

المملكة المغربية



وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي  
والتكنولوجيا

Département de l'Éducation Nationale  
Direction des Curricula

# BACCALAURÉAT SCIENCES MATHÉMATIQUES OPTION - B -

**PROGRAMME DES  
SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**



# Avant-propos

Ce manuel est destiné aux élèves de la 2<sup>ème</sup> année SM-B- pour lesquels les Sciences de l'Ingénieur est une discipline indispensable pour les concours des grandes écoles.

Ce manuel est fait pour vous apporter des connaissances  
et aussi pour tester vos connaissances.

Tous les chapitres sont composés de cours, d'exercices et de problèmes, qui vous ouvrent la porte de la compréhension des Sciences de l'Ingénieur. Plus de 18 ans d'enseignement en domaine technique m'ont permis de recenser des exercices, des problèmes, des astuces et "pièges" des examens. Je vous fais profiter.

Prenons l'objectif des Sciences de l'Ingénieur "Industrielles", c'est pourquoi vous trouverez des démonstrations détaillées de formules dans ce manuel. L'important est d'étudier un mécanisme pour savoir s'il est fonctionnel et fiable, afin de le concevoir, de le fabriquer et de le commercialiser. Les **Sciences Industrielles** sont un maillon de la consommation.

Dans cet ouvrage vous irez droit au but. Les étudiants pourront atteindre un niveau correct et obtenir des résultats honorables, à condition de **lire, travailler, chercher, comprendre**. Cet ouvrage répond à la demande de mes étudiants, qui tous les ans, cherchent un livre correspondant à leur niveau, à leur besoin, avec exercices et problèmes corrigés.

Je m'adresse aux étudiants qui travaillent lentement, à ceux qui continuent un sport ou la pratique d'un instrument ou toute autre activité qui leur permet de "décompresser", aux étudiants faibles, qui pourtant font preuve de bonne volonté, à ceux qui souhaitent améliorer leur niveau. J'espère répondre à leur attente.

**J'ai pensé ce livre pour les élèves sans professeur**, qui pour des raisons variées, souvent liées à la maladie, travaillent seuls. C'est une raison supplémentaire pour ne pas oublier de traiter des exercices de premier niveau.

Je tiens à remercier mes amis qui ont apporté leur contribution à cet ouvrage :

- M@dm@t, @chib@ne, B@kouch, Bougr@ine et @kl@f pour les échanges et beaucoup de travail effectué ensemble depuis la nouvelle réforme.
- Le chef des travaux qui a assuré le lien avec les classes de la 2<sup>ème</sup> SM-B-.
- L'internet.
- Ma famille pour tous ses conseils et travail parallèle.

J'ai écrit ce livre avec passion. Je vous souhaite de vivre passionnément.



Bon courage à tous.



Professeur de l'enseignement secondaire 1<sup>er</sup> Grade

©Tous droits réservés au **Lycée Jaber Ben Hayan-Casa ANFA-**

## (2<sup>ème</sup> SM-B-)

Ce module d'analyse fonctionnelle doit amener l'élève à acquérir et à maîtriser les concepts de base de l'analyse fonctionnelle et lui permettre de comprendre :

- Le cycle de vie d'un produit ;
- Les relations d'un produit avec son environnement ;
- L'organisation fonctionnelle d'un produit ;
- Les solutions technologiques adoptées pour concrétiser les fonctions techniques d'un produit.

L'enseignant doit, à partir d'un produit-support convenablement choisi :

- Expliquer qu'un produit répond toujours à un besoin exprimé ;
- Mettre en évidence les différentes relations entre un produit et son environnement suivant son cycle d'usage ou son cycle d'utilisation (vente, distribution, utilisation, nettoyage, stockage, entretien...)
- Introduire progressivement les outils de l'analyse fonctionnelle pour :
  - \* Exprimer fonctionnellement le besoin de point de vue utilisateur : fonction de service ;
  - \* Découvrir les constituants d'un cahier des charges fonctionnel ;
  - \* Étudier des produits existants en conformité avec un cahier des charges fonctionnel de point de vue concepteur : fonctions techniques.
- Mettre en évidence la fonction commune des systèmes pluri-technologiques : conférer une valeur ajoutée à une matière d'œuvre.

