 septembre 1958. Son histoire est ensuite jalonnée d'étapes marquantes, à savoir le moteur C, premier moteur fabriqué sur le site, en 1962, la création de la fonderie d'aluminium en 1964, puis le lancement du moteur F8M, premier moteur diesel du site, en 1981. Vient ensuite la création des Unités Élémentaires de Travail (UET), l'échelon organisationnel de base de l'atelier encore en vigueur aujourd'hui, en 1991, avant le lancement en 2005 du moteur M9, premier moteur issu de l'Alliance Renault-Nissan et famille à laquelle appartient précisément le moteur M9R sur lequel j'ai travaillé. Le site a ensuite amorcé sa bascule vers l'électrique, avec la production de son premier moteur électrique (5AX) en 2015, jusqu'à la création d'Ampere en 2023, année où il a également franchi le cap des 100 millions d'organes produits en 66 ans d'histoire.

Extrait de carnet (25 juin)

« Ils étaient 11 000 à l'époque, maintenant on est à 2 500 personnes avec la robotisation. »

Ce témoignage recueilli sur le terrain contraste avec les chiffres officiels du site, qui comptait plus de 3 200 salariés en 2025, dont plus de 150 apprentis. L'écart traduit sans doute une évolution mesurée sur un périmètre plus restreint que l'usine entière, probablement l'atelier ou le service de production de mon interlocuteur, mais illustre bien la perception, par le personnel, d'une automatisation croissante des postes.

Aujourd'hui première usine mécanique d'Ampere, le site de Cléon est organisé en quatre départements de production (fonderie et usinage aluminium, boîtes de vitesses, moteurs thermiques, groupes motopropulseurs électriques), auxquels s'ajoutent des départements supports (logistique, qualité, maintenance, ingénierie) et des services tertiaires (ressources humaines, communication, gestion). Il compte 129 lignes de production, 6 lignes d'assemblage, environ 6 000 machines et plus de 600 robots, travaille avec 39 sites clients et 355 sites fournisseurs dans le monde, et reçoit ou expédie environ 240 camions par jour. Plus de 100 millions d'euros y ont été investis depuis 2018 pour répondre aux nouveaux enjeux, notamment liés à l'électrification. L'usine alimente également l'Alliance Renault-Nissan ; environ 46 % de son activité est destinée à Renault et 54 % à d'autres marques du groupe et de l'Alliance (Dacia, Nissan, Infiniti notamment).

Cette transformation du site est perceptible au quotidien. Durant mon stage, le réseau d'eau de l'atelier a par exemple dû être modifié à la suite de la fermeture d'un atelier voisin, signe concret d'une réorganisation industrielle en cours sur le site.

2.3 Valeurs de l'entreprise

J'ai remarqué ces valeurs dès les premiers jours, sur les tenues de travail des opérateurs : un t-shirt où l'on peut lire « Les meilleurs s'équipent chez nous, Usine de Cléon, Fiers, Performants, Audacieux ». Cette fierté d'appartenance au site n'est pas qu'un slogan imprimé sur un vêtement. Je l'ai retrouvée au quotidien dans l'exigence de rigueur qualité appliquée à chaque carter contrôlé, et plus encore dans l'entraide entre opérateurs face aux aléas de production, par exemple lors de la panne du groupe de froid en pleine canicule.

J'ai retrouvé ce même discours, en plus détaillé, dans le message d'accueil que le directeur de l'usine, Christophe Clément, adresse aux nouveaux arrivants. Il y insiste sur « la solidarité, l'entraide et le respect mutuel », et présente la santé et la sécurité comme des « priorités absolues ». La politique qualité du site s'appuie sur un « Plan Satisfaction Client » qui décline sept axes : conformité, réactivité, qualité perçue, fiabilité et durabilité, qualité de service, adéquation aux attentes, et communication. J'ai aussi pu observer, pendant mon stage, un exemple concret de la politique de reconnaissance individuelle du site, avec des bons cadeaux « HD » remis pour un comportement exemplaire ou pour une action bénéfique à la sécurité, à la qualité, aux délais ou à l'environnement.

2.4 Concurrence et positionnement

En tant que constructeur généraliste, Renault, et sa filiale Ampere pour le segment électrique, évolue dans un marché automobile européen très concurrentiel, face à des constructeurs comme Stellantis, Volkswagen, ou les constructeurs asiatiques de plus en plus présents sur le segment électrique. Au niveau du site de Cléon, la logique de compétitivité se traduit concrètement par la recherche de gains de productivité (automatisation, robotisation) et par le maintien d'un haut niveau d'exigence qualité vis-à-vis des clients internes du groupe et de l'Alliance : le site travaille avec 39 sites clients et 355 sites fournisseurs dans le monde, ce qui suppose une fiabilité et une traçabilité irréprochables sur chaque pièce livrée.

Le site met aussi en avant ses deux certifications ISO (ISO 14001 pour l'environnement, ISO 50001 pour l'énergie, détaillées en section 4.3), qui deviennent un argument de compétitivité à part entière face à des constructeurs internationaux de plus en plus regardants sur l'empreinte environnementale de leurs fournisseurs. La pression concurrentielle pousse ainsi le site à réduire ses coûts tout en démontrant une trajectoire crédible de décarbonation.

2.5 Structure d'accueil dans l'organigramme

J'ai été accueilli au sein de l'atelier d'usinage de carters-cylindres diesel, qui relève du département Moteurs thermiques du site, dirigé par Sébastien Ricca, lui-même rattaché à la direction de l'usine (Christophe Clément, directeur de l'usine, assisté de Jonathan Larcher, sous-directeur). À l'échelle de l'atelier, l'organisation de base est l'Unité Élémentaire de Travail (UET), un échelon créé en 1991 et toujours en vigueur aujourd'hui : mon interlocuteur direct, [REDACTED], en est le chef d'équipe (« chef d'UET »). Il encadre au quotidien deux à trois chefs mécaniciens selon les périodes (dont [REDACTED]), une équipe de techniciens de maintenance, ainsi que deux personnes en charge de la qualité et du maintien en condition des outils, l'une d'elles encadrant elle-même un mécanicien dédié.

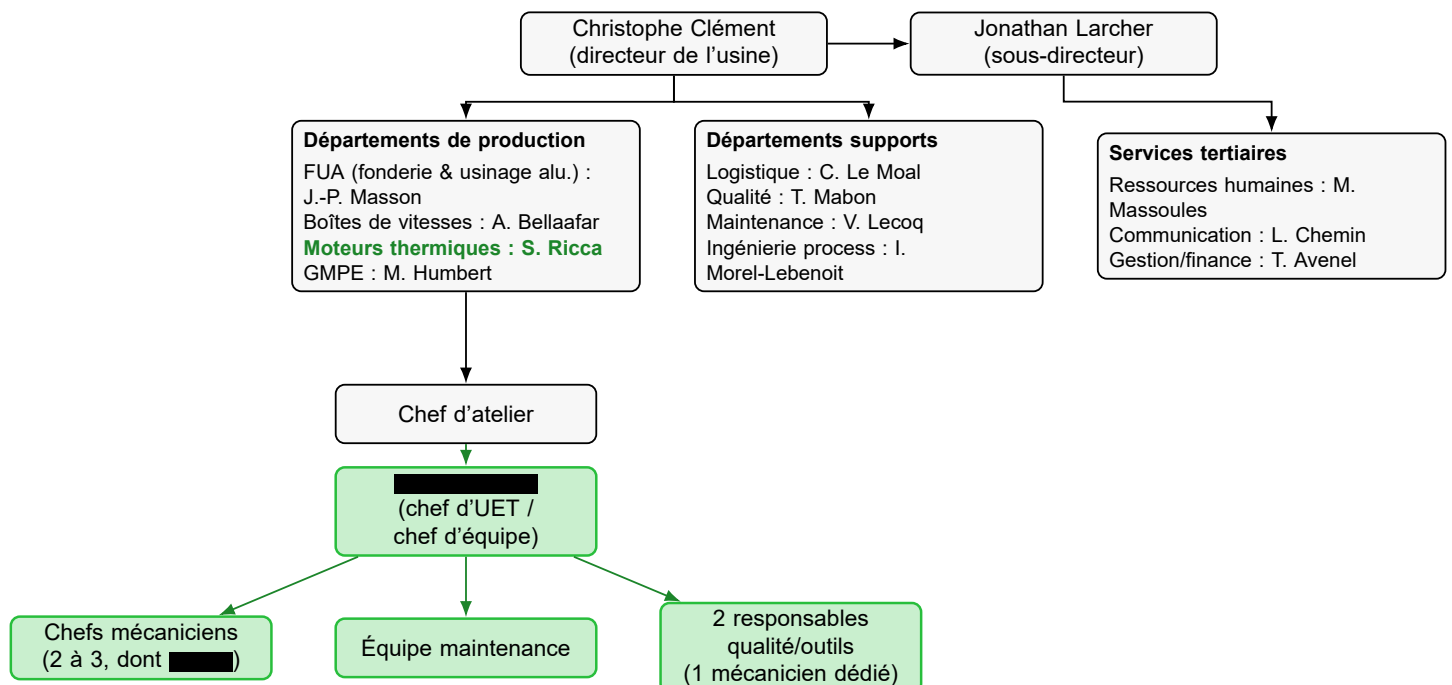


FIGURE 1. Organigramme du site et positionnement de l'atelier d'accueil (en vert), depuis la direction jusqu'aux chefs mécaniciens (source : organigramme du comité de direction, livret d'accueil Ampere 2025, qui m'a été envoyé avant le début du stage).

