

**Document  
d'accompagnement  
du référentiel  
de formation**



**Inspection de l'Enseignement Agricole**

**Diplôme : BTSA GDEA**

**Module : M4  
Appui technique**

**Préambule**

Les documents d'accompagnement ont pour vocation d'aider les enseignants à mettre en œuvre l'enseignement décrit dans le référentiel de diplôme en leur proposant des exemples de situations d'apprentissage permettant de développer les capacités visées. Ils ne sont pas prescriptifs et ne constituent pas un plan de cours. Ils sont structurés en items recensant les savoirs mobilisés assortis de recommandations pédagogiques.

L'enseignant a toute liberté de construire son enseignement et sa stratégie pédagogique à partir de situations d'apprentissage différentes de celles présentées dans les documents d'accompagnement. Il a aussi la liberté de combiner au sein d'une même situation d'apprentissage la préparation à l'acquisition d'une ou de plusieurs capacités.

Quels que soient les scénarios pédagogiques élaborés, l'objectif est l'acquisition des capacités présentées dans le référentiel de diplôme, qui nécessite de ne jamais perdre de vue l'esprit et les principes de l'évaluation capacitaire.

## Rappel des capacités visées

### Capacité 4 correspondant au bloc de compétences B 4 : Assurer un appui technique

- C4.1. Expliciter l'utilisation d'une technologie dans un contexte de production
- C4.2. Mettre en condition opérationnelle un équipement
- C4.3. Réaliser un diagnostic à partir d'une analyse de fonctionnement d'un équipement
- C4.4. Rétablir les fonctionnalités d'un équipement suite à un dysfonctionnement

## Finalités de l'enseignement

Cet enseignement répond au champ de compétences « appui technique » dont la finalité est de « répondre aux problématiques techniques intégrant les évolutions technologiques dans une démarche de durabilité ».

Ce module a une entrée à la fois scientifique, technologique, mais aussi pratique pour répondre aux différentes problématiques techniques. Il vise à faire acquérir aux apprenants une démarche scientifique leur permettant de s'approprier le fonctionnement des matériels à des fins d'utilisation, de réglage, de paramétrage, mais aussi de leur donner des outils d'analyse et des techniques liées à des savoir-faire pratiques afin d'assurer la pérennité des matériels en réalisant une maintenance adaptée. Cet enseignement doit s'inscrire dans une démarche liée aux innovations technologiques, à la sécurité, à la préservation de l'environnement et à la durabilité.

## Précisions sur les activités supports potentielles

Des visites techniques et d'entreprises, des interventions de professionnels, des démonstrations d'utilisation d'équipements et de logiciels professionnels, des travaux pratiques dans l'atelier pédagogique d'agroéquipement ou sur l'exploitation agricole participent à la construction de cet enseignement ancré sur des situations concrètes.

Les périodes de formation en milieu professionnel et la pluridisciplinarité intra ou intermodulaires participent à l'enseignement de ce module.

Ce module est potentiellement concerné par l'ensemble des activités pluridisciplinaires.

## Références documentaires ou bibliographiques pour ce module

### Sitographie STE

Les sites des constructeurs et distributeurs d'agroéquipements, les hébergeurs de vidéos et la presse spécialisée en agroéquipement ; Les sites des organismes de recherche (INRAE...), de vulgarisation (ARVALIS, IDELE...), les chambres d'agriculture, les fédérations des CUMA, la MSA ...

Exemples :

<https://www.ecophyto-pro.fr/>

<https://www.mycnhistore.com/EU/fr/newhollandag/EU/cn/EU>

[https://www.mycnhistore.com/eu/fr/caseih/tractors/cn/EU\\_A\\_A](https://www.mycnhistore.com/eu/fr/caseih/tractors/cn/EU_A_A)

<https://www.materielagricole.info/>

<https://www.futurefarming.com/>

<https://www.aef-online.org/fr/produits/base-de-donnees-aef-isobus.html>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32013R0167>

<https://tractortestlab.unl.edu/test-page-ntt/>

<https://aile.asso.fr/>

### Bibliographie STE

LERAT, P. (2015) *Les machines agricoles Conduite et entretien*. Lavoisier.

TALPIN, J. (2010) *Économie d'énergie sur l'exploitation agricole*. France Agricole.

GRENIER, G. (2018) *Agriculture de précision*. France Agricole.

PELLECUER, B. (2017) *Drones et agriculture*. France Agricole.

DE KREM, W. (2018) *Tracteurs, comprendre, choisir, entretenir*. France Agricole.

FANCHON, JL. (2022) *Guide des sciences et technologies industrielles*. Afnor-Nathan.

ABADIA, A. (2017) *L'évolution des boîtes de vitesses mécaniques*. CIP Médias.

