

Comment aborder le mesurage (Mesures & Contrôles) dans les enseignements de la filière maintenance des véhicules ?

Des pistes de réflexion pour proposer des scénarios pédagogiques dans le cadre du partenariat Chauvin Arnoux – Éducation nationale

1 - Introduction : le contexte de la rénovation des diplômes de la filière maintenance des véhicules

Mesurer, tester, réaliser les essais contrôles et interpréter des données sont des actions incontournables pour mener à bien des opérations de diagnostic.

La thématique de la mesure, l'analyse comportementale des systèmes mécaniques ainsi que la compréhension des phénomènes physiques mis en œuvre pour la réalisation de la mesure, conduisent à une approche interdisciplinaire des équipes enseignantes impliquées dans ces formations (pratiques professionnelle-Maintenance, Analyse Fonctionnelle et Structurale, Mathématiques Sciences physiques et chimiques).

La rénovation des diplômes de la filière maintenance des véhicules met l'accent sur la synergie qui doit exister entre ces disciplines d'enseignement pour renforcer l'esprit d'analyse des comportements des systèmes et favoriser le développement d'une culture technique de diagnostic sur des systèmes mécaniques.

L'utilisation des équipements traditionnels de mesure et d'analyse aide à confirmer ou à infirmer des hypothèses de diagnostic et donne accès à des informations sur les dysfonctionnements, sur les symptômes, les défauts, le (les) paramètre(s) relatif(s) à ces symptômes.

L'idée est donc d'aider à une meilleure exploitation des techniques de mesurage et d'expliquer comment des outils de mesure et l'interprétation des données de

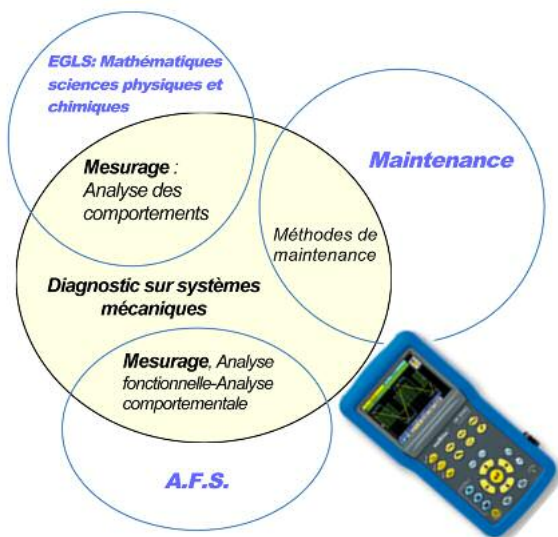
mesures participent de manière efficace à la pertinence des démarches de diagnostic sur systèmes mécaniques.

C'est dans cet esprit que le partenariat entre établissements de formation et Chauvin Arnoux peut contribuer de manière significative à faire travailler des équipes pluridisciplinaires autour de la même problématique : comment mettre en œuvre et exploiter les activités et données des mesurages (Mesures & Contrôles) dans les stratégies pédagogiques pour aider au développement des techniques de diagnostic sur systèmes mécaniques ? Quelle réflexion à mener pour proposer des situations de formation en prenant appui sur le modèle pédagogique de la chaîne scientifique ?

Ce travail et les développements en cours et à venir sont coordonnés à l'échelon national par Mme Pascale COSTA, IGEN STI.

Le contenu de cet article est le fruit de la réflexion menée au sein du groupe de travail de l'académie de Strasbourg animé par les inspecteurs :

- Arnaud MAKOUDI, IEN ET STI - Académie de Strasbourg
- Denis DEFAUX, IEN ET STI - Académie de Dijon
- Laurent MICHEL, IEN EG (Mathématiques sciences physiques et chimiques - Académie de Strasbourg
- Jean Paul KREPS, IEN ET STI - Académie de Caen
- Michel BRETON, IEN ET STI - Académie de Lyon



2 - Exemple de stratégie pédagogique et d'organisation des enseignements selon l'approche « centres d'intérêt » :

L'organisation des enseignements dans le cadre du baccalauréat professionnel maintenance des véhicules est pensée autour de six centres d'intérêt.