3. Travail effectué

3.1 Vue d'ensemble des missions

Durant mon stage, j'ai été intégré à l'ensemble des activités de contrôle qualité et de métrologie de l'atelier d'usinage de carters-cylindres diesel (moteur M9R), en tournant sur plusieurs postes au fil des semaines (le vocabulaire technique employé dans cette section est défini en Annexe 1, p. 25). La logique de l'atelier m'a été résumée ainsi par un technicien : « chaque machine fait quelque chose de particulier, et à chaque machine correspond un poste de mesure », un principe que j'ai pu observer concrètement d'un poste à l'autre :

- le palpement dimensionnel des carters sur machines de métrologie (Mahr) après usinage, avec un contrôle fréquentiel assuré notamment par [REDACTED], la machine s'arrêtant régulièrement pour vérifier une pièce étalon avant de reprendre la production.
- le contrôle visuel des carters (écaillages, oxydation, manques de matière, impacts), que j'ai souvent fait en binôme avec [REDACTED].
- le poste de métrologie tridimensionnelle (« 3D »), sur lequel j'ai remplacé un vendredi le technicien titulaire, [REDACTED]. Cela consistait à faire les relevés d'état de surface, choisir le bon programme de mesure selon l'étiquette de chaque pièce, puis saisir les résultats dans un fichier Excel partagé ; en cas de résultat non conforme, j'imprimais un « protocole de modification » à l'attention du chef mécanicien référent, [REDACTED].
- le contrôle d'étanchéité des carters sur banc dédié (appareil ATEQ).
- la préparation et le réglage des outils coupants (plaquettes, fraises, têtes de rodage), détaillée en section 3.2.
- le tri qualité des carters présentant des non-conformités, en vue de leur retour au client Nissan pour décision (utilisation, retouche ou mise au rebut).



IMAGE 2. Positionnement d'un carter-cylindres sur le montage de la machine de métrologie tridimensionnelle Zeiss Prismo, à l'aide d'un palan à chaîne (capacité 125 kg).

3.2 Entretien et réglage des outils de coupe

Une partie de mon temps a été consacrée à l'entretien du parc d'outils coupants de l'atelier (fraises, forets, têtes de rôdage). La journée commence par le nettoyage et le séchage des outils utilisés dans la semaine, avant leur rangement dans une armoire automatique centralisée, où nous les répartissons nous-mêmes de manière à distinguer les outils déjà affûtés de ceux qui doivent l'être. Certains outils sont montés par frettage : un système de chauffage magnétique dilate légèrement le cône porte-outil, ce qui permet de retirer ou de mettre en place une mèche ou une fraise, laquelle se bloque ensuite par rétreint en refroidissant.

Le changement d'une plaquette carbure suit une procédure précise : dévissage, contrôle visuel de l'usure, puis mise au rebut ou retournement sur une face non usée, nettoyage, remontage et serrage au couple prescrit. Une fois réglés, les fraises et forets sont rassemblés sur un chariot avant d'être ramenés vers leur poste sur la ligne.



IMAGE 3. Changement d'une plaquette carbure sur une fraise de finition (cône HSK), à l'aide d'une visseuse dynamométrique.

Sur les outils plus complexes, il faut ensuite vérifier la hauteur de chaque plaquette sur une machine de préréglage optique dédiée (banc Zoller), qui mesure automatiquement le diamètre et la position de l'outil par caméra. Seules les plaquettes trop basses doivent être relevées, à l'aide de vis de réglage : je serrais légèrement, mesurais, ajustais, puis resserrais au couple, en y allant par petites touches pour ne pas trop solliciter l'outil.

Les têtes de rôdage suivent une logique assez proche : leur position dépend de plusieurs buses pneumatiques, dont la pression et le débit doivent être parfaitement égaux pour garantir un résultat homogène (un déséquilibre entre elles suffit à fausser le réglage, comme je l'ai constaté plus tard dans le stage, voir section 3.7). J'ai aussi participé, sur plusieurs jours, au changement de plusieurs pierres de rôdage, montées par vissage dans leur support métallique.



IMAGE 4. Chariot chargé de fraises et forets réglés, prêts à être remontés sur les postes de l'atelier.



IMAGE 5. Réglage d'une fraise sur le marbre de métrologie, à l'aide d'un comparateur Mahr Millmess.



IMAGE 6. Changement d'une pierre de rôdage, montée dans son support.

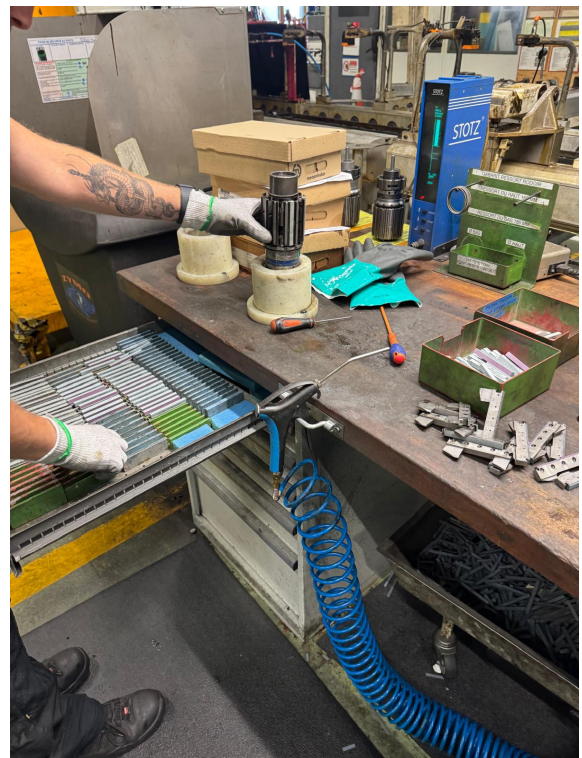


IMAGE 7. Poste de préparation des pierres de rôdage : gabarit de ressorts de rôdoir (ressort du haut, 165 mm; ressort du bas, 185 mm), boîte de pierres de finition classées par teinte, et souffleur à air comprimé.

3.3 Tâche détaillée : diagnostic et réparation du banc de contrôle d'étanchéité

L'épisode le plus représentatif du travail effectué concerne une panne majeure du banc de contrôle d'étanchéité des carters. Un carter « haut » ou « bas » correspond à une variante de carter caractérisée par le positionnement différent de certains composants ; or l'atelier ne fabriquait depuis environ un mois que des carters hauts, si bien que le passage de carters bas sur le banc d'étanchéité n'avait pas eu lieu depuis tout ce temps. Lorsque la production de carters bas a repris, la chaleur ambiante a révélé une dégradation des joints d'étanchéité sur cette partie du banc restée inutilisée : le problème s'est ensuite étendu, si bien que plus aucun carter, haut comme bas, ne parvenait à valider le test. Cela a rapidement bloqué l'ensemble de la ligne, aucune pièce ne pouvant plus passer du poste de rinçage au contrôle visuel suivant, faute de validation préalable.

Extrait de carnet (fin juin)

« Aucun carter (haut/bas) ne passe le contrôle d'étanchéité car la machine de test n'avait pas fonctionné depuis 1 mois, et la chaleur a détruit les joints. [...] L'atelier est bloqué, plus aucune pièce ne passe du rinçage au contrôle visuel. »



IMAGE 8. Le banc de contrôle d'étanchéité (boîtier ATEQ F510/01, à gauche) au moment de l'incident.

Face à ce blocage, la démarche de diagnostic a consisté à procéder par élimination : tentative de réparation à l'huile, sans succès, puis application de graisse sur chacune des « pipettes d'air » du banc, une par une, afin d'isoler la source de la fuite. Après plusieurs heures de recherche, et malgré la persistance initiale du problème sur la partie haute du carter alors que la partie basse fonctionnait normalement, la cause a finalement été identifiée : un joint usé, associé à un manque de graisse localisé. Son remplacement a permis de relancer la production.

Cette intervention m'a permis d'observer concrètement, dans un contexte industriel, une méthode de résolution de

problème fondée sur la formulation d'hypothèses et leur test systématique par élimination, avec la mobilisation de plusieurs techniciens et une prise en compte constante des contraintes de production dans la hiérarchisation des actions.

3.4 Autre exemple : tri qualité des carters défectueux et retour fournisseur

Un mardi, après une période de maladie, j'ai participé au tri des carters mis de côté pour non-conformité. La première étape a consisté à débarrasser les cartons d'emballage destinés à être jetés, avant de numéroté et marquer chaque carter défectueux en vue d'un contrôle photographique destiné à la base de données qualité. Il fallait pour cela lever chaque carter au palan depuis son TM d'origine et le transposer dans un autre TM, une opération répétée sur environ 200 carters.