### Sitographie TIM

#### Types de cartes mentales

Xmind, <https://www.xmind.net/>

Freemind, <https://freemind.fr.softonic.com/>

Freeplane, <https://www.freeplane.org/>

#### Représentation d'algorithmes ou de logigrammes

LARP, <https://larp.marcolavoie.ca/fr/>

Dia, <http://dia-installer.de/index.html.fr>

Visio,creately, <https://creately.com>

Glify, <https://www.gliffy.com/>

#### Codage

Edupython, <https://edupython.tuxfamily.org/>

Anaconda, <https://www.anaconda.com>

CAPYTALE, <https://capytale2.ac-paris.fr/web/accueil>

Visual studio code, <https://code.visualstudio.com/>

Code::Blocks, <https://www.codeur.com/blog/top-ide-environnement-de-developpement-c/>

Netbeans, <https://netbeans.apache.org/>

#### Microcontrôleurs

IDE Arduino, <https://www.arduino.cc/en/software>

TINKERCAD: <https://www.tinkercad.com/>

Fritzing, <https://fritzing.org/>

Hebert. (s.d.). Systèmes embarqués et microcontrôleurs. Récupéré sur systèmes embarqués et microcontrôleurs : <https://www-lisic.univ-littoral.fr/~hebert/microcontroleur/biblio/>

### **Transfert/ Manipulation de fichiers**

Winscp, <https://winscp.net/eng/download.php>

Filezilla, <https://filezilla-project.org/>

Putty, <https://www.putty.org/>

Notepad++, <https://notepad-plus-plus.org/downloads/>

Libre Office, <https://fr.libreoffice.org/download/telecharger-libreoffice/>

Microsoft PowerBI, <https://www.microsoft.com/fr-FR/download/details.aspx?id=58494>

R studio, <https://www.rstudio.com/>

Toad, <https://www.quest.com/fr-fr/products/toad-for-oracle/>

### **Sécurité, législation**

Putty, <https://www.putty.org/>

CNIL, <https://www.cnil.fr/>

### **Bibliographie TIM**

Willem.Van DREUMEL. (2016). 36 Expériences de physique avec ARDUINO. Elektor.

A. DUMONT, B.YERNAUX. (2017). *50 montages pédagogiques avec Arduino*. EDUCAGRI.

### **Bibliographie sciences physiques**

FANCHON, J.L. (2019) *Guide de mécanique*. Nathan

## Précisions sur les attendus de formation pour chacune des capacités visées

Capacité évaluée	Critères d'évaluation	Savoirs mobilisés	Disciplines
<b>C4.1 Expliciter l'utilisation d'une technologie dans un contexte de production</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Maitrise du fonctionnement des équipements</li><li>- Adéquation des technologies avec les usages visés</li><li>- Clarté et accessibilité de l'explication du fonctionnement</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Technologies mécaniques et hydrauliques</li><li>- Systèmes automatiques et programmés</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sciences et techniques des équipements / Agroéquipement</li><li>- Physique-Chimie</li><li>- Technologies de l'informatique et du multimédia</li><li>- Mathématiques</li></ul>

### Conditions d'atteinte de la capacité

La capacité est atteinte si l'apprenant est en mesure d'expliciter l'utilisation d'une technologie en agroéquipement dans un contexte de production donné.

On attend que l'apprenant soit en capacité d'identifier les technologies embarquées sur les matériels, d'en expliquer les principes, le fonctionnement, les réglages, d'en assurer le paramétrage et de mettre en lien le choix des technologies au regard des usages visés.

### Précisions sur les attendus de la formation

L'enseignement de cette capacité doit être en lien avec les technologies rencontrées sur des matériels et être contextualisé dans le cadre du fonctionnement et de l'utilisation des agroéquipements. Des liens interdisciplinaires doivent être faits afin que les apports, notamment scientifiques, soient perçus par les apprenants comme des outils au service de la compréhension des phénomènes physiques. L'approche expérimentale des contenus d'enseignement scientifiques est privilégiée.

L'enseignement de la programmation est réalisé sous la forme de projet pour conduire l'apprenant à comprendre l'utilité des systèmes programmés utilisés sur les agroéquipements. La programmation est envisagée comme un outil au service du fonctionnement optimisé des matériels.

### Comportement des agroéquipements en fonctionnement

#### Comportement des matériaux soumis à des sollicitations

L'enseignement mis en œuvre doit permettre à l'apprenant de reconnaître les différents matériaux utilisés dans les agroéquipements, de les caractériser succinctement, de connaître leurs propriétés, les traitements associés et de justifier les choix effectués. La connaissance des quatre sollicitations de base (traction, cisaillement, torsion, flexion) est abordée de façon à permettre à l'apprenant de les reconnaître et d'évaluer les contraintes associées à partir d'exemples simples en lien avec les agroéquipements. On peut s'appuyer sur des simulations numériques pour visualiser l'état des contraintes.

## Comportement statique des agroéquipements

Cette partie s'appuie sur des exemples couramment rencontrés dans le domaine des agroéquipements : l'équilibre du tracteur seul, l'équilibre du tracteur attelé, le relevage, le chargeur frontal, le chariot télescopique ...

On se limite à l'étude de systèmes plans, à forces parallèles ou concourantes, la résolution d'exercices basés sur des situations relevant du domaine des agroéquipements se fait par des méthodes algébriques et graphiques.

L'outil vectoriel est abordé essentiellement de façon géométrique. Il est mobilisé dans le cadre de la mécanique du solide.

## Comportement dynamique des agroéquipements

La cinématique est abordée au travers des notions physiques de force, vitesse, accélération, appliquées à des exemples simples issus du secteur des agroéquipements. Les notions d'énergie cinétique et de dynamique du solide seront également abordées à partir d'exemples simples : le volant d'inertie, le freinage d'un tracteur, le freinage d'un ensemble routier ...