Exemple : Ci5 – Les mesures et contrôles

Tâches professionnelles :



T1.1 - Effectuer les contrôles définis par la procédure

T2.2 - Identifier les systèmes, les sous-ensembles, les éléments défectueux

Compétences visées :



C32 - Effectuer les mesures sur véhicule

C33 - Effectuer les contrôles, les essais

3 - L'approche adoptée dans le cadre d'un groupe de travail (Recherche-Formation) composé d'enseignants de différentes disciplines et d'inspecteurs de l'Éducation Nationale (ET et EG) :

Au niveau d'une académie, une équipe pédagogique élargie qui, autour du même centre d'intérêt, développe des stratégies pédagogiques et des scénarios de formation pour donner du sens aux enseignements. Le concept de la chaîne scientifique est retenu pour permettre à l'élève de partir du réel observé, réalisé, mesuré dans une activité sur le plateau technique de l'établissement et/ou en entreprise,

- pour analyser, modéliser et simuler lors des séances dédiées à l'Analyse Fonctionnelle et Structurelle (AFS),
- puis calculer et vérifier la loi générale en mathématiques ou physique chimie.

Démarche : à partir de l'étude de défaillances, déformations, usures ou dysfonctionnements constatés, définition des sollicitations mécaniques et leurs incidences sur les différents organes et/ou composants, établir et mettre en œuvre des scénarios de mesurages adaptés pour conduire une démarche de diagnostic sur systèmes mécaniques.

Publics ciblés : élèves de BAC PRO MV, BAC PRO réparation des carrosseries.

4 - Thématiques retenues (Contrôle/diagnostic mécanique et mesurages) :

1. Analyse vibratoire, mesures et interprétation des bruits (défauts des roulements et des engrenages, arbre à came, régime du vilebrequin, mesures rotationnelles de l'arbre d'entraînement du moteur etc..).

2. Contrôle d'alignement, mesures d'angles, géométrie des trains roulants, liaison au sol, etc.. suite à un dysfonctionnement et à partir de résultats de mesures de géométrie sur un banc ou d'essais, définition du diagnostic et des opérations à effectuer.
3. Mesures d'alignement, équilibrage des roues – travail sur les masses, les balourds, déséquilibres statique et dynamique, problème de desserrement, mesures sur bancs de freinage, etc..
4. Mesure de pression, mesures de régime moteur, incidence de l'accélération sur le régime moteur
5. Mesure de cylindrée, notion de puissance, mesure de fuite d'air, rapport volumétrique
6. Contrôle et mesure de la force de tension de la courroie, effets sur les roulements d'alternateur, etc..
7. Contrôle thermographique, utilisation de l'endoscope, liaison avec la chaîne de mesure en maths sciences.
8. Analyse d'huile
9. Mesures des déformations, usures, etc..
10. Analyse des gaz : diagnostic mécanique – Fonctionnement du filtre à particules, analyse des carburants
11. Mesures de l'usure et du vieillissement des batteries, mesure de pH, électrolyse, etc..
12. Mesures de distances par propagation du son (illustration à travers l'installation d'un radar de recul)
13. Production du froid, fluides frigorigènes

5 - Exemple de scénario pédagogique :

Conçu et réalisé dans le cadre d'un groupe de travail (Académie de Strasbourg) composé de :

- M. Jean Jacques KRATZ, Professeur de Mathématiques Sciences Physiques et chimiques au lycée Emile Mathis de Schiltigheim
- M. Jacky MULLER, Professeur de Maintenance des véhicules au lycée Emile Mathis de Schiltigheim
- M. Alexis FEHR, Professeur de Maintenance des véhicules au lycée Emile Mathis de Schiltigheim
- M. Yann REMY, Professeur d'AFS (GMC) au lycée Paul Emile Victor d'Obernai
- Mme Marie COURRIERE, Responsable Marché Enseignement – Chauvin Arnoux
- M. Laurent Michel, IEN EG Mathématiques Sciences Physiques et chimiques, Académie de Strasbourg
- M. Arnaud MAKOUDI, IEN ET STI, Académie de Strasbourg

Réforme

5.1 - L'objectif recherché :

Comprendre le fonctionnement du système de climatisation, du cycle frigorifique pour mieux diagnostiquer

L'activité de travaux pratiques dont le synopsis est décrit ci-dessous est destinée aux élèves de Bac Professionnel maintenance des véhicules. Elle est pensée et conduite par trois enseignants (Mathématiques-Sciences – Physiques et chimiques – Pratique professionnelle – A.F.S.) autour du centre d'intérêt **Ci5 : les mesures et contrôles**.