## MODULE 1 ANALYSE FONCTIONNELLE (15 H)

### I- besoin :

- Notion d'exigence (nécessité) ;
- Notions de besoins : explicite, implicite et latent.

### II- Cycle de vie d'un Produit :

- Type de produit ;
- Cycle de vie.

### III- Entreprise industrielle :

- Structure ;
- Fonctions internes ;
- Contraintes économiques.

### IV- Réponse au besoin :

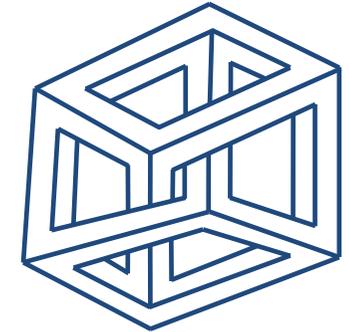
- Finalité d'un produit ;
- Qualité du produit : conformité, sûreté de fonctionnement, délai, coût.

### V- Processus :

- Définition ;
- Entrées/sorties ;
- Ressources, activités et valeur ajoutée.

### VI- Analyse fonctionnelle :

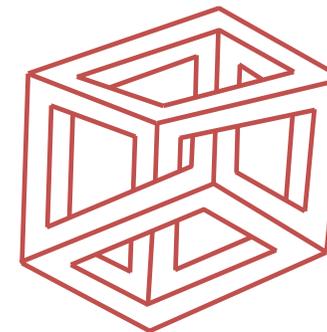
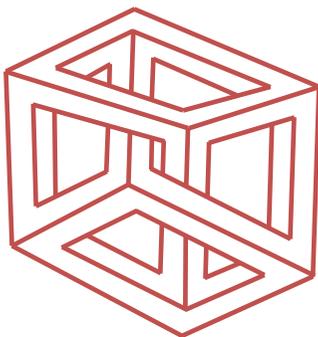
- Fonctions de service : fonction d'usage, fonction d'estime ;
- Digramme des interactions ;
- Caractérisation des fonctions de service ;
- Cahier des charges fonctionnel ;
- Organisation interne d'un produit : fonctions techniques, solutions constructives, composants ;
- Relation entre fonctions de service et fonctions techniques : FAST ;
- Notion de solutions constructives et relation avec les fonctions techniques : analyse descendante (SADT) ; démarche de projet industriel ;
- Chaîne de fonctions : chaîne d'énergie, chaîne d'information.



<b>Module 2</b> <b>CHAINE D'ÉNERGIE (54h)</b>				<b>Module 3</b> <b>CHAINE D'INFORMATION (27h)</b>		
<b>CHAINE D'ÉNERGIE</b>				<b>CHAINE D'INFORMATION</b>		
<b>Alimenter en énergie</b>	<b>Distribuer l'énergie</b>	<b>Convertir l'énergie</b>	<b>Transmettre l'énergie</b>	<b>Acquérir l'information</b>	<b>Traiter l'information</b>	<b>Communiquer l'information</b>
L'énergie utilisée  Schémas d'éléments d'alimentation	Les préactionneurs  Leur schématisation	Les convertisseurs Leurs commandes  Conversion d'énergie	Liaisons mécaniques Leurs composantes Lois de mouvements Actions mécaniques Approche énergétique Fonction schématisation Représentation graphique Définition du produit	Les capteurs leur schémas	Le traitement  Logique combinatoire	Les transporteurs  Leurs schémas

<b>(2<sup>ème</sup> SM-B-)</b>	<b>FONCTION ALIMENTER EN ÉNERGIE</b>			
<b>Situation problème</b>	<b>Savoirs construits</b>	<b>Ressources exploitées</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Aspects</b>
Comment est assurée l'Alimentation du système en énergie ?	<b>Les sources d'énergie :</b> ♦ Électriques ♦ Pneumatique ♦ Hydraulique ♦ Mécanique ;	- Documentations techniques - Matériels audiovisuels et multimédias	Exploiter les outils de l'analyse fonctionnelle	Aspect fonctionnel
	♦ Grandeurs physiques étudiées :	Instrumentations des mesures	Mesures et relevées	Aspect physique
	♦ Interfaces de connexion Constituants d'alimentation : Câbles, tuyauterie, régulateurs, filtres et Pompes	Matériel disponible et/ou documents constructeurs	Étude des constituants en fonction du type d'énergie utilisée ;	Aspect technologique
	<b>La schématisation</b> ♦ Schémas pneumatiques ♦ Schémas hydrauliques ♦ Schéma électrique	Schémas et symboles normalisés		Aspect représentation
		Documentation variée	Choix et justification de l'alimentation en énergie selon la technologie utilisée	Aspect application