Extrait de carnet (mardi)

« Le travail consiste à repérer le défaut, le marquer au feutre, numéroté le carter, puis prendre la photo des deux ensemble [le défaut et le numéro]. [...] Ils vont être rendus à Nissan, qui décidera si les pièces vont être utilisées, retouchées, ou rendues. »

Ce tri m'a permis de découvrir le fonctionnement du contrat qualité entre le site de Cléon et l'un de ses clients de l'Alliance, Nissan : les carters jugés défectueux ne sont pas systématiquement mis au rebut sur place, mais photographiés, référencés et renvoyés au client, qui arbitre lui-même leur sort. Un incident révélateur est survenu au cours de ce tri, lorsque plusieurs carters ont été classés à tort comme défectueux à cause d'un doublon dans le système de référencement (le dernier chiffre de deux millésimes de production, 2016 et 2026, coïncidant), ce qui faisait croire au système qu'une pièce déjà vendue était de nouveau en stock. Les défauts réels observés (impacts sur la face, chiffres de fonderie manquants sur les fûts de pistons) ont par ailleurs été jugés non problématiques pour le fonctionnement du moteur, contrairement à des défauts de joint de culasse. Une fois les photographies prises, j'ai dû les trier et les classer sur l'outil collaboratif Teams selon le type de défaut (codes internes tels que « MM », « ACM », oxydation, écaillage).

Ce même tri a été l'occasion d'une intervention de maintenance sur une machine ne disposant pas de recentrage programmable, pour laquelle il a fallu ouvrir la machine, dévisser et changer une cale manuellement. Cela a exigé au préalable la pose d'un cadenas de consignment, conformément à la procédure de sécurité en vigueur pour toute intervention à l'intérieur d'un équipement.

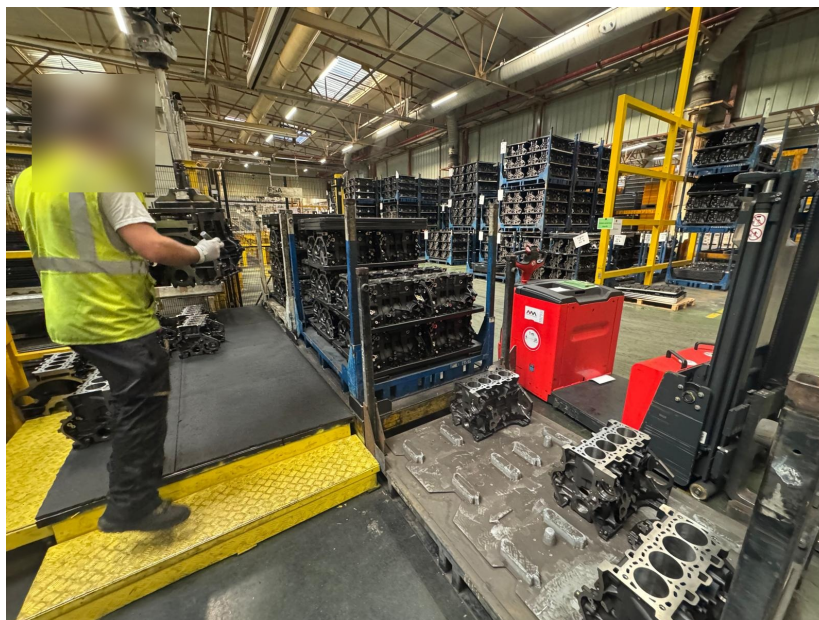


IMAGE 9. Manutention et tri des carters avec [REDACTED], devant les racks de stockage.

Un peu plus tard dans le stage, un contrôle visuel réalisé avec [REDACTED] m'a permis de mesurer la rigueur de ce processus qualité, chaque face de chaque carter étant examinée pour détecter manques de matière, écaillages, défauts ou oxydation, avant validation. Une fois 24 pièces vérifiées et validées, un robot les range automatiquement en vue de l'assemblage et une étiquette d'expédition (portant les références et l'heure) est imprimée et fixée sur le support de transport (« TM », une palette métallique à séparations plastiques) qui les regroupe. Ce même jour, le contrôle a été interrompu par un défaut récurrent : dès qu'un nouveau carter arrivait, la machine de contrôle se

mettait elle-même en défaut, nécessitant une nouvelle intervention.



IMAGE 10. Un « TM » : palette à séparations plastiques regroupant un lot de carters contrôlés, utilisée pour leur stockage et leur transport dans l'atelier.

Enfin, un mercredi consacré au contrôle des pièces sélectionnées en contrôle visuel m'a permis d'entendre une remarque intéressante d'un technicien sur les exigences comparées des constructeurs :

Extrait de carnet (mercredi)

« Heureusement les standards de Renault ne sont pas aussi embêtants que Nissan, donc beaucoup de défauts mineurs sont négligeables et négligés. »

Cette remarque illustre concrètement la variabilité des exigences qualité selon le client final, un même carter usiné sur la même ligne pouvant être accepté ou refusé selon qu'il est destiné à Renault ou à Nissan.

3.5 Autre exemple : réglage de précision des chapeaux de paliers

Une journée a été consacrée, dans le secteur outillage de l'atelier, au réglage d'un dispositif d'encastrement sur les chapeaux de paliers, nécessitant une précision « au micron » : la pièce de référence est positionnée sur un maître étalon, et chaque vis de réglage doit être ajustée très finement (des repères tracés au marqueur blanc permettent de garder la trace de leur position initiale), un écart de 24 microns ayant par exemple été mesuré lors de mon passage. Le réglage d'une seule vis, repris depuis zéro, demande environ quatre heures de travail, avec un désarmement sur six côtés à chaque itération, ce qui rend l'opération particulièrement chronophage.

Une fois le réglage terminé, la « broche » (surnommée « brocheton » dans l'atelier) est remplacée ; cette pièce étant très lourde, son déplacement nécessite l'usage obligatoire d'un palan. C'est également à ce poste que j'ai vu [REDACTED], le chef d'équipe, intervenir directement sur une broche : à l'aide d'un souffleur à air haute pression, il en a chassé les copeaux métalliques et les résidus de liquide de refroidissement avant remesure, un geste d'entretien simple mais indispensable pour ne pas fausser un réglage au micron. Ce n'est normalement pas son rôle, en



IMAGE 11. Poste de réglage des broches de l'atelier : réglage d'un outillage de précision suspendu au palan, sur son montage de référence.

particulier lorsqu'il s'agit d'intervenir à l'intérieur même des machines : le voir le faire traduit surtout un manque de personnel et de moyens sur ce type de poste.



IMAGE 12. [REDACTED], chef d'équipe, réglant une broche à l'aide d'un souffleur à air haute pression pour en retirer les copeaux métalliques et le liquide de refroidissement.

Une deuxième intervention, le même jour, a porté sur le déplacement d'un capteur : celui-ci s'était décalé de trois dixièmes de millimètre sous l'effet de la chaleur ambiante, faussant la mesure. La procédure a consisté à arrêter le cycle de la machine, ouvrir la porte puis la trappe d'accès, désarmer le dispositif, puis régler à nouveau. J'ai participé à cette intervention en tenant les vis et la trappe d'accès, pendant qu'un technicien indiquait, depuis un écran de contrôle distant de la zone d'intervention, si le capteur évoluait dans le bon sens. Le premier réglage du brocheton s'étant révélé insuffisant (deux pièces mesurées ensuite montraient encore un écart), une nouvelle correction a été nécessaire. J'ai alors participé au nettoyage et au séchage des pièces (lavage en machine puis séchage au pistolet à air comprimé) en vue de leur nouvelle mesure.

Pour ce type de correction, l'atelier dispose d'un jeu de cales métalliques de différentes épaisseurs (de l'ordre du dixième au centième de millimètre), qui permettent de caler certains outils directement, sans avoir à les démonter entièrement, et d'apporter ainsi les quelques microns de correction nécessaires lorsqu'un écart est détecté au contrôle 3D.



IMAGE 13. Intervention sur le capteur mentionné ci-dessus, à l'intérieur de la machine.