Une double problématique est abordée dans cet exercice pédagogique :

1. Celle relative à l'amélioration du système de climatisation d'un véhicule client

2. L'approche pluridisciplinaire du système et du principe de climatisation en utilisant une caméra thermique et le logiciel de traitement de l'image pour relever les pressions et les températures.

L'analyse en commun dans le cadre d'une démarche d'investigation, du fonctionnement des circuits de haute et basse pression, l'interprétation des résultats des mesures, doit permettre aux élèves de conduire une démarche de diagnostic adaptée en intégrant l'intérêt et l'articulation des trois disciplines.

Constat du client / Code Panne : manque d'efficacité du système de climatisation

5.2 - Articulation disciplinaire

Niveau d'enseignement : Terminale BAC PRO M.V.								
		Enseignement Général - EGLS		Enseignement professionnel				
Centre d'intérêt	Objectif	Mathématiques Sciences Physiques et chimiques		Savoirs associés	Activité de travaux pratiques	AFS	PSE	Synthèse en PFMP
Ci 5	Réaliser les mesures et contrôles : <i>Contrôler le cycle frigorifique</i>	Mesure de pression Mesure de température Relevé du changement d'état	Mesures sur maquette didactique	Les réglages, contrôles et les prescriptions de maintenance	Mesures et relevés sur véhicules	Analyse fonctionnelle des pompes, fonctionnement du compresseur de climatisation et analyse des pertes de compression	Manipulation des liquides frigorigènes : Analyse des risques et règles de prévention.	Mesures et contrôles sur véhicules Diagnostic et proposition d'amélioration du système de climatisation

5.3 - Compétences visées :

→ En maintenance et en A.F.S. (Enseignement professionnel)

Capacités et compétences visées	C32 Effectuer les mesures sur véhicule C33 Effectuer les contrôles, les essais
Savoirs associés	S1.1 Notion de systèmes du véhicule S1.2 Les fonctions du système, des sous-systèmes du véhicule S2.1 Les réglages, contrôles et les prescriptions de maintenance

→ En mathématiques-sciences physiques et chimiques

- Mesurer une température, une pression.
- Vérifier expérimentalement que lors d'un changement d'état, la température d'un corps pur ne varie pas.
- Savoir que la chaleur est un mode de transfert de l'énergie.
- Savoir que la quantité de chaleur s'exprime en joule.
- Savoir qu'un changement d'état libère ou consomme de l'énergie.
- Calculer une pression et la convertir en bar ou en pascal.
- Connaître l'influence de la pression et du volume sur la température.

Réforme

5.4 - Conditions de réalisation :

Lieu : plateau technique « maintenance des véhicules »

	Équipements	Observations
Véhicule client	Véhicule de marque Renault équipé d'un système de climatisation.	
Maquette didactique « Climatisation » + outil de diagnostic multi marques		
Outil de mesures et de contrôle : caméra thermique IR C.A 1882 EduCAm	 	
Outil de mesure des performances du circuit de climatisation		
Laboratoire de Mathématiques sciences – physiques et chimiques	Équipements de mesures traditionnelles (oscilloscopes , sondes de températures, etc..)	

5.5 - Proposition d'emploi du temps favorisant l'intégration de l'enseignement général et de l'AFS avec possibilités de co animation :

Lundi de 8 h à 10 h : créneau (libre de cours) commun à tous les élèves et tous les professeurs.

Ce créneau permet la mise en place de séances communes, la classe est prise en charge par un professeur de spécialité et un professeur en charge des EGLS.

Jeudi de 8 h à 10 h

La classe est prise en charge par un professeur d'AFS et un professeur de spécialité.

