

# LES BTS DU GENIE ELECTRIQUE

## ELECTOTECHNIQUE ELECTRONIQUE INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Les BTS, électronique et informatique industrielle vont être revus dans les semaines à venir, le BTS électrotechnique le sera ensuite. L'objet de cette fiche est de dégager des axes de réflexion en s'appuyant sur la réalité du terrain sans oublier la réalité des entreprises et les besoins économiques.

Elle s'appuie sur un travail remarquable exécuté par le CEREQ ( Centre d'Etudes et de Recherches sur les Qualifications)

*Henri Eckert et Patrick Veneau*

*électrotechnique, électronique et informatique industrielle*

*des contenus d'enseignement aux situations de travail*

*collection documents numéro 146 octobre 1999*

*CEREQ 10place de la Joliette BP 21321 13567 Marseille Cedex 02*

Comme tout ce qui est publié dans le cadre des observatoires il ne s'agit pas de prises de positions du SNES mais de constats et de réflexions. L'objectif est. Elle n'est d'inciter à la réflexion quitte à être parfois un peu réducteur ou un peu provocateur.

Cette fiche sera modifiée et enrichie dès que des contributions me parviendront.

Je rappelle que pour le SNES physique appliquée et génie électrique contribuent aux formations du génie électrique. Ces deux disciplines sont donc interrogées par cette fiche.

Michel GRASSELLI

14 mai 2000

## les champs technologiques couverts par les trois BTS d'après les référentiels

Ces trois BTS couvrent des champs technologiques distincts résumés dans le tableau suivant:

CHAMPS TECHNOLOGIQUES DES TROIS BTS		
BTS électrotechnique	BTS électronique	BTS informatique industrielle
électricité générale	systèmes du domaine des télécommunications	communication
distribution appareillage protection	dispositifs du domaine de l'informatique	informatique
récepteurs et générateurs	systèmes d'instrumentation	instrumentation
électronique de puissance	contrôle automatique de processus	automatismes
automatique et informatique industrielle	dispositifs du domaine grand public	

Lorsque les champs technologiques sont identiques les approches sont différentes comme le montrent les cas suivants:

- asservissements et régulations
  - le BTS informatique industrielle se situe au niveau de la supervision des procédés automatisés et nécessite la connaissance d'un langage de haut niveau et l'architecture d'un système d'exploitation
  - le BTS électrotechnique privilégie l'étude d'un automate programmable avec son langage même
- informatique et instrumentation
  - le BTS électronique est centré sur les: fonctions essentielles du traitement du signal et les dispositifs permettant d'effectuer ce traitement
  - le BTS informatique industrielle est centré sur les systèmes d'exploitation traitement et le signal en vue de sa numérisation. Seules les caractéristiques de certains composants de ces système sont évoquées.

## une fonction valorisée dans les référentiels les études

Ces BTS visent à la polyfonctionnalité mais une certaine prépondérance est accordée à la fonction études même si les autres fonctions sont retenues. Ces formations ont de fait pour objectif la formation de techniciens d'études alors que les jeunes diplômés sont principalement employés à de la maintenance.

## comment sont déterminés les contenus sur le terrain

Les référentiels ne constituent qu'un aspect de la norme pédagogique. Les champs technologiques sont larges, les fonctions visées par les référentiels sont diverses, les systèmes et objets techniques concernés sont assez indéterminés. Ce cadrage large permet de construire une formation permettant l'adaptabilité et les reconversions éventuelles des diplômés (cf "Génération 92": Parcours et emploi en 1997. Bref n°149<sup>1</sup>). Il s'agit d'un aspect positif. Le risque serait de conduire à des formations différentes d'un établissement à l'autre. Il n'existe en réalité que peu de divergences locales. Cela s'explique par l'existence d'examens nationaux. Les annales constituent la référence majeure des enseignants, elles fixent les limites et servent de textes de référence car les référentiels sont trop lourds.

Les annales révèlent aussi les choix opérés par les enseignants et permettent de saisir les évolutions en cours. Elles témoignent également, au moins certains BTS, d'une tendance des enseignants à "déborder le programme" en ajoutant des items non prévus. Cette tendance a des aspects positifs: elle permet une actualisation au jour le jour des contenus, elle témoigne de l'intérêt des collègues

<sup>1</sup> BREF est une revue éditée par le CEREQ. Elle est disponible sur le site du CEREQ: <http://www.cereq.fr/>

pour leur travail. Elle ne prend pas toujours en compte le recul nécessaire par rapport à la nouveauté et ne facilite pas toujours la compréhension des élèves.