L'étude des équations différentielles s'effectue en tant que modélisation d'un problème physique ou technique.

La résolution peut être algorithmique et géométrique (méthode d'Euler, champ de vecteurs) ou via des logiciels de calcul formel.

## Adhérence et frottement appliqués aux agroéquipements dans leurs contextes

Les notions d'adhérence et de frottement sont abordées à partir d'exemples simples permettant notamment de mettre en évidence les lois du frottement (Lois de Coulomb, cas du glissement et de l'adhérence). L'application en situation est recommandée afin d'illustrer les phénomènes de pertes par roulement et par glissement liées au déplacement des agroéquipements sur le sol. Cette partie s'appuie sur des travaux pratiques et des essais réalisés sur sol dur et sol agricole. La caractérisation des pneumatiques est abordée afin de mettre en évidence son incidence sur l'adhérence.

## Utilisation des énergies électrique et hydraulique dans les agroéquipements

Cet enseignement s'appuie sur des exemples issus du secteur des agroéquipements. L'enseignant fait le lien entre le schéma (hydraulique ou électrique) normalisé d'un équipement et l'observation de ses composants sur la machine. Il s'appuie sur les matériels couramment utilisés.

Exemple en hydraulique : le circuit hydraulique du relevage, de la direction d'un automoteur, d'une transmission hydrostatique, d'un chariot télescopique ...

Exemples en électricité : le circuit électrique du tracteur, d'une presse, d'une machine à vendanger, d'un pressoir vinicole, d'un système de stockage du grain...

## Choix d'une technologie et dimensionnement des systèmes électrotechniques

### Énergie électrique et circuits électriques

Cette thématique est traitée dans le respect rigoureux des normes en vigueur.

La formation prend appui sur l'observation de divers circuits électriques. Pour cela on procède en amont au rappel des bases des lois qui régissent l'électricité et l'électronique ainsi qu'aux notions qui y sont associées

(structure de la matière, résistance, tension, intensité...). On réactive les savoir-faire liés à l'utilisation des appareils de mesure : mesure des grandeurs électriques telles que la tension, l'intensité, la résistance, la période, la fréquence à l'aide d'appareils spécifiques tels qu'un multimètre, une pince ampèremétrique et /ou un oscilloscope.

L'atelier, le tracteur, les bâtiments peuvent servir de supports pratiques à l'étude de ces grandeurs et des systèmes de protection.

On étudie la production d'une tension alternative par l'alternateur et sa modification par le transformateur. Puis on fait la distinction avec les générateurs électrochimiques délivrant une tension continue.

On distingue le comportement en courant continu et en courant alternatif du conducteur ohmique, de la bobine et du condensateur. L'utilisation de matériel EXAO peut être envisagée. La loi d'Ohm en régime variable est définie et utilisée pour calculer une impédance.

On aborde le circuit "R, L, C" série. On y montre l'influence des valeurs de l'inductance de la bobine et de la capacité du condensateur sur le déphasage ainsi que, à valeur constante de ces grandeurs caractéristiques, l'influence de la fréquence. Les calculs de déphasage se font uniquement à partir d'oscillogrammes en courants monophasé et triphasé. On relie le déphasage au facteur de puissance.

On étend l'étude aux diodes et aux transistors en traitant leurs associations dans des montages. L'apprenant doit être à même d'identifier ces composants dans un schéma normalisé, de connaître leurs caractéristiques ainsi que leurs modes de fonctionnement (diode bloquée ou passante, transistor en mode amplification ou en mode tout ou rien)

Des applications d'associations de ces divers composants dans les fonctions de redressement, de filtrage, de stabilisation et de régulation sont présentées.

Cette étude se traite de manière expérimentale et pratique au laboratoire et à l'atelier.

### **Circuits électriques embarqués**

On distingue les applications électriques embarquées des applications reliées aux réseaux. On insiste sur la fonction relais.

Concernant les circuits embarqués, on s'intéresse aussi aux piles et accumulateurs notamment pour leur présence et leur rôle dans les circuits de démarrage, de charge, d'allumage...

Pour les circuits électriques reliés aux réseaux, on s'intéresse à la production, à la distribution et à la tarification de l'énergie électrique.

Dans toutes les situations présentées et mises en œuvre, l'accent est mis sur les éléments de protection et de sécurité des personnes et des biens.

La mise en application peut se faire par la réalisation de circuits tels que le simple allumage, le pont de Graëtz (redressement du courant), le va-et-vient...

### **Moteurs électriques**

On présente les notions de magnétisme nécessaires à la compréhension du fonctionnement des moteurs électriques : notion de champ magnétique (lignes de champ, vecteur champ magnétique), champ magnétique créé par une bobine parcourue par un courant, flux magnétique, force électromotrice induite et loi de Faraday, loi de modulation de Lenz et courant induit, auto-induction. L'existence des courants de Foucault est présentée dans leurs applications ; le principe de fonctionnement d'un transformateur doit être connu.

On montre expérimentalement l'effet de la force électromagnétique en présentant la loi de Laplace, après avoir rappelé les propriétés des aimants (pôles magnétiques, attraction/répulsion ...).