5.6 - Le scénario pédagogique : exploitation pédagogique avec les élèves

Étape 1 : présentation du système

Classe entière en présence des Professeurs de maintenance des véhicules, de maths/sciences et d'AFS

Activités :

- Identifier les composants d'un système de climatisation (document 1).
- Vérifier la production de froid avec le système sur la maquette pédagogique et sur un véhicule réel.

Étape 2 : mesures

Deux groupes d'élèves : Professeurs de maintenance des véhicules et de maths/sciences en co-animation

Activités :

- Effectuer des mesures de température et de pression et observer l'état du fluide en différents points de la maquette didactique (document 2).

- Relever les images thermographiques des différents éléments de la maquette (document 3).

Étape 3 : interprétation

Classe entière en présence des professeurs de maintenance des véhicules, de maths/sciences et d'AFS

Activités :

- Interpréter les mesures et les images thermographiques (document 4).
- Expliquer le rôle et le fonctionnement des composants du système (document 5 – AFS).
- Simuler une vaporisation avec un gaz sous pression (aérosol). (document 6).
- Simuler une phase de compression avec une pompe à vélo. (document 7).

NB : le mode co-animation permet de faire le lien immédiat avec le système étudié.

Étape 4 : maintenance

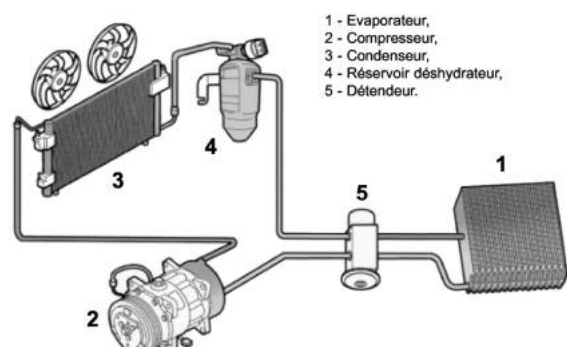
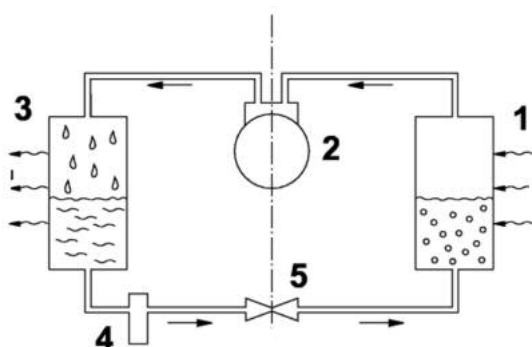
Groupes d'élèves en présence des professeurs de maintenance des véhicules

Activités :

- Effectuer des contrôles et des mesures pour diagnostiquer un système en dysfonctionnement (outil de diagnostic).

Document 1 : CYCLE FRIGORIFIQUE

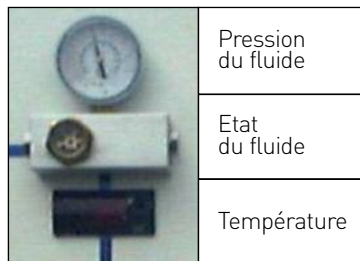
Pour fabriquer du froid, il faut donc avoir au départ un fluide haute pression à l'état liquide, que l'on détend et évapore, ce qui donne un gaz basse pression (froid). Pour boucler le circuit, le gaz basse pression est aspiré et comprimé par un compresseur, ce qui donne un gaz haute pression (chaud). Il passe alors dans un condenseur, balayé par de l'air extérieur. Le fluide, via les ailettes du condenseur, cède sa chaleur à l'air extérieur et se condense (il redevient liquide) tout en conservant sa haute pression. Il est alors prêt à subir un nouveau cycle détente/évaporation.