## **L'objectif n'est plus de former à un métier mais de donner une culture technologique.**

Lucie Tanguy dans un ouvrage publié en 1991 et consacré à l'enseignement professionnel des années 80 constatait qu'il "tend à s'écarter du modèle du métier fondé sur un corpus de savoirs délimités relevant d'une technologie particulière et mis en œuvre dans une activité professionnelle déterminée au profit d'un enseignement technique fondé sur un ensemble de démarches, de méthodes intégrant plusieurs technologies et permettant une adaptation progressive à diverses activités" Elle expliquait cela par la disparition progressive des collègues ayant eu un contact prolongé avec l'industrie. "Alors que pour les anciens ouvriers professionnels, l'apprentissage de la technique trouvera toujours sa justification ultime (et naturelle dans l'usage qui en est fait-l'objet technique est appréhendé en tant qu'il est créé par le travail et utilisé pour le travail-les diplômés du technique supérieur, tendent eux à orienter leur enseignement vers la compréhension des objets techniques eux-mêmes à partir de leurs structures et de leurs fonctions notamment". Pour les auteurs de l'étude du CEREQ qui reprennent cette analyse "la théorie est dans cette dernière perspective conçue comme un préalable; elle place l'analyse du système technique au cœur de l'enseignement alors que la mise en œuvre est considérée comme en découlant logiquement. Cette norme paraît désormais hégémonique depuis la généralisation des recrutements d'enseignants issus de l'enseignement technique supérieur dans les filières professionnelles et technologiques qui nous intéressent ici".

Le remplacement des anciens ouvriers professionnels par des collègues ayant une qualification supérieure (même si l'expérience de l'entreprise leur fait défaut) n'est pas la seule explication de cette révolution pédagogique. Les entreprises se sont diversifiées et spécialisées. Il n'est plus possible de simuler l'entreprise sur le lieu de formation. Un vrai problème industriel ni les élèves ni les professeurs ne savent le résoudre. L'objectif n'est plus de former à un métier mais de donner une culture technologique.

## **les démarches et caractéristiques communes aux trois formations**

L'analyse des systèmes et des fonctions est au cœur de l'enseignement tandis que la mise en œuvre est minorée. Ce qui compte c'est de valider une structure et un fonctionnement.

Les démarches les plus fréquentes sont les études de cas (analyses de systèmes industriels ou de parties de systèmes industriels) et l'apport graduel de connaissances de plus en plus complexes essentiellement mises en œuvre dans le projet.

L'apprentissage des outils informatiques tient une grande place, la simulation également.

Il faut noter une quasi absence de toute sensibilisation au travail de maintenance, excepté peut-être en électrotechnique avec l'introduction récente de la préparation à l'habilitation électrique.

Il s'agit selon les auteurs de l'étude du CEREQ d'une logique et d'une démarche scolaire à grande distance des référentiels.

## **le poids de l'histoire des formations, du prestige et des besoins économiques**

Ces trois formations résultent de différenciations successives. La mécanique a engendré l'électromécanique devenue électrotechnique.

L'électrotechnique a généré l'électronique puis l'informatique industrielle s'est dégagée de l'électronique.

L'électrotechnique plus ancienne a des contenus affermis (même si ceux-ci restent évolutifs).. L'électronique présente une plus grande instabilité et plus de variations locales. L'informatique industrielle se cherche encore. Certains électrotechniciens estiment que l'électrotechnique est une discipline généraliste, ce que contestent en général les électroniciens et les informaticiens

Il résulte de cette évolution historique

- que l'électrotechnique et électronique ont des parties communes
- que l'électronique et l'informatique industrielle ont des parties communes.

L'évolution des formations n'est pas linéaire. Deux BTS "étrangers au génie électrique" interfèrent avec l'informatique industrielle: il s'agit du BTS de la mécanique "mécanique et automatismes industriels" et du BTS tertiaire "informatique de gestion, option administrateur de réseaux locaux d'entreprises".

## **les dérives**

Si les techniques se valent ces techniques ne bénéficient pas du même prestige social. Le poids de l'histoire le prestige social font que l'électrotechnique a tendance à dériver vers l'électronique et les automatismes tandis que l'électronique est très attirée par l'informatique industrielle.