On applique l'ensemble de ces notions et lois à l'étude des moteurs électriques qui font l'objet d'une analyse approfondie, et notamment :

- le moteur à courant continu (description, fonctionnement, moteur à excitation indépendante,

- démarrateur avec moteur à alimentation série,  $f_{cm}$ , bilan de puissances),
- le moteur asynchrone triphasé : alimentation (montage étoile et triangle), champ tournant, glissement, machine multipolaire, bilan de puissance,
- le moteur pas à pas : principe de fonctionnement.

Le dimensionnement et l'analyse des performances sont étudiés à partir d'exemples concrets.

Chaque circuit électrique étudié fait l'objet d'un bilan énergétique ainsi que d'une analyse de performance.

## Électronique et capteurs

Cet enseignement est mis en lien avec l'item « Programmation des systèmes logiques et régulés utilisés dans les agroéquipements » de ce module et l'enseignement de la capacité 6.2.

Cette partie a pour but d'élargir l'étude des circuits à celle des capteurs et porte sur la connaissance des circuits de charge, de démarrage, d'éclairage et de signalisation des matériels roulants ainsi que ceux d'équipements de bâtiments.

L'utilisation d'un banc électrique ou de maquettes didactiques permet la réalisation de circuits de base pour mettre en évidence les structures des circuits et les notions de sécurité associées à l'utilisation des systèmes électriques sur les matériels et les installations fixes. La mesure de grandeurs physiques nécessaires à la compréhension des circuits peut être réalisée sur ces supports.

L'utilisation des appareils de mesure et de contrôle (multimètre, oscilloscope, lampe témoin ...) permet de vérifier les paramètres de fonctionnement d'un circuit et de ses composants.

En préambule, on peut réaliser expérimentalement au laboratoire un montage simple mettant en œuvre un capteur, par exemple un capteur de température constitué d'une thermistance, d'un amplificateur opérationnel, d'un transistor et d'un relais actionnant un ventilateur.

Les principes de fonctionnement de l'ensemble des composants des circuits électriques embarqués sont développés : générateur statique (batterie), générateur dynamique (alternateur), récepteur (démarrateur, moteurs, relais, lampes...).

La description d'une structure automatisée montre les capteurs, la partie commande, la partie opérative et les afficheurs utilisés.

Les différents capteurs utilisés sur les matériels sont présentés avec l'identification des signaux produits : ILS, capteurs à réductance variable, capteurs de présence ...

On présente également le principe de fonctionnement d'un bus CAN, élément de liaison entre la partie opérative et les capteurs ou actionneurs.

L'approche de la gestion des automatismes se fait par la présentation d'un des langages de programmation utilisés sur les agroéquipements.

Les systèmes de commande en boucle ouverte et boucle fermée sont abordés.

La gestion électronique des fonctions du tracteur (moteur, système de transmission, relevage...) et celles de régulation des outils (pulvérisateurs, épandeurs, semoirs...) servent de support pour la compréhension des automatismes et des asservissements utilisés.

On présente des systèmes automatisés sous forme de structure générale en étudiant des exemples concrets tels que le relevage, la gestion climatique d'un bâtiment, le circuit de charge... Il s'agit de mettre en évidence le flux de l'information entre la partie commande et la partie opérative. Le capteur utilisé peut être décrit à l'aide d'une analyse fonctionnelle. Les capteurs logiques, analogiques, numériques sont au programme. À l'aide d'exemples concrets, on met en évidence une méthodologie de choix du capteur. Les principaux systèmes de transmission de l'information rencontrés dans les agroéquipements sont analysés. À partir d'exemples simples, on présente sous forme d'organigramme la logique de commande du système automatisé.

On veille particulièrement à présenter les normes de sécurité actualisées des différents circuits et matériels installés dans des bâtiments. Les documents fournis par les organismes producteurs ou installateurs de

composants électriques accompagneront ces apports.

Le principe de la localisation GPS par satellites et la notion d'onde sont décrits, en lien avec leur utilisation réalisée dans le module 7.

## Fonctionnement des circuits de fluide dans les agroéquipements

### Statique des fluides

La formation prend appui sur l'observation de divers circuits hydrauliques. Pour cela on procède en amont à une réactivation des savoirs liés aux caractéristiques d'un fluide : pression (absolue, différentielle, relative), force pressante, théorème de Pascal.

Le principe fondamental de l'hydrostatique est énoncé et appliqué, à des exemples judicieusement choisis dans le domaine des agroéquipements. Les instruments de mesure de pression sont rappelés, il en est de même pour les savoir-faire liés à leur utilisation.

Le théorème d'Archimède est énoncé et appliqué par exemple à l'étude des dispositifs équipés de flotteurs.

### Dynamique des fluides

En se basant sur des études de cas concrets liés au domaine des agroéquipements, on rappelle les notions de débits massique et volumique, on exploite l'équation de conservation des débits lors d'un écoulement permanent afin de déterminer la vitesse d'un fluide.

On applique la relation de Bernoulli dans le cas d'un écoulement permanent d'un fluide parfait.

L'effet Venturi et ses applications sont abordés.