Réforme



Document 2 : mesures sur maquette didactique



Pression du fluide

Etat du fluide

Température

Régime	Température extérieure	Point de mesure	Température	Pression	État physique du réfrigérant
2000 tr/min	20 °C	Sortie du compresseur	80 °C	13 bars	G
		Sortie du condenseur	45 °C	13 bars	L
		Sortie du détendeur calibré	5 °C	2 bars	G+L
		Sortie de l'évaporateur	2 °C	2 bars	G
		Sortie du filtre déshydrateur	2 °C	2 bars	G


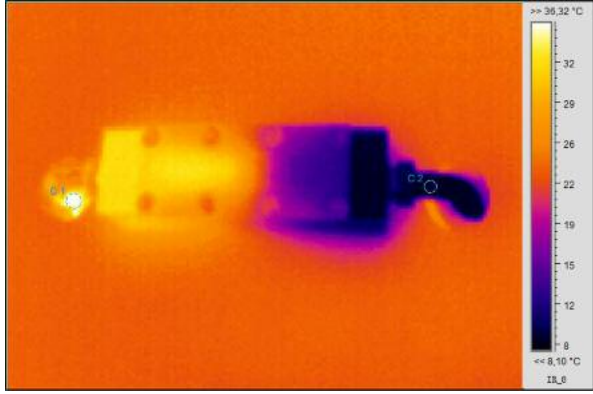
Document 3 : images thermographiques


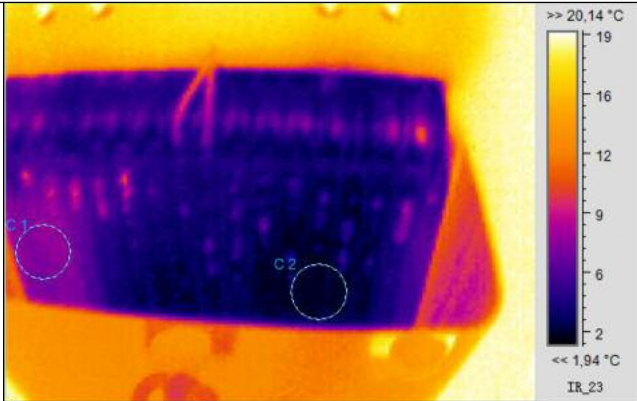
Utiliser la caméra thermique et le logiciel de traitement de l'image pour relever les températures d'entrée et de sortie des éléments constitutifs du circuit :

Élément	Image réelle	Image thermique			
Compresseur					
		Info image		Info point chaud	
Info Image	Valeur	C1 : Temp Min	49,18 °C	C2 : Temp Min	30,23 °C
Temp Min	28,77 °C	C1 : Émissivité	1	C2 : Émissivité	1
Émissivité	1	C1 : Temp Max	56,84 °C	C2 : Temp Max	33,75 °C
Temp Max	56,84 °C	C1 : Temp Moy	53,49 °C	C2 : Temp Moy	31,45 °C

Élément	Image réelle	Image thermique			
Condenseur					
		Info image		Info point chaud	
Info Image	Valeur	C4 : Temp Min	51,21 °C	C6 : Temp Min	16,78 °C
Temp Min	16,23 °C	C4 : Émissivité	1	C6 : Émissivité	1
Émissivité	1	C4 : Temp Max	53,25 °C	C6 : Temp Max	25,15 °C
Temp Max	53,25 °C	C4 : Temp Moy	52,23 °C	C6 : Temp Moy	20,94 °C

Document 3 : images thermographiques

Élément	Image réelle	Image thermique			
Détendeur fixe					
Info image		Info point chaud		Info point froid	
Info Image	Valeur	C1 : Temp Min	33,52 °C	C2 : Temp Min	7 °C
Temp Min	6,23 °C	C1 : Émissivité	1	C2 : Émissivité	1
Émissivité	1	C1 : Temp Max	38,95 °C	C2 : Temp Max	9,79 °C
Temp Max	38,95 °C	C1 : Temp Moy	36,39 °C	C2 : Temp Moy	8,19 °C

Élément	Image réelle	Image thermique			
Évaporateur					
Info image		Info point chaud		Info point froid	
Info Image	Valeur	C1 : Temp Min	6,42 °C	C2 : Temp Min	1,48 °C
Temp Min	1,44 °C	C1 : Émissivité	1	C2 : Émissivité	1
Émissivité	1	C1 : Temp Max	8,71 °C	C2 : Temp Max	3,95 °C
Temp Max	24,07 °C	C1 : Temp Moy	7,29 °C	C2 : Temp Moy	2,08 °C

Document 4 : interprétation des mesures et des images thermographiques

Compresseur : l'image thermographique met en évidence l'élévation rapide et importante de la température du fluide en sortie du compresseur. On peut compléter l'interprétation en faisant le lien avec le fonctionnement du compresseur étudié en AFS et avec l'échauffement d'un gaz sous l'action de la pression étudié en sciences.