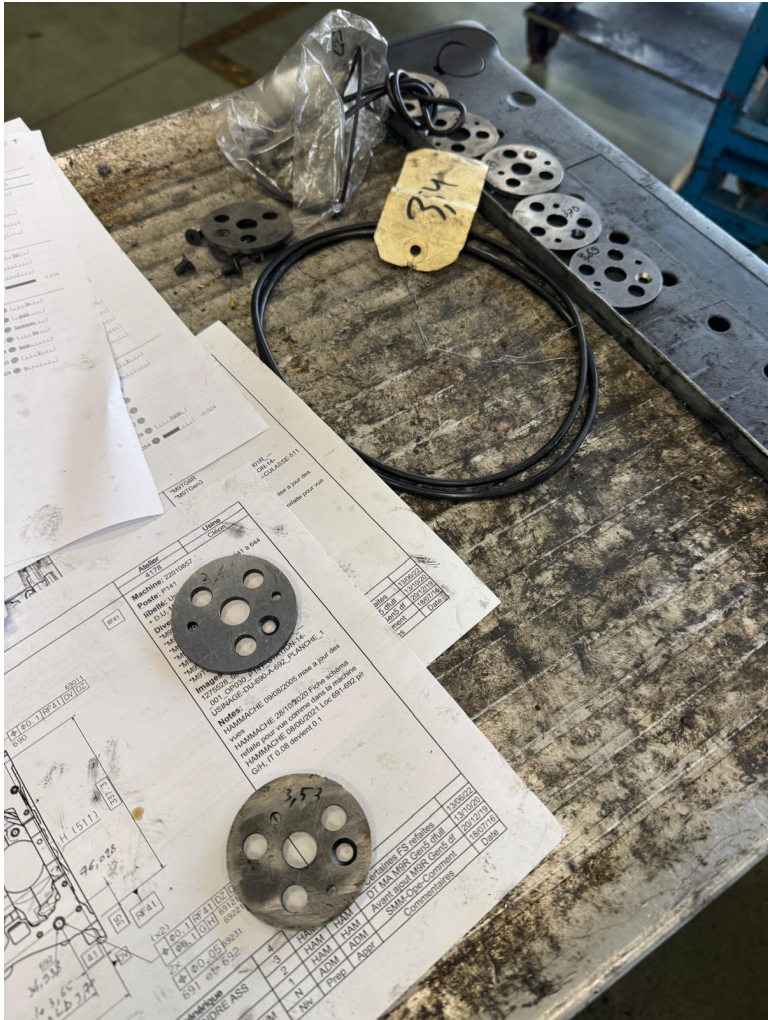


IMAGE 14. Jeu de cales métalliques de différentes épaisseurs, utilisées pour corriger de quelques microns le réglage d'un outil sans le démonter.

3.6 Non-conformités de taraudage et de rugosité liées à la température

À plusieurs reprises au cours du palpé, l'équipe a détecté des défauts de taraudage sur des carters pourtant corrigés en début de semaine, ainsi que des anomalies de rugosité de surface. L'explication retenue tenait aux écarts de température ambiante subis par l'atelier pendant la période de canicule. Les corrections de réglage validées un jour donné n'étaient plus valables le lendemain, la dilatation thermique des pièces et des outils faussant les cotes obtenues.

Extrait de carnet (diagnostic taraudage/rugosité)

« Cela peut venir de la température du métal, de la quantité de fluide de refroidissement, du couple, de la vitesse, des vibrations, etc. Il faut faire attention à l'arrosage [...] au risque de brûler l'outil et la matière, ou de casser l'outil. Très compliqué. »

Ce diagnostic a nécessité d'envisager plusieurs causes concurrentes avant d'agir, illustrant la difficulté à isoler un facteur unique dans un processus d'usinage de précision soumis à des conditions ambiantes instables. Les surfaces concernées ont ensuite été nettoyées à l'aspirateur puis au nettoyant pour vitres, et les billes de guidage nettoyées à la peau de chamois. Une difficulté de fermeture sur les soufflets de protection télescopiques (« accordéons ») des axes de machine a également été relevée durant cette période.

3.7 Autres exemples d'interventions courantes

Au-delà des interventions détaillées ci-dessus, l'atelier m'a exposé à de nombreux petits incidents révélateurs du quotidien d'une ligne d'usinage : une fraiseuse produisant des cotes inexacts doublée d'une fuite sur une machine de lavage, résolue par un simple changement de tuyau ; une rôdeuse dont un élément « tapait » au fond de la machine, nécessitant un réglage de hauteur puis un réglage pneumatique complet ; ou encore un déséquilibre de pression et de débit entre les trois buses pneumatiques calculant la position des têtes de rôdage, corrigé après mesure individuelle de chacune d'elles. Prises isolément, ces interventions peuvent sembler anodines, mais elles ne le sont pas : chacune demande un diagnostic précis, une intervention technique exigeante et une bonne connaissance du fonctionnement mécanique et pneumatique de la machine concernée. C'est surtout leur nombre et leur variété qui marquent le quotidien de l'atelier : il faut faire face, dans une même journée, à une multitude de petits problèmes précis et très divers, ce qui occupe finalement une part importante du temps de travail réel d'une ligne de production.

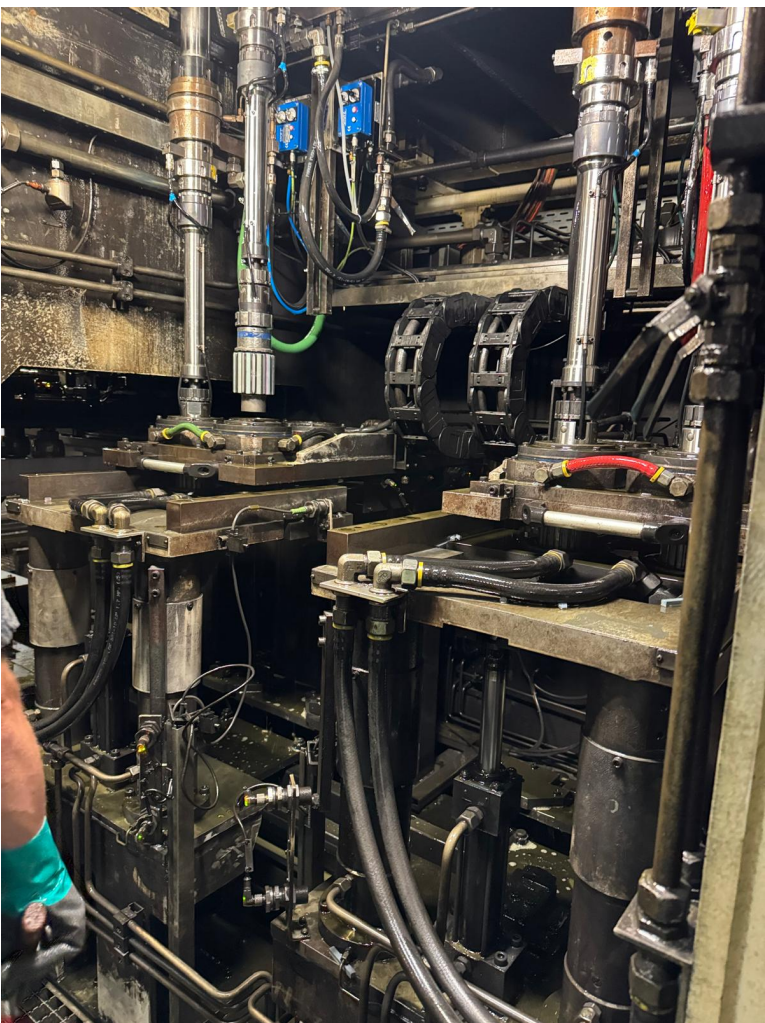


IMAGE 15. La rôdeuse ouverte pour le changement des pierres (comme sur l'image 6), avec l'une des têtes de rôdage (image 7) sortie, visible à gauche.

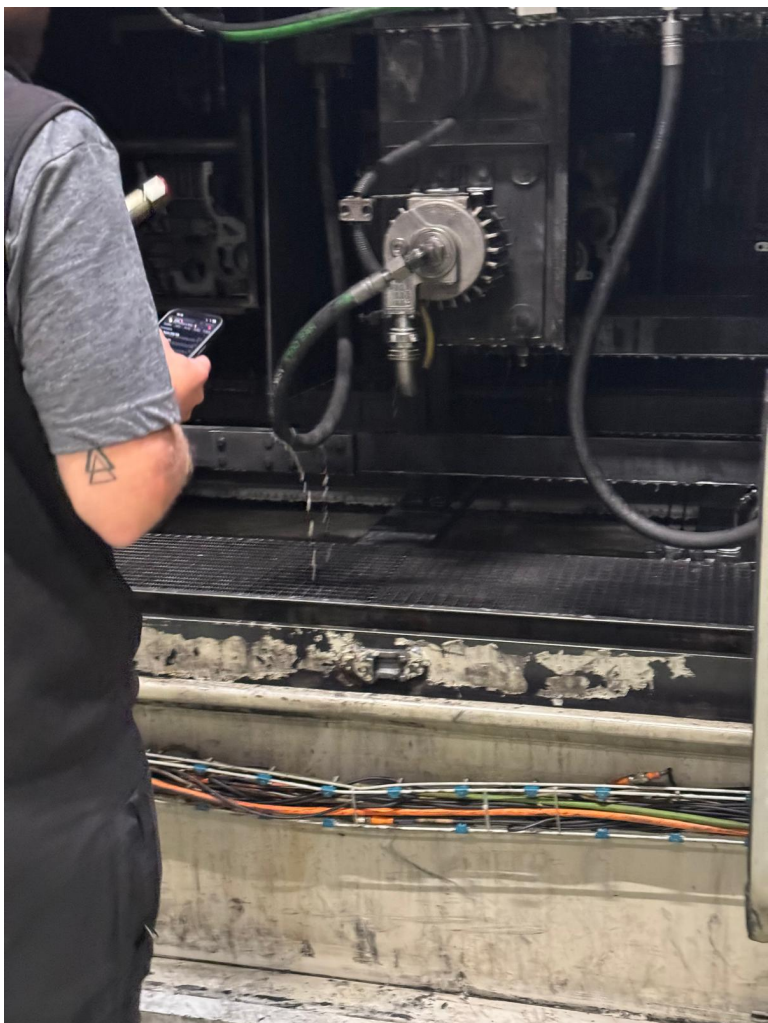


IMAGE 16. La fuite sur le tuyau de la machine de lavage mentionnée ci-dessus, repérée au niveau d'un raccord.