On s'intéresse aux phénomènes qui régissent les mouvements de fluides dans les agroéquipements, ainsi on rappelle l'importance du phénomène de viscosité (différentes viscosités, unités...) et l'on définit la nature des écoulements (laminaire et turbulent) à l'aide du nombre de Reynolds dont l'expression est donnée. On traite également la notion de pertes de charge et on s'attache à exploiter des données pour déterminer leur valeur en fonction du débit et de la géométrie du circuit. On n'oublie pas d'aborder les paramètres intervenant pour optimiser les pertes de charge d'un système.

À partir de la loi de Poiseuille (fournie), on détermine un débit volumique en fonction de la différence de pressions.

### Applications aux agroéquipements et à l'hydraulique agricole

L'apprenant doit être en mesure de faire le lien entre la conservation de l'énergie formulée par la relation de Bernoulli et les applications agricoles les utilisant (pulvérisateurs, dispositifs d'irrigation...)

## Choix d'une technologie et dimensionnement d'un circuit hydraulique en agroéquipement

À partir d'exemples issus du secteur des agroéquipements, l'apprenant doit être en mesure d'identifier, caractériser et dimensionner les principaux composants d'un circuit hydraulique. Il doit comprendre le fonctionnement des circuits à centre ouvert et à signal de charge, faire la différence entre circuit ouvert et circuit fermé. L'enseignement doit lui permettre d'argumenter le choix d'une technologie dans un contexte d'utilisation des agroéquipements.

## Programmation des systèmes logiques et régulés utilisés dans les agroéquipements

Cet enseignement doit impérativement s'appuyer sur la programmation d'un équipement. L'enseignant peut avoir recours à des maquettes. L'utilisation de logiciels de simulation peut compléter le dispositif d'enseignement.

Utilisation des fonctions logiques et de l'algèbre de Boole pour la compréhension des systèmes logiques, applications en Python

Les fonctions logiques permettent d'exprimer des conditions et sont vues en lien avec les automatismes (table de vérité, théorème de De Morgan...). L'algèbre de Boole donne un cadre algébrique aux connecteurs logiques.

Fonctionnement des systèmes embarqués et des bus de communication

### Les microcontrôleurs utilisés dans les agroéquipements

Les enseignants présentent l'architecture de la carte Arduino et insistent en particulier sur :

- Les entrées/sorties
- Les modes d'alimentation
- Les broches PWM, TOR
- La liaison série

En s'appuyant sur une problématique relevant des agroéquipements, les apprenants mettent en œuvre des montages simples (actionneurs, capteurs) qui sont repris et modifiés en physique.

L'enseignant insiste sur l'obligation de procéder méthodiquement lors des différentes phases de conception, montages, codage, test, correction et validation des scripts Arduino.

La production et la collecte de données seront également abordées.

### Les bus de communication

Cette partie s'appuie sur l'étude des cas couramment rencontrés dans le secteur des agroéquipements : liaison entre le tracteur et ses outils, liaison interne entre les composants d'un automoteur ...

Il s'agit pour l'apprenant d'être en mesure de caractériser les mécanismes régulés, de comprendre le fonctionnement des bus de données (Isobus, J1939 ...) et des protocoles de communication. (Controller Area Network) utilisés en agroéquipement. L'enseignant doit aussi effectuer une veille technologique pour se tenir informé des évolutions.

Programmation liée à un besoin en agroéquipement

Cette partie est directement liée à un projet de programmation d'un équipement agricole. Les enseignants réalisent une analyse étape par étape de la problématique posée qui conduit à l'écriture de l'algorithme (méthode logique de résolution du problème).

Ils abordent :

- La structure des algorithmes (en-tête, partie déclarative, fonctions et procédures, corps) ;
- Les notions de variables, de types de données, d'opérateurs logiques, de conditions, de boucles, de traitement de données, calcul, traitement des entrées-sorties, etc. ;
- Les tests de validité et les jeux d'essai des algorithmes.

Les outils informatiques mobilisables en algorithmique sont du type : LARP, Algobox, Algopic, etc.

Les enseignants s'attachent à présenter les algorithmes en utilisant différentes représentations textuelles ou picturales (langage naturel, pseudo-codes, logigrammes, arbres de décision) pour faciliter la compréhension de tous les apprenants.

La mise en œuvre se fait à l'aide dans un langage de programmation de type Python, C, C++, java...

Les enseignants s'appuient ici sur les acquis antérieurs des apprenants qui ont reçu une formation sur Python et le codage (ou programmation informatique) depuis les classes de collège et de lycée.

L'utilisation d'une programmation par blocs est possible. Dans ce cas, les apprenants doivent faire le lien entre langage de programmation et langage par blocs en visualisant les deux modes de codage au travers d'un exemple commun, afin de faciliter la compréhension.

L'exécution pas-à-pas du code est systématiquement abordée afin de valider et de corriger. Lorsque cela est possible, les enseignants vont jusqu'à la phase de compilation du code et ils démontrent sa transformation en un fichier exécutable.