Selon les auteurs de l'étude du CEREQ les enseignants privilégient les parties command, l'informatique et la programmation c'est à dire les techniques les plus récentes.

Ces dérives s'expliquent aussi par la plus ou moins grande faisabilité de certaines activités dans les lycées. Il est par exemple facile de travailler en très basse tension ou à basse tension à faible puissance qu'en haute tension.

## **les équipes de travail**

Le CEREQ a étudié la composition des équipes de travail. Voici les extraits les plus significatifs de cette étude. Ils peuvent aider à expliciter les concepts d'électrotechnique, d'électronique et d'informatique industrielle.

"Du fait de la diversité des domaines techniques, les entreprises ont recours à un mode d'organisation fondé sur une complémentarité de métiers au sein d'équipes de travail. Mais cette complémentarité prend des formes différentes selon les caractéristiques des entreprises (leur type de produits ou d'équipements) et s'organise de manière spécifique selon les fonctions techniques :

études, maintenance, contrôle...

• C'est dans la fonction des "études techniques d'équipements" que la complémentarité des métiers au sein d'équipes est susceptible d'être la plus riche et la plus fine. La plus riche parce qu'elle peut rassembler une large variété de métiers bien identifiés au plan organisationnel: le plus souvent des automaticiens, des informaticiens, des électroniciens, pour ne citer que les spécialités relevant du génie électrique. À cette première complémentarité peut s'en ajouter une autre, interne à chacun des métiers de base précédemment

cités. À ce second niveau, la définition du métier devient très fine. Le domaine technique de l'informatique industrielle, par exemple, sera découpé selon quelques métiers spécifiques: l'interface avec les électroniciens, la programmation objet, les réseaux...

• Au sein de la fonction " maintenance industrielle ", principal débouché pour les diplômés de BTS embauchés comme techniciens, deux formes d'organisation en équipes prédominent. La plus fréquente associe des électrotechniciens à des mécaniciens, souvent sur une base de parité. Cette association constitue l'ossature de toute équipe de maintenance. Dans certains cas, d'autres métiers peuvent se joindre aux équipes, en premier lieu, des électroniciens. Cette seconde forme d'organisation est très fréquente dans les entreprises de construction électronique....

Les notions d'équipe et de complémentarité entre leurs membres sont par contre moins fortes, voire absentes, dans les activités de " contrôle test ou qualité ", autre débouché important pour les titulaires d'un brevet de technicien supérieur (BTS). Ainsi, dans le "contrôle test", l'équipe est plus une addition d'individus interchangeables qu'un collectif constitué sur la base d'une complémentarité de métiers. Néanmoins, la spécialité garde toute son importance car elle est liée à la technique dominante du produit à contrôler. Dans les entreprises fabriquant des fax ou des téléphones mobiles, par exemple, le contrôle test de dépannage est réalisé par des BTS de spécialité électronique. Dans cette activité le produit joue un peu le rôle des équipements dans le cas de la maintenance, à une différence essentielle près : les équipements de fabrication intègrent plusieurs techniques alors que le contrôle est lui plus spécifique à un produit ou sous-produit comportant une technique dominante. À l'image des fonctions études et maintenance industrielle, la fonction " contrôle qualité " recouvre des activités davantage valorisées comme les méthodes test et l'industrialisation. Dans ce pôle valorisé, la prédominance du produit s'estompe".

## **les contenus en électrotechnique, en électronique et en informatique industrielle**

Le CEREQ a interrogé des enseignants pour déterminer les contenus réels des formations et dégager les tensions les plus importantes. Les lignes qui suivent ont largement puisé dans ce qu'a écrit le CEREQ mais aussi dans les réflexions issues des stages de formation syndicale.

### *l'électrotechnique*

Les concepts centraux sont l'énergie électrique, la puissance électrique et leurs conversion en d'autres formes d'énergies et de puissances.

L'électrotechnicien s'intéresse

- à la production de l'énergie électrique
- au transport de l'énergie électrique
- à la distribution de l'énergie électrique
- à la conversion de l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie dont l'énergie mécanique et la chaleur
- à la protection des personnes et des matériels
- au choix des automates et de leurs interfaces.