3.8 Description d'une journée type

Je faisais chaque jour le trajet entre mon logement et l'usine à vélo, aussi bien le matin que le soir. Arrivé sur le site, la journée commence systématiquement par un passage au vestiaire pour se changer et enfiler la tenue de travail ; le même passage a lieu en sens inverse en fin de poste, avant de reprendre le vélo.

Une fois en tenue, chaque opérateur rejoint son poste pour la prise de poste proprement dite. Cela commence par la consultation de la tablette associée au poste, à laquelle on accède avec un mot de passe correspondant aux quatre derniers chiffres du numéro de machine : un code couleur y indique si tout est en ordre ou si une intervention est nécessaire avant de pouvoir démarrer. Le démarrage effectif doit intervenir dans l'heure qui suit la prise de poste, faute de quoi une alerte est déclenchée. Le 29 juin, jour de mon premier poste tenu en autonomie, j'ai pu observer concrètement cette exigence de réactivité au démarrage, ainsi que l'entraide entre opérateurs : un collègue plus expérimenté peut être sollicité pour valider le « OK démarrage » d'un poste voisin avant même sa propre prise de poste. Le « OK démarrage » est une checklist qualité et sécurité que chaque opérateur renseigne sur tablette avant de lancer sa machine (pièces hors flux identifiées, moyens de contrôle étalonnés, équipements de protection individuelle disponibles), illustrée en Annexe 2 (image 32, p. 34).

Environ deux heures et demie après la prise de poste, l'équipe se retrouve pour une réunion tenue debout, au milieu de l'atelier. Elle permet de faire le point sur les problèmes rencontrés, ainsi que sur les chiffres de production de la veille et de la semaine précédente, avant de reprendre le travail avec ces éléments en tête.

Mon équipe travaillait selon un rythme en 2/8 (équipe du matin puis équipe d'après-midi), sans poste de nuit propre à notre unité. Nous étions rattachés à la production, un secteur aujourd'hui largement automatisé : l'usinage des pièces lui-même est fait par les machines, et le travail humain consiste surtout à les contrôler, les diagnostiquer et les entretenir. Cela demande malgré tout beaucoup d'expertise et de savoir-faire de la part de chaque équipier, d'autant que le nombre de machines à couvrir est très élevé pour une équipe finalement assez réduite.

Le travail se poursuit ensuite selon le poste occupé ce jour-là, avec le lancement des programmes de palpation et le suivi des mesures, le contrôle visuel systématique pièce par pièce, ou la préparation et le réglage des outils de coupe. Un nettoyage séquentiel des machines est réalisé en début et fin de poste. Une équipe de nuit assure normalement la continuité de la production sur d'autres unités de l'atelier ; elle n'était toutefois pas en place le lundi matin, ainsi que durant toute la dernière semaine de mon stage, ce qui imposait alors de redémarrer les machines une à une avant de pouvoir commencer la journée. L'usine fonctionne d'ailleurs en continu sur certains secteurs : même lorsque notre unité ne produit pas, le week-end par exemple, plusieurs machines restent allumées, le coût énergétique d'un arrêt puis d'un redémarrage complet étant plus élevé que celui de les laisser tourner. La journée s'achève par la traçabilité des contrôles effectués (horodatage, machine, opérateur, outils utilisés) et, le cas échéant, par le traitement des non-conformités détectées.

L'autonomie progressive a été particulièrement marquée en fin de stage. Un jour, alors que ■■■■ avait rendez-vous chez le médecin, je me suis retrouvé seul en charge du contrôle qualité de l'atelier. Le dernier jour de mon stage, j'ai par ailleurs assuré seul, sans supervision directe, l'ensemble du poste de métrologie tridimensionnelle (« 3D ») habituellement tenu par ■■■■, du relevé des états de surface à la saisie des résultats, signe de la confiance progressivement accordée par l'équipe au fil des quatre semaines.

D'autres postes et manipulations observés durant le stage sont illustrés en Annexe 2 (p. 25).

4. Conditions de travail et environnement social

4.1 Aspects humains

Mon stage a débuté par deux jours de formation d'accueil à l'école de formation du site (le Global Training Center, bâtiment X3), avant de rejoindre l'atelier proprement dit. La chaleur y était telle, dès les premiers jours, qu'une autre stagiaire a fait un malaise. J'ai alors pu constater la rapidité d'intervention des pompiers du site, présents en quelques minutes seulement.



IMAGE 17. L'école de formation du site (Global Training Center, bâtiment X3), où j'ai suivi deux jours de formation d'accueil avant de rejoindre l'atelier ; moteurs et carters exposés à des fins pédagogiques.

L'intégration dans l'équipe s'est faite rapidement, sous la responsabilité directe du chef d'équipe [REDACTED], qui m'a accueilli dès la sortie de cette formation et présenté au reste de l'atelier. J'ai par ailleurs pu assister, ce premier jour, à une réunion tenue avec le directeur de l'usine. [REDACTED] est venu me chercher plus tôt spécialement pour cela, ce qui a fait de moi le seul stagiaire à y assister. Les relations de travail au quotidien, notamment avec [REDACTED] (technicien du poste 3D Zeiss), [REDACTED] (technicien qualité) et [REDACTED] (contrôle qualité périodique en bout de chaîne), reposaient sur une communication directe et un principe de formation « sur le poste », où après une phase d'observation, j'ai été amené à réaliser moi-même les tâches, sous supervision puis en autonomie croissante. J'ai par exemple été chargé, un vendredi, de remplacer [REDACTED] au poste de métrologie 3D.

Extrait de carnet (canicule)

« Panne du groupe de froid. Des mécaniciens s'affairent pour le redémarrer [...] on a utilisé un camion pour se faire de l'ombre. »

L'entraide entre collègues est apparue clairement lors de cet épisode de panne du groupe de froid chargé de refroidir les machines, en pleine période de canicule, illustration concrète de la solidarité et de la débrouillardise dont fait preuve le personnel de l'atelier face aux aléas.

4.2 Milieu du travail : sécurité, hygiène et dialogue social

Le port des équipements de protection individuelle (gants anti-coupure, gants de manutention, chaussures de sécurité, lunettes de sécurité) est systématique dans l'atelier, tout comme celui des bouchons d'oreille, sans doute les plus importants dans cet environnement très bruyant. Les lunettes de protection sont en particulier indispensables dès qu'il existe un risque de projection de liquide ou de solide, par exemple lors du nettoyage des pièces ou de l'utilisation d'un pistolet à air comprimé. Toute intervention à l'intérieur d'une machine impose en outre le port d'un casque et le respect d'une procédure de consignation (cadenassage), afin d'empêcher tout redémarrage accidentel pendant l'intervention. Le déplacement des pièces les plus lourdes se fait obligatoirement à l'aide d'un pont-levage, d'un palan ou d'un palonnier. Les zones à risque (éléments sous pression, déversements de fluide de coupe) font l'objet d'une signalisation et d'un balisage spécifiques.

Sur le plan de l'hygiène, chaque opérateur passe par le vestiaire en début et en fin de poste pour se changer, et les mains sont systématiquement nettoyées après manipulation des pièces huilées (aux postes de lavage) avant tout passage en salle de contrôle. Le site dispose par ailleurs d'un service médical ouvert en continu du dimanche 21h30 au vendredi 21h30, avec un médecin du travail chargé du suivi des salariés. En dehors de ces horaires, les urgences sont prises en charge 24 heures sur 24 par une caserne de pompiers implantée directement sur le site, capable d'intervenir en cinq minutes maximum.



IMAGE 18. Manutention d'un carter-cylindres à l'aide d'un palonnier; l'étiquette « F100 » repère la face 100 du carter, utilisée pour le positionner correctement avant de le renvoyer sur le tapis qui le réintègre dans le cycle de la machine.

Le stage s'est déroulé pendant un épisode de canicule qui a fortement affecté les conditions de travail : usage des nacelles (plateformes élévatrices) suspendu, la chaleur devenant excessive en hauteur, fumées de machines accentuées, climatisations des armoires électriques insuffisantes au point de faire surchauffer les équipements, et panne du groupe de froid évoquée plus haut. Le synoptique de suivi de production, normalement dominé par le vert, se couvrait alors de rouge (arrêts machine), signe visible de l'impact de la chaleur sur la production, qui a été largement affectée durant cette période. La fatigue se faisait sentir dans les équipes dès le début des journées, en particulier lors des semaines où je travaillais sur le créneau 13h30-21h30.