Capacité évaluée	Critères d'évaluation	Savoirs mobilisés	Disciplines
<b>C4.2 Mettre en condition opérationnelle un équipement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exhaustivité du paramétrage/étalonnage dans le contexte</li> <li>- Respect du protocole de mise en service</li> <li>- Contrôle de fonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paramétrage des équipements</li> <li>- Statistiques et traitement de données</li> <li>- Technologie des équipements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sciences et techniques des équipements / Agroéquipement</li> <li>- Technologies de l'informatique et du multimédia</li> <li>- Mathématiques</li> </ul>

### Conditions d'atteinte de la capacité

La capacité est atteinte si l'apprenant est en mesure de régler, paramétrer, étalonner et contrôler le fonctionnement d'un matériel lors de sa mise en service. On attend de l'apprenant qu'il mobilise des savoir-faire en relation avec la préparation et la mise en condition fonctionnelle d'un équipement. La mise en condition opérationnelle est réalisée à l'atelier ou sur le site de production selon la nature des opérations à effectuer.

Des outils numériques peuvent être utilisés notamment pour le paramétrage. Des statistiques peuvent être mobilisées afin de conforter la validité des tests réalisés.

### Précisions sur les attendus de la formation

L'enseignement de cette capacité vise à donner aux apprenants une méthodologie et des savoir-faire basés sur l'analyse technique du fonctionnement d'un équipement en relation avec les concepts scientifiques qui sous-tendent leur conception, leurs réglages et leur utilisation.

Les mises en situation professionnelles concrètes sont à privilégier pour enseigner cette capacité.

Différentes familles de matériels seront abordées afin de donner un caractère exhaustif à l'enseignement.

Les apports pluridisciplinaires sont contextualisés au travers d'une réflexion d'équipe afin que les apprenants puissent aborder l'étalonnage et le paramétrage des équipements comme le résultat d'une réflexion technologique et scientifique.

Les manipulations de matériels sont l'occasion de mettre en œuvre et de vérifier les réglages et paramétrages proposés et réalisés. En amont des manipulations, l'enseignant conduit une réflexion pour amener l'apprenant à être en mesure d'identifier la réglementation applicable dans le contexte, de produire une analyse contextualisée des risques et de mettre en œuvre les mesures de sécurité pertinentes dans la situation.

#### Exhaustivité du paramétrage dans le contexte

Prise en main des systèmes de géolocalisation

L'enseignement mis en œuvre doit permettre aux apprenants de paramétrer, d'utiliser et de manipuler des systèmes de positionnement et de géolocalisation en lien avec les agroéquipements dans un contexte professionnel donné. On associe le guidage des outils ainsi que l'ensemble des matériels exploitant le protocole ISOBUS, par exemple pour la modulation de dosage. Cet enseignement est en lien avec ceux des modules M5 et M7.

## Réglage et paramétrage des équipements

La connaissance des équipements est un préalable à leur réglage, leur paramétrage et leur utilisation. L'enseignement porte sur les opérations de paramétrage préalables à l'utilisation de l'équipement. Exemples de niveaux diversifiés d'exigence : paramétrage d'une coupure de tronçon sur un pulvérisateur, paramétrage des vitesses de déploiement des vérins d'un matériel, paramétrage de la trajectoire d'un robot ou d'un drone ...

## Étalonnage

### Méthodes statistiques appliquées à l'étalonnage

L'enseignement est conduit pour permettre à l'apprenant de faire une analyse critique des données recueillies et une analyse statistique en vue d'extraire des informations à partir des résultats obtenus (statistiques descriptives, coefficient de variation, test de validité...) appuyés par l'utilisation de logiciels de traitement de données.

### Contrôle des matériels et validation des résultats

Cet enseignement s'appuie sur des travaux pratiques. Exemples diversifiés d'équipements utilisés : étalonnage d'un capteur optique, d'effort, de couple, d'angle, de pertes de grains, de détection de métal... Il s'agit pour l'apprenant d'être en mesure d'effectuer un étalonnage, d'interpréter les résultats obtenus à la suite d'essais, d'effectuer les corrections et de les analyser. Il teste le matériel en conditions réelles à partir des consignes liées à une tâche à effectuer. Il rend compte par écrit et/ou à l'oral des résultats obtenus.

## Application du protocole de mise en service

L'utilisation des notices techniques des constructeurs est impérative.

### Procédure de réglage de différents matériels et équipements

Cet enseignement respecte les préconisations du constructeur de l'équipement utilisé. Il s'agit d'amener l'apprenant à rechercher la méthodologie d'utilisation, de se l'approprier dans le respect des règles d'utilisation prescrites. On peut s'appuyer sur une notice papier, numérique ou une application numérique... L'enseignant s'attache à diversifier les situations d'apprentissage. Les travaux pratiques sont privilégiés.

### Identification des réglementations applicables, analyse des risques, mise en service en sécurité

L'enseignant conduit la formation pour amener l'apprenant à être en mesure d'identifier la réglementation applicable dans le contexte, produire une analyse contextualisée des risques et de mettre en œuvre les mesures de sécurité pertinentes dans la situation. Sont abordés : les risques humains, environnementaux, matériels. La réglementation correspondante est mobilisée : code du travail, code de la route, ... Les liens sont établis avec l'enseignement du module M7. L'enseignement s'appuie sur les préconisations du document : <https://chlorofil.fr/actions/sante/sst/ressources/educuer-risques-pro>

## **Contrôle de fonctionnement**

En formation, il s'agit d'amener l'apprenant à s'assurer de la validité des réglages effectués et remédier aux défauts constatés à partir de l'analyse du fonctionnement de l'équipement. L'apprenant doit en outre assurer la traçabilité des tâches et réglages effectués.