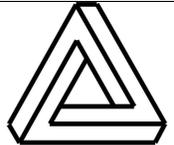
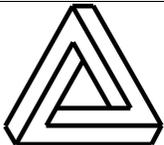
<b>(2<sup>ème</sup> SM-B-)</b>	<b>FONCTION DISTRIBUER L'ÉNERGIE</b>			
<b>Situation problème</b>	<b>Savoirs construits</b>	<b>Ressources exploitées</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Aspects</b>
Comment Distribuer l'énergie dans un système ?	<b>Les préactionneurs associés incluant leurs commandes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système ;</li> <li>- Documentation technique</li> <li>- Documents constructeur</li> </ul>	Utiliser les outils d'analyse	Aspect fonctionnel
	<b>Les préactionneurs associés incluant leurs commandes :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Caractéristiques d'entrée et de sortie</li> </ul>	Matériel disponible et instrumentations	Relever les caractéristiques d'entrée et de sortie	Aspect physique
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Espaces de fonctionnement, réversibilité</li> <li>◆ Domaines d'application (gamme de vitesse, précision) et évolutions ;</li> <li>◆ Pour les solutions constructives hydrauliques et pneumatiques : Étude des distributeurs, contacteurs, relais et variateurs ;</li> </ul>	Matériel disponible et/ou documents constructeurs	Étude des différents types des préactionneurs Pour les variateurs se limiter à la fonction globale	Aspect technologique
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Schémas pneumatiques</li> <li>◆ Schémas hydrauliques</li> <li>◆ Schémas électriques</li> </ul>	Schémas et symboles normalisés des préactionneurs		Aspect représentation
		Documentation variée	Identification des préactionneurs selon la solution utilisée	Aspect application



(2<sup>ème</sup> SM-B-)

## FONCTION CONVERTIR L'ÉNERGIE

Situation problème	Savoirs construits	Ressources exploitées	Commentaires	Aspects
Comment Convertir l'énergie dans un système ?	<b>Les actionneurs associés incluant leurs commandes</b> <b>La conversion électromécanique d'énergie</b> ♦ Les actionneurs : - principes de conversion électromécanique utilisés dans les actionneurs électrique, - principe de contrôle des convertisseurs en couple ou en vitesse des actionneurs	Documentation technique et matériel disponible	Utiliser les outils d'analyse fonctionnelle	Aspect fonctionnel
	<b>Les convertisseurs statiques d'énergie :</b> ♦ Nature et caractéristiques des grandeurs physiques d'entrée et de sortie (continu, alternatif, courant, tension) <b>La conversion électromécanique d'énergie :</b> ♦ Les actionneurs : caractéristiques mécaniques des actionneurs, pertes et rendements	- Instrumentation - Documentation technique - Logiciels appropriés	Déterminer la relation entre les grandeurs physiques	Aspect physique
	<b>Les convertisseurs statiques d'énergie :</b> ♦ Conditions d'implantation, de mis en œuvre et de compatibilité pour une application donnée. Pour les solutions électriques relatives à la variation de vitesse des machines tournantes. <b>Les actionneurs statiques d'énergie :</b> ♦ Domaines d'application (gamme de vitesse, précision) et évolutions, pour les solutions constructives hydrauliques et pneumatiques : moteurs et vérins hydrauliques	Documentation technique et matériel disponible	Analyser les caractéristiques et justifier les solutions constructives selon les paramètres de fonctionnement	Aspect technologique
	<b>La conversion électromécanique d'énergie :</b> ♦ Les actionneurs : schéma équivalent électrique simplifié			Aspect technologique
			- Documents constructeurs - Maquettes réelles ou virtuelles	Dans une nouvelle situation problème, l'élève est amené à choisir un vérin et un moteur adéquats (TD)