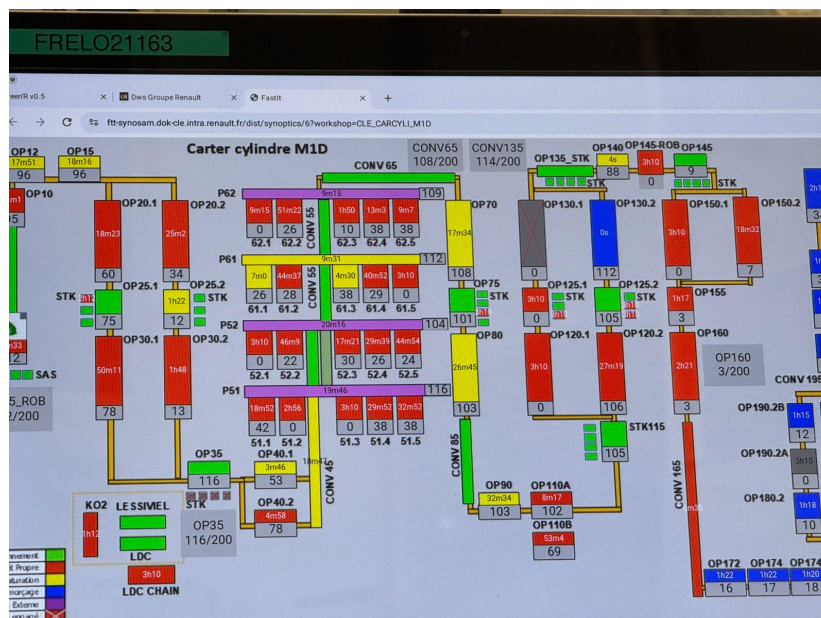


IMAGE 19. Synoptique de suivi de production pendant l'épisode de canicule : les cases rouges, très majoritaires, signalent des arrêts machine bien plus nombreux qu'un jour plus frais (comparer avec l'image 23, Annexe 2, p. 27).

Cette période a également été marquante sur le plan du dialogue social. Les entrepôts de production et d'assemblage, très chauds et non climatisés, imposaient aux travailleurs une atmosphère pesante, voire dangereuse. C'est dans ce contexte que la CGT a lancé un appel à la grève qui s'est prolongé sur l'ensemble du mois de mon stage, et a obtenu, en réaction aux conditions de travail dégradées par la chaleur, un jour de RTE (jour de repos pour lequel les ouvriers cotisent tout au long de l'année) supplémentaire pour les salariés. Cela m'a permis d'observer concrètement le rôle joué par un syndicat dans la défense des conditions de travail au sein d'un grand site industriel. Au-delà de cette action, le site dispose d'un comité social et économique (CSE) auquel l'ensemble du personnel a accès, avec des permanences plusieurs jours par semaine, pour des activités et aides portant sur la culture, le sport, les vacances ou la santé, signe d'un dialogue social structuré au quotidien.

4.3 Politique environnementale et responsabilité sociétale

À l'échelle du groupe, Ampere affiche une stratégie environnementale ambitieuse, puisque sa raison d'être est le développement du véhicule électrique. Le site de Cléon lui-même illustre cette transition en réorientant progressivement sa production, historiquement tournée vers les moteurs thermiques, vers la fabrication de moteurs électriques. Le site est certifié ISO 14001 (management environnemental, depuis 1999) et ISO 50001 (management de l'énergie, depuis 2019), et vise la neutralité carbone pour l'ensemble de l'usine à horizon 2030.

Sur le plan des ressources, les résultats sont concrets : la consommation annuelle d'eau de forage et d'eau potable est passée de 1 836 467 m³ en 2006 à 604 770 m³ en 2024, soit une baisse de 67 %, l'équivalent de la consommation d'une ville de 34 000 habitants ramenée à celle d'une ville de 12 000 habitants. Les rejets de DCO (demande chimique en oxygène) ont, quant à eux, diminué de 88 % sur la même période. Concernant les déchets, gérés par un prestataire spécialisé, 100 % des déchets non dangereux du site sont aujourd'hui valorisés (rachat matière ou valorisation énergétique), contre environ 70 % des déchets industriels dangereux ; en 2024, 11 882 tonnes de copeaux métalliques ont ainsi été valorisées, sur un total de 8 529 tonnes de déchets hors chantier, fonderie et déchets métalliques.

Cette politique se traduit concrètement dans l'atelier par un tri sélectif strict, que j'ai pu observer et pratiquer au quotidien : des bacs distincts recueillent les papiers et cartons propres pliés, les plastiques industriels rigides propres, les plastiques industriels souples propres, les déchets industriels banals non souillés (restes de repas, chiffons non souillés), et les déchets industriels banals souillés (gants, lunettes, gilets et chiffons ayant été en contact avec de la

graisse, de l'huile ou des produits chimiques). Tout déchet liquide ou produit chimique est en revanche strictement interdit dans ces bacs et doit être déposé à des points de collecte dédiés.



IMAGE 20. Bac de tri sélectif du groupe Renault (papiers et cartons pliés, propres), installé à proximité du poste où les vis sont transvasées depuis leur carton vers le réservoir de la machine qui visse les chapeaux de paliers sur le carter, un emplacement qui facilite directement le tri des cartons vidés.

Les huiles de coupe et liquides de refroidissement usagés ne sont, pour leur part, jamais jetés. Ils rejoignent un réseau de canalisations dédié qui achemine les liquides vers un centre de traitement, en amont du traitement des eaux de la ville, ce qui est cohérent avec l'engagement du site sur la maîtrise des rejets dans le milieu aquatique.

Le site s'appuie enfin sur un réseau de « préventeurs Hygiène Sécurité Environnement » (HSEE), un par département, chargés de répondre aux questions des salariés et de veiller au respect de ces règles, ainsi que sur du matériel antipollution disponible à des points repérés en cas de fuite ou de débordement accidentel.

5. Développement de compétences

Ce stage m'a permis de développer plusieurs compétences en lien avec le référentiel de l'ingénieur EPF. Sur le plan technique, j'ai pris en main des outils de métrologie industrielle que je ne connaissais pas avant le stage (palpeurs Mahr, machine de mesure tridimensionnelle, banc de contrôle d'étanchéité), et j'ai surtout découvert ce que veut dire travailler au micron près sur des réglages réels, avec des conséquences concrètes dès qu'une cote n'est pas respectée.

Le diagnostic de la panne du banc d'étanchéité, tout comme celui des non-conformités de taraudage et de rugosité liées aux écarts de température, m'a surtout appris à poser des hypothèses, à les tester une à une par élimination, et à en parler à d'autres plutôt que de chercher seul dans son coin. Dans un atelier qui livre des pièces à un client comme Nissan, une erreur non détectée a un impact direct sur la conformité livrée, ce qui change la façon d'aborder chaque contrôle.

Mon autonomie a grandi tout au long des quatre semaines. J'ai d'abord observé, puis j'ai été sollicité directement par le service maintenance en cas de panne, j'ai remplacé un technicien titulaire sur un poste de métrologie, et j'ai fini par assurer seul, sans supervision, le contrôle qualité ou le poste 3D lorsqu'un collègue était absent. Tourner sur des postes aussi différents que la palpation, le contrôle visuel, la métrologie 3D, l'étanchéité, la préparation d'outils ou le tri qualité m'a obligé à m'adapter vite à chaque fois, tout en gardant partout les mêmes réflexes de sécurité : consignation systématique (LOTO) avant toute intervention sur une machine, et manutention des charges lourdes au palan, au palonnier ou au pont-levage.

Au quotidien, j'ai aussi pris en main plusieurs outils numériques métier (Simap, tableurs partagés, Teams) pour saisir des mesures, suivre la qualité et classer les non-conformités. Et au-delà des compétences techniques, j'ai découvert de l'intérieur le fonctionnement hiérarchique d'un atelier structuré en UET, ainsi que les mécanismes de dialogue social propres à un grand site industriel syndiqué, en particulier pendant l'épisode de grève qui a marqué mon stage.

6. Conclusion

This four-week execution internship at the Ampere Cléon plant gave me a first, concrete experience of professional life at operator level, in line with the objectives set by EPF for this first-year internship. Looking back at the four weeks, what stands out most is how much responsibility I was gradually given, from simply observing during my first days to single-handedly diagnosing a taraudage and roughness non-conformity, assisting on the micron-precision adjustment of the bearing caps, being trusted alone on quality control while [REDACTED] was at a medical appointment, and finally, on my very last day, running the entire 3D metrology station on my own.

Beyond the technical dimension of my missions (dimensional and visual quality control, leak-tightness testing, precision adjustment work, and cutting-tool maintenance on a diesel cylinder-block machining line), this experience made me aware of the workload and the level of precision required from shop-floor operators. It also gave me a first look at the human and social realities of industrial work, such as team solidarity in the face of equipment failures like the cooling-unit breakdown, strict safety procedures, and the concrete role played by a trade union (the CGT) in obtaining better working conditions during a heatwave that lasted the whole month of my internship.

I was also able to observe how a large industrial group such as Renault, through its Ampere subsidiary, organizes a traditional production site and gradually steers it towards new activities linked to electric mobility, while maintaining, on a daily basis, an uncompromising level of quality control on parts still built around combustion-engine technology, technology whose history at Cléon goes back to 1981.