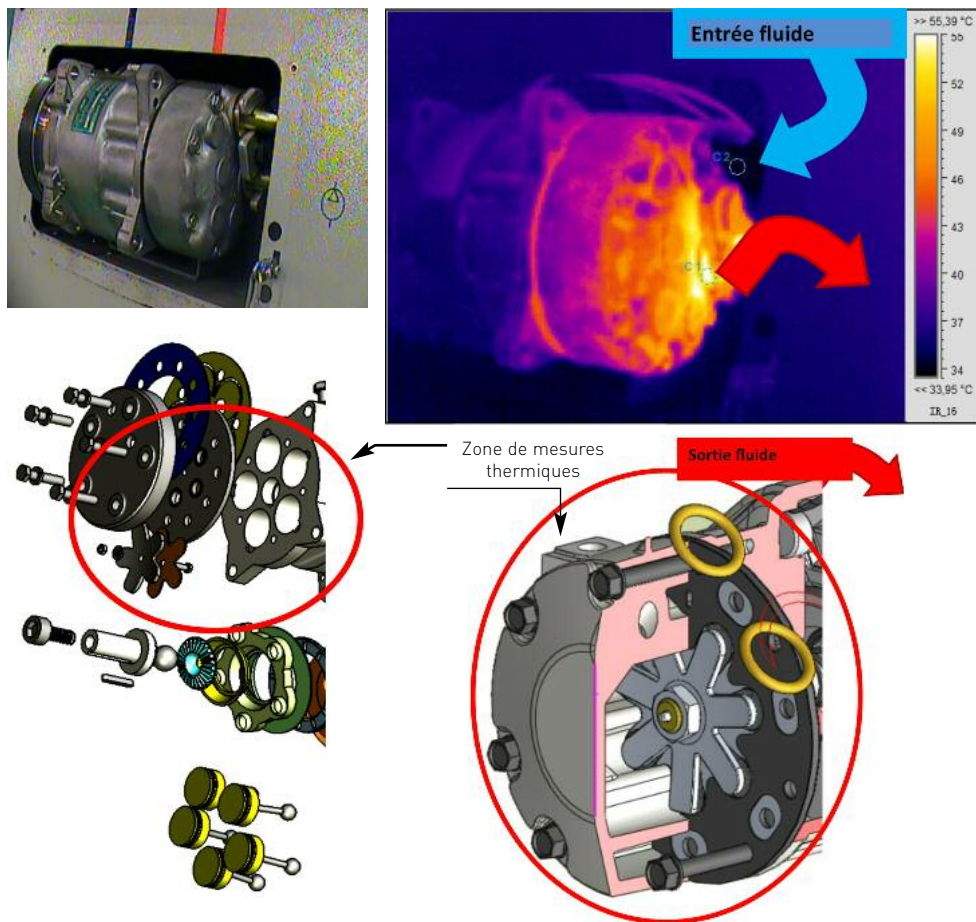
Condenseur : l'image montre le refroidissement du fluide et l'efficacité du ventilateur. Au cours du cycle, la caméra permet de visualiser la circulation du fluide dans le serpentin.

Détendeur : l'image montre la brusque variation de température du fluide due à sa vaporisation. Un tel phénomène est autrement difficilement observable.

Évaporateur : l'image montre que le changement d'état liquide – gaz se produit à une température pratiquement constante entre l'entrée et la sortie.

Document 5 : le compresseur - Principe de fonctionnement

Identification des zones de compression (prise en compte de l'image thermique du compresseur)



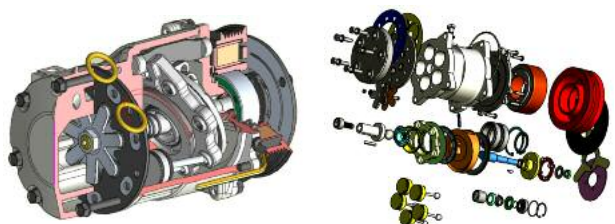
Comment se fait la compression ?