Capacité évaluée	Critères d'évaluation	Savoirs mobilisés	Disciplines
<b>C4.3 Réaliser un diagnostic à partir d'une analyse de fonctionnement d'un équipement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation de la documentation technique</li> <li>- Analyse fonctionnelle</li> <li>- Utilisation des outils d'aide au diagnostic</li> <li>- Pertinence du diagnostic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie des équipements</li> <li>- Méthodologie de la maintenance</li> <li>- Diagnostic de dysfonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sciences et techniques des équipements / Agroéquipement</li> <li>- Physique-Chimie</li> </ul>

### Conditions d'atteinte de la capacité

La capacité est atteinte si l'apprenant est en mesure de proposer et mettre en œuvre une méthodologie de diagnostic liée à la maintenance des équipements. Le dysfonctionnement doit être analysé non seulement à partir d'une perception sensorielle, mais aussi par l'utilisation de logiciel de diagnostic, de matériels connectés d'aide au diagnostic, de procédures de test et d'appareils de mesure afin de produire une analyse de fonctionnement et un diagnostic fiable.

### Précisions sur les attendus de la formation

L'enseignement de cette capacité vise à donner aux apprenants les outils et les méthodes pour effectuer un diagnostic de dysfonctionnement d'un matériel. Il s'appuie sur un diagnostic réalisé à partir de l'analyse de données issues de matériels de mesure, de l'utilisation d'outils de diagnostic et de logiciels constructeurs. Des mises en situation professionnelles doivent servir d'appui à la réalisation de diagnostic à partir d'un arbre des causes. Les apprenants *in fine* doivent être en mesure d'effectuer une proposition d'intervention intégrant, le cas échéant, le remplacement de composants.

#### Exploitation de la documentation technique

Lecture de plans

La formation est conduite pour permettre à l'apprenant de lire et d'interpréter des plans couramment utilisés dans le domaine des agroéquipements afin de comprendre l'architecture des systèmes.

Schématisation

Cet enseignement s'appuie sur des exemples de schématisation issus du secteur des agroéquipements. En formation, l'apprenant réalise des schémas simplifiés en respectant la normalisation dans les domaines de la mécanique, de l'hydraulique, de l'électricité ...

L'usage des logiciels de modélisation et de schématisation est recommandé. L'apprenant doit être en mesure d'exploiter les plans produits sur des logiciels de DAO.

#### Analyse fonctionnelle

Fonctionnement des transmissions mécaniques, hydromécaniques et hybrides

L'enseignement de cette partie s'appuie sur l'analyse fonctionnelle des transmissions utilisées en agroéquipement. L'apprenant est amené à identifier le fonctionnement et les différentes architectures des ensembles et sous-ensembles constituant les transmissions des agroéquipements.

Exemples diversifiés de transmission : boîte de vitesses robotisée, boîte de vitesse à variation continue, boîte de vitesse mécanique, transmission par courroie, transmission par chaîne ...

#### Méthodes d'analyse fonctionnelle

Au cours de la formation, il s'agit pour l'apprenant d'appréhender différentes méthodes : Logigramme, méthode SADT, diagramme d'Ishikawa...

Ces méthodes participent à l'établissement d'un diagnostic à partir de l'analyse des interactions entre les différentes parties d'une machine.

#### Utilisation des outils d'aide au diagnostic

Les outils d'aide au diagnostic permettent de donner aux apprenants une logique de réflexion permettant d'isoler les sources de dysfonctionnement, de construire un arbre de décision de façon à structurer les mesures effectuées permettant d'établir un diagnostic fiable. L'utilisation d'un logigramme est préconisée afin de limiter les risques liés à l'approche empirique.

La démarche de recherche de panne comprend les étapes suivantes :

- Identification des hypothèses sur les causes du dysfonctionnement ;
- Hiérarchisation des hypothèses ;
- Vérification des hypothèses retenues.

#### Utilisation d'outils de mesure et contrôle

La formation conduit l'apprenant à choisir et utiliser des outils de mesure et de contrôle adaptés à une situation (multimètre, outils de métrologie, manomètre...). L'apprenant doit être en capacité d'interpréter les résultats participants au diagnostic. Les mesures sont interprétées dans leur contexte. Les valeurs mesurées sont comparées avec les valeurs de référence fournies par le constructeur. L'enseignement comprend l'utilisation d'un banc de puissance et l'interprétation des résultats issus du test de façon à établir un diagnostic de moteur.

#### Utilisation d'un logiciel de diagnostic

Le diagnostic est réalisé directement sur les matériels via les codes de pannes, ou par l'intermédiaire de valises diagnostic. L'apprenant s'approprie l'usage des logiciels de diagnostic de pannes. Il procède à l'installation de l'outil, lit les codes « erreur », enregistre les informations issues de capteurs présents sur le matériel et il identifie les causes du dysfonctionnement. Il teste les actionneurs et il contrôle le fonctionnement du matériel.