Beyond the technical skills gained, this internship confirmed my interest in the industrial and quality engineering side of the automotive sector. The rigour demanded by precision metrology, the teamwork required to diagnose and solve production incidents such as the leak-tightness bench failure, and the human dimension of a large production site are all aspects I would like to keep exploring during the rest of my engineering studies at EPF.

Annexes

Annexe 1 : Glossaire technique

- **Carter-cylindres** : pièce mécanique dans laquelle sont usinés les cylindres du moteur.
- **Palpation** : mesure dimensionnelle d'une pièce à l'aide d'un capteur de contact (palpeur).
- **Rôdage** : opération de finition de surface par abrasion contrôlée.
- **Taraudage** : opération d'usinage créant un filetage intérieur dans un trou.
- **Plaquette** : insert de coupe amovible en carbure, monté sur un outil ou une fraise.
- **Étalonnage** : vérification périodique d'un instrument de mesure à l'aide d'un maître étalon.
- **Consignation (LOTO)** : procédure de sécurité (cadenassage) empêchant le redémarrage d'une machine pendant une intervention.
- **ATEQ** : appareil de contrôle pneumatique d'étanchéité.
- **Arrosage** : apport de liquide de coupe/lubrifiant pendant l'usinage.
- **TM** : palette de transport métallique équipée de séparations en plastique, sur laquelle est regroupé un lot de 24 carters contrôlés et validés, avant fixation d'une étiquette d'expédition.
- **CSR** : fiche de non-conformité associée à une pièce écartée du flux normal, remplie lors des contrôles de stockage en magasin.
- **Broche (« brocheton »)** : pièce/outil de grande précision, lourd, dont le réglage nécessite un désarmement multi-points et dont la manutention impose l'usage d'un palan.
- **Accordéon** : soufflet de protection télescopique protégeant les axes mobiles d'une machine-outil.
- **MM** : code défaut signifiant « Manque Matière ».
- **Écaillage** : défaut correspondant à l'arrachement d'un éclat de matière sur un bord du carter, provoqué par une fraise endommagée ou une broche mal positionnée.

Annexe 2 : Illustrations complémentaires



IMAGE 21. Une allée de l'atelier d'usinage de carters-cylindres, équipée de machines GROB (l'atelier compte plusieurs allées de ce type).



IMAGE 22. Une autre allée de l'atelier, avec ses pupitres de commande et ses ponts roulants.

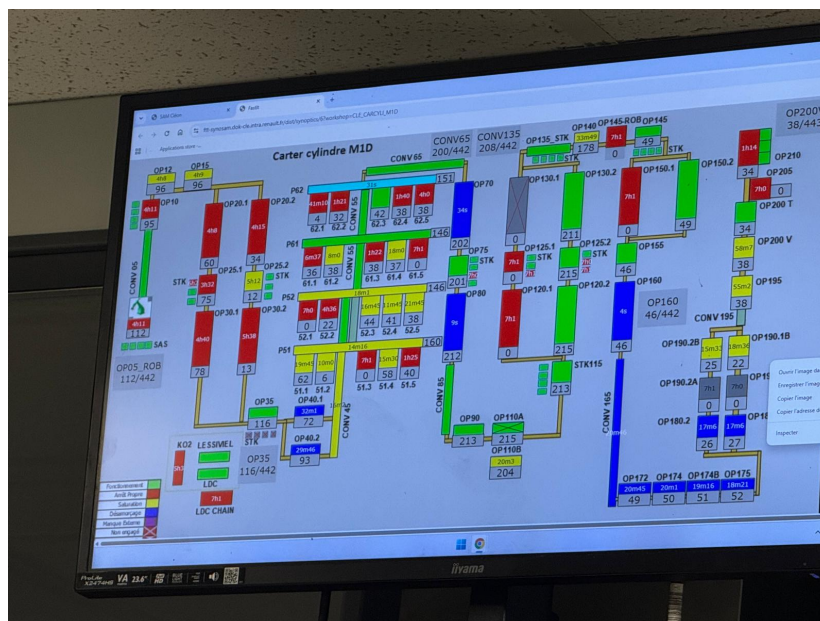


IMAGE 23. Synoptique de suivi de production en temps réel de la ligne « Carter cylindre M1D », pris un jour où l'atelier restait un peu plus frais : le fonctionnement reste imparfait, mais la production se poursuit malgré quelques pannes, contrairement à l'épisode de canicule illustré plus haut.

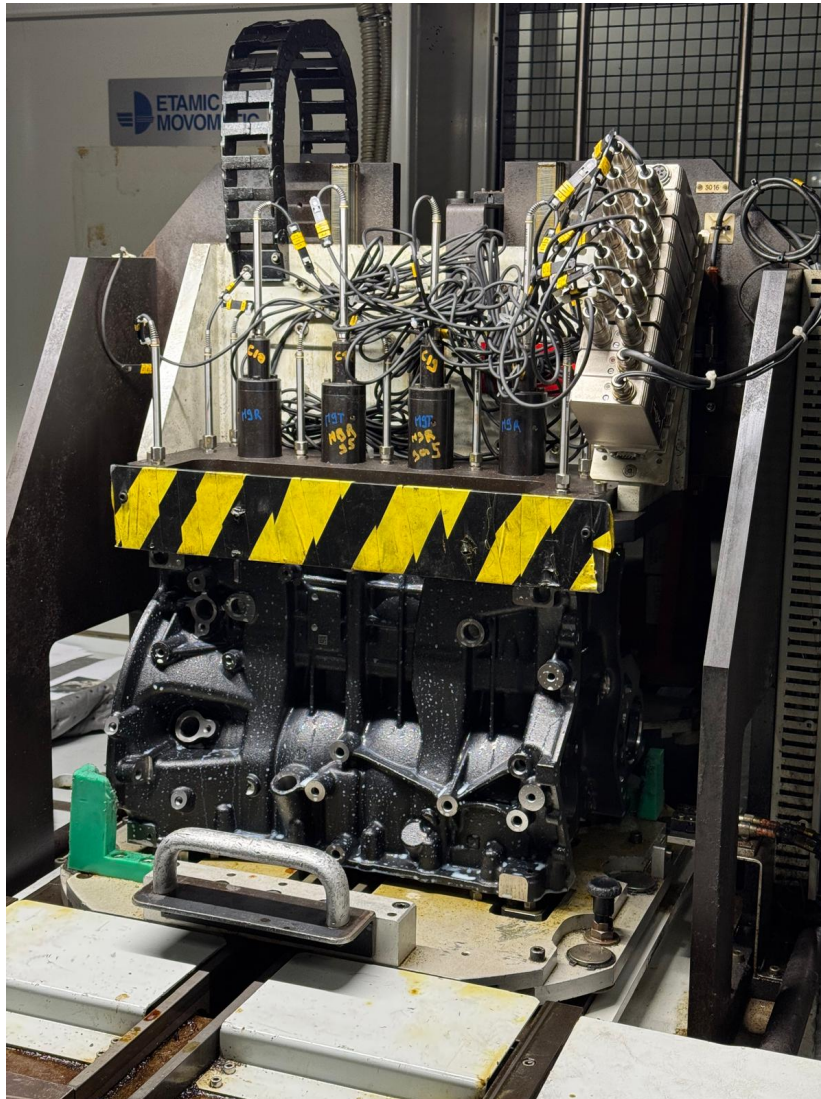


IMAGE 24. Carter-cylindres diesel M9R positionné sur la machine de contrôle dimensionnel ETAMIC MOVOMATIC.



IMAGE 25. Salle de métrologie tridimensionnelle équipée de la machine Zeiss Prismo Navigator.