(2 <sup>ème</sup> SM-B-)	<b>FONCTION TRANSMETTRE L'ÉNERGIE</b>			
Situation problème	<b>Savoirs construits</b>	<b>Ressources exploitées</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Aspects</b>
Comment Transmettre l'énergie dans un système ?	<b>Les liaisons mécaniques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Nature des liaisons obtenues</i></li> <li>◆ <i>Conditions et surfaces fonctionnelles (mise en position, maintien en position, précision, tenue aux efforts, rigidité...)</i></li> <li>◆ <i>Lubrification et étanchéité éventuelles</i></li> </ul>	Documentation technique et matériel disponible	Utiliser les outils d'analyse fonctionnelle	Aspect fonctionnel
	<b>Les composants mécaniques de transmission :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Caractérisation cinématique de la transmission : mobilité, loi d'entrée-sortie, réversibilité</i></li> <li>◆ <i>Puissances d'entrée et de sortie, rendement</i></li> </ul>			
	<b>Les liaisons mécaniques :</b> - Adéquation pièce - matériau - procédé <b>Pour les solutions constructives :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Assemblages démontables et permanents,</i></li> <li>◆ <i>Guidages en rotation par glissement et par éléments roulants,</i></li> <li>◆ <i>Guidages en translation par glissement et par éléments roulants.</i></li> </ul> <b>Les composants mécaniques de transmission :</b> <b>Conditions d'installation et de bon fonctionnement.</b> <b>Pour les solutions constructives suivantes :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>transmissions sans transformation de mouvement :</i></li> </ul> <u><b>Sans modification de la fréquence de rotation :</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Accouplements d'arbre,</i></li> <li>◆ <i>Embrayages</i></li> <li>◆ <i>Coupleurs et limiteurs de couple</i></li> <li>◆ <i>Freins</i></li> </ul>	Documentation technique et matériel disponible	Analyser les caractéristiques et justifier les solutions constructives selon les paramètres de fonctionnement	Aspect technologique



<b>(2<sup>eme</sup> SM-B-)</b>	<b>FUNCTION TRANSMETTRE L'ÉNERGIE (Suite)</b>			
<b>Situation problème</b>	<b>Savoirs construits</b>	<b>Ressources exploitées</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Aspects</b>
<p>Comment Transmettre l'énergie dans un système ? (Suite)</p>	<p><b><u>Avec modification de la vitesse angulaire :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Poulies-Courroie</li> <li>◆ Pignons-Chaînes</li> <li>◆ Engrenages (trains simples et épicycloïdaux, appliqués aux réducteurs et boîtes de vitesses).</li> <li>➤ <b>Transmissions avec transformation de mouvement :</b></li> <li>◆ Systèmes vis écrou (avec frottement et avec roulement)</li> <li>◆ Cames, systèmes articulés plans</li> </ul>	<p>Documentation technique et matériel disponible</p>	<p>Analyser les caractéristiques et justifier les solutions constructives selon les paramètres de fonctionnement</p>	<p>Aspect technologique</p>
	<p><b>La schématisation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Schéma cinématique</li> <li>◆ La représentation géométrique du réel :</li> <li>◆ Représentation d'une solution constructive en 3D par un modeler volumique paramétré variationnel</li> <li>◆ Modes de création de pièces</li> <li>◆ Relations entre paramètres géométriques et conditions fonctionnelles</li> <li>◆ Assemblage sous contrainte</li> <li>◆ Utilisation de bibliothèques d'éléments standards</li> </ul> <p><b>La définition du produit :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Cotation et tolérancement normalisés :</li> </ul>			<p>Aspect représentation</p>
			<p>-Documents constructeurs - Maquettes réelles ou virtuelles...</p>	<p>Aspect application</p>