Données :

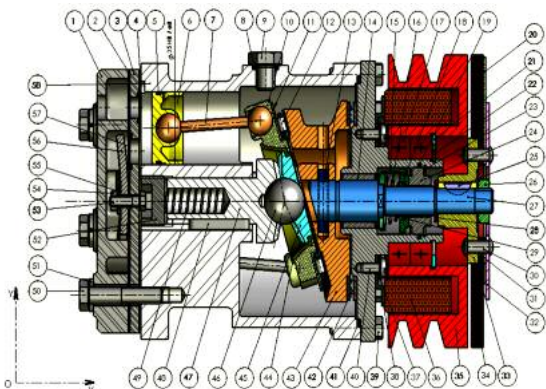
- Un dossier technique + le modèle réel comprenant :
- Mise en plan.
- Éclaté.
- Nomenclature.
- Modèle solidworks.

Principe de fonctionnement

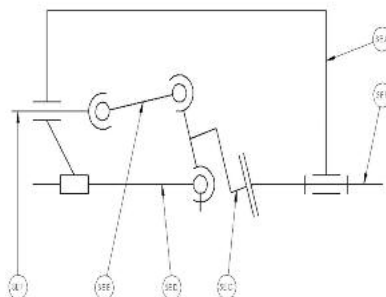
Le compresseur est représenté, sur le document, en coupe longitudinale dans le plan (0,x,y) fixe par rapport au corps **58**. Il est composé de cinq pistons **6** identiques, de diamètre 35 mm, disposés axialement. Lorsque la bobine **36** de l'embrayage électromagnétique est alimentée, le champ magnétique fait adhérer la rondelle **34** sur la poulie **35** qui est alors en liaison encastrement avec l'arbre d'entrée **27**. Le plateau came **43** et le plateau oscillant **10** transforment le mouvement de rotation continue de l'arbre d'entrée **27** en un mouvement de translation alternatif des pistons **6**.



Le fonctionnement du compresseur est décrit par l'élaboration d'un schéma cinématique.

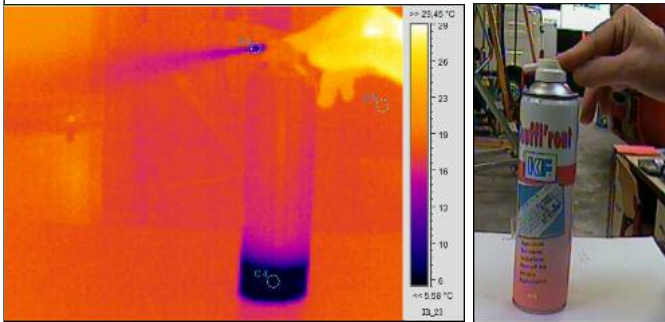


Dans l'objectif d'identifier la panne due à une perte de compression, différentes hypothèses peuvent être avancées en identifiant les différents sous ensembles fonctionnels à travers le diagramme F.A.S.T.



Document 6 : expérience de vaporisation d'un fluide

L'image thermographique visualise la production du froid lié à la vaporisation du fluide contenu dans l'aérosol



6 - Conclusion :

L'utilisation d'une caméra thermique présente un réel intérêt pédagogique. L'analyse des images thermographiques permet de visualiser des variations de température au cours des changements d'état physique du fluide frigorigène. Ces images contribuent ainsi à une meilleure compréhension du circuit frigorigène.

Même si l'utilisation d'images thermographiques pour établir un diagnostic reste limitée actuellement dans la profession où d'autres outils sont utilisés, les images thermiques obtenues et les mesures de température précises que l'on peut effectuer, sans aucun contact physique, permettent de déceler instantanément toutes sortes de défauts : la thermographie infrarouge est, après l'analyse vibratoire et l'analyse d'huile, l'outil d'aide au diagnostic le plus utilisé.

Cette activité d'enseignement et les images relevées avec leur analyse en équipe pluridisciplinaire (TP et synthèse co-animation) permettent dans ce cas précis de montrer directement la relation pédagogique qui existe entre les enseignements de spécialité, l'AFS et mathématiques-sciences physiques et chimiques et ainsi de donner plus de cohérence et de sens aux enseignements.