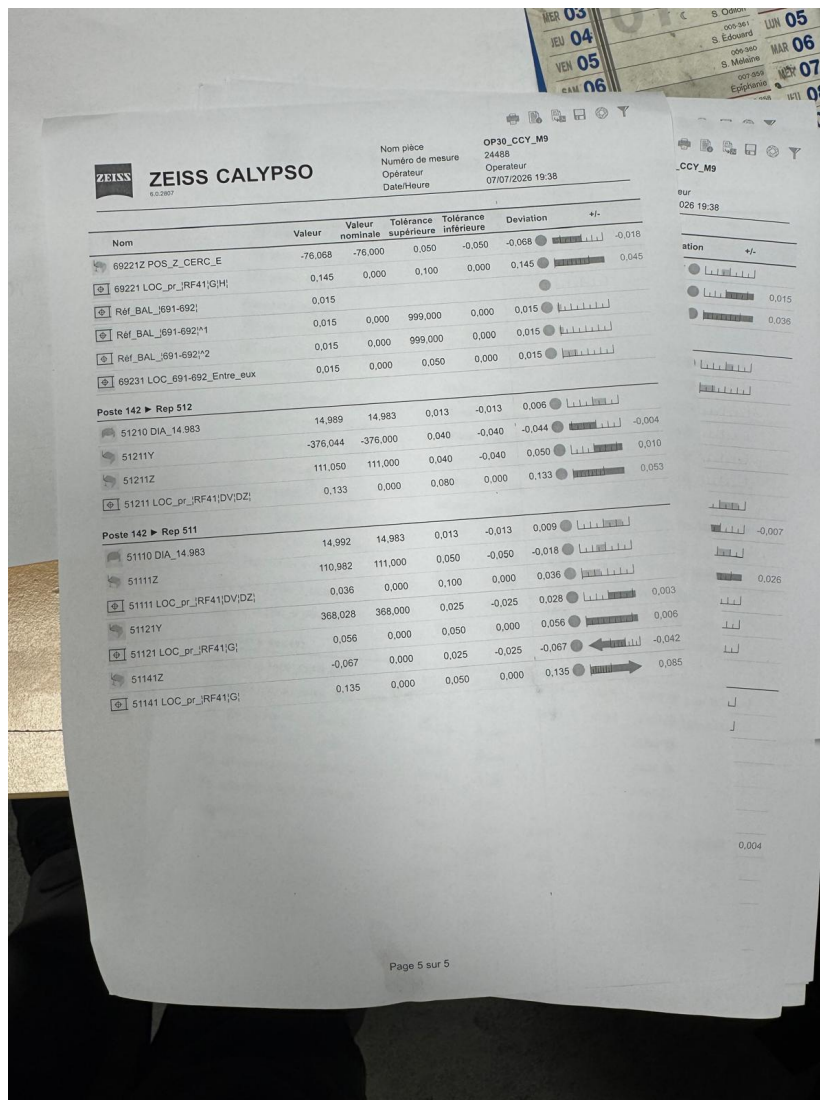


IMAGE 26. Extrait d'un rapport de mesure tridimensionnelle (logiciel Zeiss Calypso, pièce OP30_CCY_M9).



IMAGE 27. Poste de contrôle sous scanner laser, avec deux fiches de Plan de Surveillance Renforcé (PSR) affichées. La première porte sur l'« absence, décalage numéro de chapeau » : les cinq chapeaux de paliers d'un carter sont numérotés de 1 à 5 et doivent être montés dans cet ordre, mais il arrive que l'ordre soit inversé sur certains carters, voire que le numéro ne soit pas visible ; sans conséquence sur le fonctionnement du moteur, cet écart doit néanmoins être signalé à Nissan, qui l'exige contractuellement. Ce défaut fait écho au réglage des chapeaux de paliers décrit en section 3.5.



IMAGE 28. Écran du banc de préréglage d'outils (Zoller, logiciel pilot 4.0) : mesure du diamètre et de la position d'une fraise de finition avant remontage.

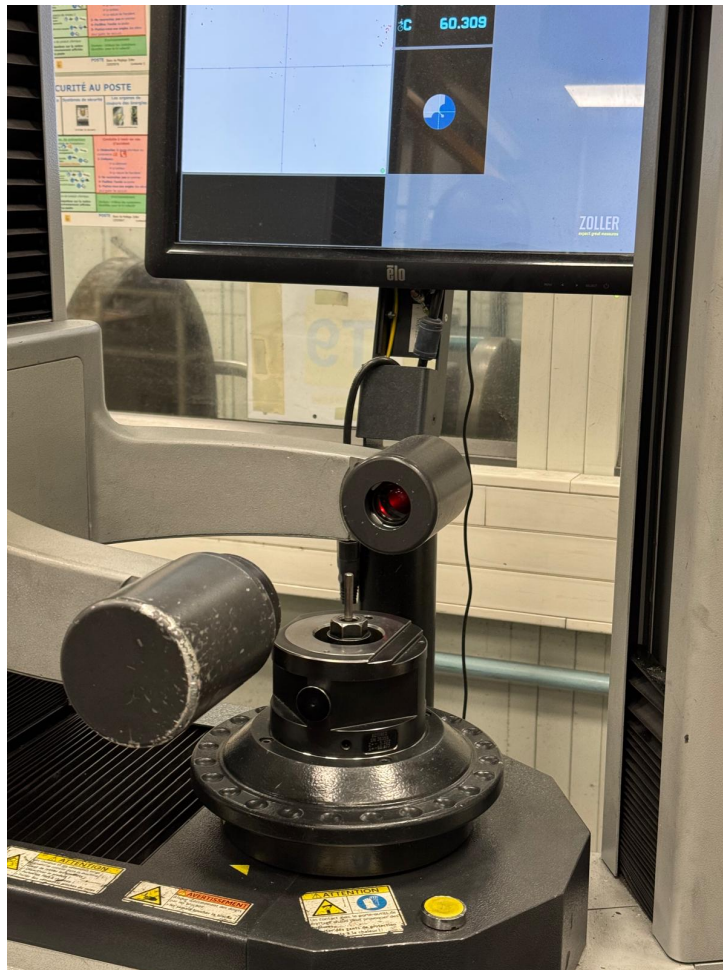


IMAGE 29. La machine de préréglage optique Zoller elle-même, dont l'écran est visible sur l'image précédente : la tête de mesure (caméra) pivote autour de l'outil, monté sur le plateau tournant à la base.



IMAGE 30. Intérieur d'une machine-outil de l'atelier (vérins, flexibles hydrauliques et pneumatiques, chaînes porte-câbles), avec le bras de levage utilisé pour monter et démonter la fraise : ce type d'accès nécessite au préalable la pose d'un cadenas de consignation.

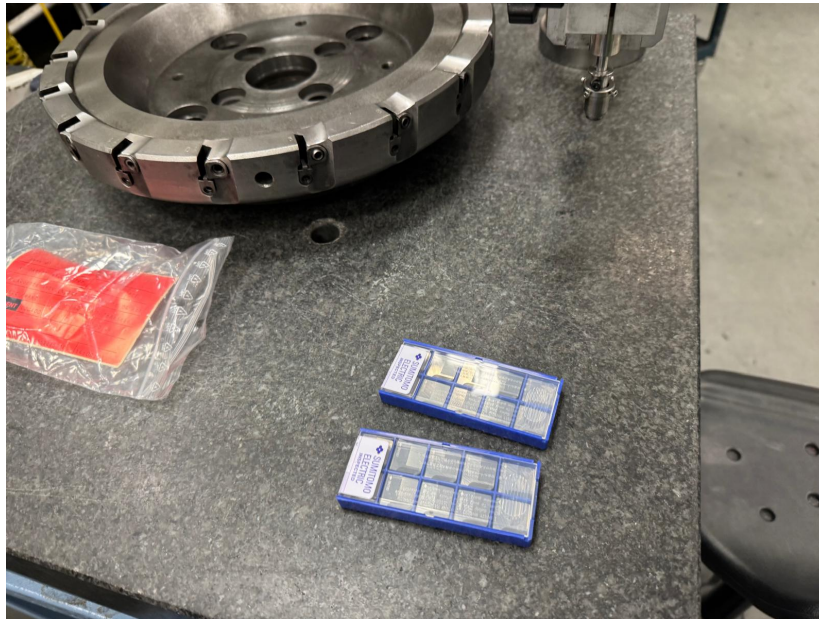


IMAGE 31. Contrôle et tri des plaquettes carbure lors du changement d'un outil de fraisage, sur le marbre de métrologie.

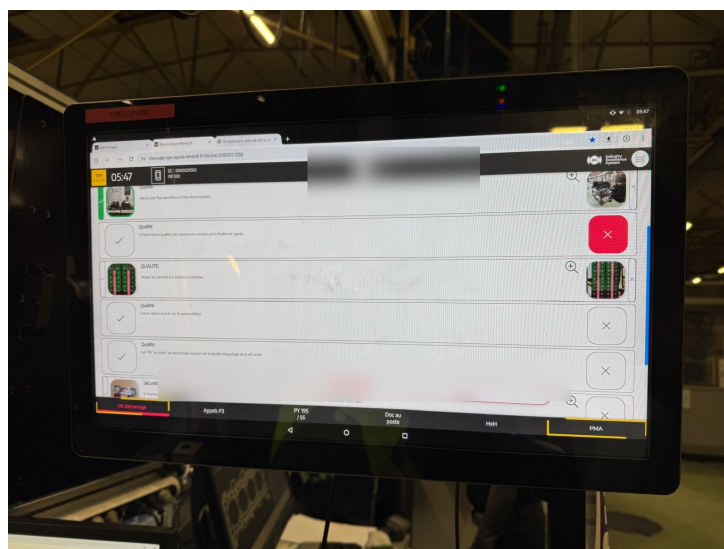


IMAGE 32. Checklist qualité et sécurité de poste renseignée sur tablette industrielle lors du « OK Démarrage » en début de quart (nom de l'opératrice masqué).



IMAGE 33. Fraises circulaires à plaquettes de la ligne d'usinage, posées sur un chariot d'atelier avant contrôle et remontage.



IMAGE 34. Contrôle du diamètre intérieur d'un trou borgne du carter à l'aide d'un outil de contrôle pneumatique, gant anti-coupure.



IMAGE 35. Carter-cylindres en sortie de machine à laver : le fil du pistolet à air comprimé (au premier plan) sert à souffler l'eau avant de faire glisser la pièce sur le tapis menant directement à la salle de contrôle 3D.