<b>(2<sup>eme</sup> SM-B-)</b>	<b>FONCTION ACQUÉRIR L'INFORMATION</b>			
<b>Situation problème</b>	<b>Savoirs construits</b>	<b>Ressources exploitées</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Aspects</b>
<p>Selon le produit support étudié et dans une situation donnée.</p> <p>Comment Acquérir l'information ?</p>	<p><b>Les capteurs :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Place du capteur dans la chaîne d'information</li> <li>◆ Fonctions de base et structure fonctionnelle de la chaîne d'acquisition de l'information</li> <li>◆ Contraintes de montage et de réglage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système, Produit support</li> <li>- Documents constructeur</li> </ul>	<p>Utiliser les différents outils de l'analyse fonctionnelle</p>	<p>Aspect fonctionnel</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Typologie des informations d'entrée et de sortie</li> </ul>	<p>Documents constructeurs et instrumentations</p>	<p>Se baser sur des expérimentations pour mettre en évidence les grandeurs et lois physiques d'entrées et de sorties</p>	<p>Aspect physique</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Caractéristiques : étendue de mesure, sensibilité, résolution et fidélité, temps de réponse.</li> <li>◆ Les solutions constructives telles que capteurs de position, vitesse, effort, accélération...</li> </ul>	<p>Quelques types de capteurs et documents constructeurs</p>	<p>Identifier les solutions constructives</p>	<p>Aspect technologique</p>
	<p><b>La schématisation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Schémas pneumatique et hydraulique</li> <li>◆ Schéma électrique</li> </ul>	<p>Schémas des capteurs selon les normes</p>	<p>Se limiter aux schémas normalisés des capteurs</p>	<p>Aspect représentation</p>
		<p>Documents constructeurs, systèmes, maquettes virtuelles, ...</p>	<p>Dans une nouvelle situation problème, l'élève est amené à choisir le capteur adéquat (TD ou Projet)</p>	<p>Aspect application</p>



(2<sup>ème</sup> SM-B-)

## FONCTION TRAITER L'INFORMATION

Situation problème	Savoirs construits	Ressources exploitées	Commentaires	Aspects
Comment Traiter l'information captée ?	<b>Le traitement de l'information captée :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>◆ Filtrage Analogique et Numérique</li><li>◆ Amplification</li><li>◆ Conversions A/N (CAN / CNA)</li><li>◆ Comparaison</li></ul> <b>Notion de système combinatoire ; Notion de systèmes séquentiels</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Système</li><li>- Produit support</li><li>- Documents constructeur</li></ul>	Utiliser les différents outils de l'analyse fonctionnelle se limiter aux principes de sous fonctions	Aspect fonctionnel
	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Grandeurs physiques : tension, intensité, fréquence, ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Documents constructeur</li><li>- Instrumentations</li></ul>	se baser sur des expérimentations pour mettre en évidence les grandeurs et lois physiques du traitement du signal	Aspect physique
	<b>Les solutions constructives relatives au traitement d'information captée de position, de vitesse, d'effort, d'accélération ....</b> <ul style="list-style-type: none"><li>◆ Opérateurs logiques de base</li><li>◆ Synthèse d'une fonction logique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Documents constructeurs</li><li>- Maquettes réelle ou virtuelles</li><li>- Matériel disponible</li></ul>	Identifier les solutions constructives	Aspect technologique
	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Représentation comportementale d'un système automatique :<ul style="list-style-type: none"><li>- Chronogramme</li><li>- Organigramme</li></ul></li></ul>	Schématisation	Identifier les solutions constructives	Aspect représentation
		Documents constructeurs, systèmes, maquettes virtuelles, ...	Dans une situation problème donnée, l'élève est amené à choisir les éléments de traitement de l'information adéquats ; (TD ou Projet)	Aspect application



(2 <sup>ème</sup> SM-B-)	FONCTION COMMUNIQUER L'INFORMATION			
Situation problème	Savoirs construits	Ressources exploitées	Commentaires	Aspects
Comment Communiquer l'information traitée ?	<b>Le transport de l'information :</b> Caractéristiques principales (bande passante, atténuation, immunité aux bruits, ...) Interface Homme – Machines	Système produit support ; - Documents constructeur	Distinguer les 03 modes de communication : - interne au système - Externe au système - Homme/Machine (Machine/machine)	Aspect fonctionnel
	♦ Caractéristiques et mesures des grandeurs physiques utilisées en communication ♦ Signaux	- Documents constructeur et instrumentations	Se baser sur l'expérimentation pour visualiser la communication	Aspect physique
	♦ Solutions constructives électriques : - câbles coaxiaux et plats, - paires torsadées. ♦ Solutions constructives	- Documents constructeurs - Matériel disponible	Identifier les solutions constructives selon le type d'information communiquée	Aspect technologique
	<b>La schématisation</b> ♦ Schémas pneumatique et hydraulique ♦ Schéma électrique	Schémas et symboles des éléments assurant la communication		Aspect représentation
		- Documents constructeurs - Maquettes réelles ou virtuelle...	Dans une situation problème donnée, l'élève est amené à choisir les éléments de communication de l'information adéquats ; (TD ou Projet)	Aspect application