#### Pertinence du diagnostic

#### Recueil d'informations « machine » et confirmation du dysfonctionnement

L'apprenant doit être en mesure de vérifier la présence du dysfonctionnement et s'assurer qu'il correspond à la description faite par l'utilisateur.

#### Contrôles préliminaires

L'enseignement mis en œuvre doit permettre aux apprenants d'effectuer les contrôles élémentaires correspondants à une la prise en charge d'un matériel : états des circuits, niveaux, réponse des commandes...

#### Arbre des hypothèses de dysfonctionnement

L'enseignement de cette partie permet à l'apprenant de mettre en œuvre des outils de diagnostic adaptés. Il doit être en capacité de lister les problèmes identifiés, de les classer et de hiérarchiser les hypothèses de dysfonctionnement.

#### Interprétations des codes « erreur »

L'apprenant interprète les différents codes « erreur » et procède le cas échéant à leur effacement.

#### Mise en place d'un protocole de test(s)

Dans le respect des préconisations du constructeur, l'apprenant met en œuvre les outils et méthodes permettant la localisation de la mesure à effectuer, le choix de l'instrument, le mode opératoire et la réalisation de la mesure. Il s'assure de la validité de la mesure et il effectue l'interprétation des résultats.

#### Établissement d'une proposition de réparation

Cet enseignement conduit l'apprenant à établir une proposition de réparation et, le cas échéant, d'aboutir à la production d'un ordre de réparation. Les éléments juridiques peuvent être abordés (contrat de garantie). L'apprenant doit pouvoir argumenter un avis relatif à un changement de pièces en tenant compte de l'état de l'équipement.

Capacité évaluée	Critères d'évaluation	Savoirs mobilisés	Discipline
<b>C4.4 Rétablir les fonctionnalités d'un équipement suite à un dysfonctionnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stratégie de l'intervention</li> <li>- Qualité de l'intervention</li> <li>-Vérifications avant remise en service</li> <li>- Prise en compte des éléments de la durabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédures de maintenance</li> <li>- Opérations de maintenance</li> <li>- Gestion et recyclage des déchets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sciences et techniques des équipements / Agroéquipement</li> </ul>

### Conditions d'atteinte de la capacité

La capacité est atteinte si l'apprenant est en mesure de réaliser des opérations de maintenance corrective portant sur un ou plusieurs champs d'intervention (mécanique, hydraulique, électrique...). On attend de l'apprenant qu'il réalise les opérations de maintenance à partir d'un diagnostic de dysfonctionnement préétabli en mobilisant des savoir-faire dans l'utilisation de l'outillage adapté pour rétablir de façon permanente et durable les fonctionnalités d'un matériel ou d'un équipement.

### Précisions sur les attendus de la formation

L'enseignement de cette capacité vise à permettre aux apprenants d'effectuer en autonomie des opérations de maintenance corrective à partir d'un diagnostic préétabli. Cet enseignement peut être conduit en lien avec la capacité C4.3. Les travaux pratiques sont privilégiés. Ils peuvent s'appuyer sur des situations professionnelles issues de l'exploitation de l'établissement ou de ses partenaires. Les opérations de maintenance support de la formation sont choisies en s'appuyant sur la norme NF EN13306, reprises dans la fiche INRS ED123. L'équipe pédagogique s'attache à diversifier les opérations de maintenance et assurer une progressivité dans les apprentissages.

#### Stratégie d'intervention

À partir d'un diagnostic réalisé précédemment, l'apprenant propose une stratégie logique d'intervention et effectue, à partir d'une commande, les réparations de façon à rétablir les fonctionnalités de l'équipement.

#### Prise en compte de la commande

L'enseignement mis en œuvre permet aux apprenants de prescrire et réaliser la maintenance en prenant en compte la commande. Les différents niveaux de maintenance sont mobilisés.

#### Prise en compte des éléments sécuritaires et environnementaux

Dans cet enseignement, l'apprenant doit être en mesure d'identifier les risques pour la situation professionnelle considérée. Il met en place les mesures de prévention nécessaires et de la gestion des déchets : EPI, signalétique, bac de tri...

## Réalisation de l'intervention

### Recherche des éléments de réglage et de montage

L'apprenant doit s'assurer que toutes les règles afférentes à des conditions particulières de montage soient prises en compte, il veille à ce que tous les éléments de normalisation soient respectés (normalisation mécanique, hydraulique et électrique...)

### Proposition d'un protocole de réparation et de contrôle

L'apprenant doit être en mesure de planifier une intervention de façon logique et chronologique et de proposer un test validant la qualité de l'intervention.

### Réalisation de la réparation

Les réparations abordées dans cet enseignement relèvent d'opérations de maintenance courante qu'elles soient préventives, correctives ou amélioratives. À partir des conclusions du diagnostic et à l'aide des notices du constructeur, l'apprenant doit être en mesure d'effectuer les opérations de maintenance afin de rétablir la fonctionnalité du matériel. Il doit être en mesure d'effectuer les essais afin de s'assurer de la pérennité de l'intervention.

### Remise en service et qualité de l'intervention

L'apprenant doit être en mesure de procéder à une phase d'essai et d'évaluer l'intervention. À l'issue du travail l'apprenant doit rendre compte de façon à assurer la traçabilité de l'activité réalisée sur le matériel.