C'est une véritable démarche inductive et/ou expérimentale qui permet aux élèves de la voie professionnelle de mieux comprendre les concepts et les lois générales liés à sa spécialité et qui donne du sens aux enseignements des différentes disciplines.

Ce concept permet à une partie de l'équipe pédagogique :

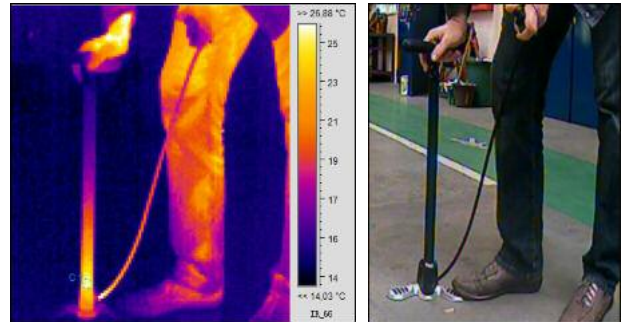
- de travailler ensemble en partageant le concept la chaîne scientifique,
- de mettre en œuvre des activités pédagogiques choisies et faisant partie du référentiel de formation des élèves de sa discipline,
- d'utiliser un support d'activités réel faisant partie du métier,

□ L'intérêt pour les enseignants :

- Chaque professeur conduit des activités pédagogiques dont le contenu est celui de son référentiel de formation, et dont les thématiques et la démarche mobilisent l'élève dans des apprentissages de sa didactique disciplinaire, travaux pratiques à l'atelier, analyse et modélisation en Analyse Fonctionnelle et Structurelle, ensuite calculs et interprétation de résultats en mathématiques sciences physiques et chimiques.

Document 7 : expérience de compression d'un gaz

L'image thermographique visualise la montée en température lors de la compression de l'air dans une pompe manuelle.



Difficultés principales rencontrées lors des mesures:

- Figurer l'échelle de mesure de température.
- Étalonner les mesures de température en tenant compte des paramètres extérieurs

- La démarche pédagogique utilisée est une démarche de pédagogie inversée qui part du réel pour aller vers le scientifique.

- Chaque professeur optimise le temps de formation dont il dispose,

□ L'intérêt pour les élèves :

- Dans chaque discipline concernée, l'élève conduit des apprentissages à partir de problématiques réelles liées à son métier.

Pour aller plus loin et en partant des résultats de cette expérimentation, un travail collaboratif inter académique pourra être initié pour développer en commun des ressources et expérimentations pédagogiques visant à enrichir les pratiques pédagogiques notamment dans le cadre des activités de projets et des enseignements généraux liés à la spécialité.

Les travaux relatifs à cette action pourraient se réaliser dans le cadre de Groupes Recherche Formation constitués d'enseignants (Maintenance + AFS + Mathématiques Sciences) + Ingénieurs ou techniciens de Chauvin Arnoux et pilotés par des inspecteurs territoriaux.

Le concept de la chaîne scientifique pourrait être adopté comme stratégie pédagogique qui utilise comme fil rouge un projet commun support d'activités pédagogiques pour les élèves avec les principes suivants :

→ Montrer et mettre en évidence les liens qui existent entre les disciplines professionnelles et enseignements.

→ Donner du sens aux enseignements en prenant appui sur une activité réelle de maintenance pratiquée sur un support réel (le véhicule) avec des points de repère :

- 1 - partir du réel observé, réalisé, mesuré dans une activité sur le plateau technique ou en entreprise,
- 2 - analyser, modéliser et simuler en A.F.S.,
- 3 - calculer et vérifier la loi générale en mathématiques ou physique chimie.

Le résultat des travaux menés pourrait faire l'objet d'un séminaire de formation « techniques de mesurages en maintenance des véhicules » et d'une publication dans le journal d'informations pour l'enseignement de Chauvin Arnoux et Metrix et sur les réseaux RNR et Educ Auto.

Dans le prolongement du partenariat avec Chauvin Arnoux, une action de formation des enseignants portant sur les techniques de mesurage pourrait être proposée dans le cadre des formations pilotées par le CERPEP.