Les dispositifs de l'électrotechniques sont souvent situés entre partie opérative et système de commande. Lorsque la commande n'est pas trop complexe elle est de la responsabilité de l'électrotechnicien. Lorsqu'elle est plus évoluée elle est confiée à une équipe comprenant un électrotechnicien. L' électrotechnicien doit être également capable de prendre en charge des opérations mécaniques simples comme des opérations d'assemblage d'un moteur à une charge. L' électrotechnicien doit comprendre comment fonctionne ce qui est derrière (la mécanique) et ce qui est devant (l'électronique de commande). Il doit connaître ce qui sollicite ou nécessite l'énergie.

La prise en compte perturbations électromagnétiques pose des problèmes nouveaux. Ce n'est plus de la basse fréquence mais c'est toujours de l'électrotechnique car il faut par exemple prendre en compte les schémas de liaison à la terre.

La principale question en débat à propos de la formation en électrotechnique a été introduite par la préparation à l'habilitation aux risques électriques. Elle remet en avant les notions de forte puissance, de basse et haute tension et de distribution, notions marginalisées dans les établissements de formation ces dernières années.

### *l'électronique*

Le concept central est le signal.

L'électronicien s'intéresse

- à l'acquisition de signaux
- à la production de signaux
- au traitement des signaux
- à la transmission des signaux.

Ces signaux sont souvent issus de capteurs, traités de façon informatique et appelés à commander des dispositifs industriels ou des systèmes de mesure. L'électronicien doit comprendre comment fonctionne les dispositifs industriels, les systèmes de mesure et la partie informatique. Il peut d'ailleurs dans certains cas prendre complètement en charge cette partie informatique.

La principale question en débat à propos de la formation en électronique concerne la place à accorder à l'analogique et au traitement numérique du signal. La réalité tirerait vers le numérique et trois tendances existent dans les établissements de formation:

- le traitement analogique est devenu marginal
- l'électronicien c'est le spécialiste de l'analogique
- il faut faire les deux.
- Une autre question en débat concerne la place de la simulation et au choix des outils de simulation.

## L'informatique industrielle

Les concepts centraux ne sont pas encore bien identifiés

Le concept central est vraisemblablement l'information.

L'informaticien industriel s'intéresse

- à l'acquisition de l'information
- au traitement de l'information
- à la transmission de l'information
- à l'utilisation de l'information pour piloter des systèmes industriels

Il faudrait distinguer l'information du signal.

Il faudrait définir avec précision les systèmes industriels concernés et les distinguer des systèmes embarqués et des dispositifs d'instrumentation.

L'informaticien industriel est un informaticien qui comprend la mécanique et les systèmes industriels.

Il s'intéresse

- au matériel
  - microprocesseurs et circuits associés
  - périphériques
  - contrôleurs d'entrée et sortie
  - etc
- aux méthodologie d'analyse
- aux langages évolués
- au langage machine.
- au développement temps réel
- aux systèmes d'exploitation multitâches.

Les principales questions en débat à propos de la formation en informatique industrielle sont relatives aux microprocesseurs, à la part des parties opératives et au développement des réseaux mais la tension principale est liée au développement des réseaux

Trois tendances existent dans les établissements de formation

- se situer dans la continuité de l'électronique mais en prolongeant vers les langages évolués, en ignorant éventuellement le langage machine
- commander une partie opérative industrielle
- considérer le réseau comme le principal périphériques à commander.

Les réalités économiques tirent à ce jour vers considérer le réseau comme le principal périphériques à commander.

### **des propositions émanant de professionnels**

La 3°CPC a organisé une rencontre comprenant des professionnels afin de définir des axes stratégiques de rénovation des BTS électronique et informatique industrielle. Voici les principales conclusions de cette rencontre:

"Constat:

Les champs d'application et les contenus de formation des deux BTS sont trop exhaustifs et insuffisamment ciblés sur le marché de l'emploi

Préconisations:

- recentrer les BTS sur les champs d'applications suivants:
  - Electronique: maintenance mise en route mise en service et production ;
  - Informatique industrielle: automatisme de process ( le groupe de travail chargé d'étudier la rénovation de ce BTS devra associer des responsables du BTS mécanique et automatismes industriels).
- Ce recentrage suppose, d'une part la suppression de la fonction conception dans les deux diplômes (qui ne relève pas du bac plus deux) et, d'autre part le transfert de certains contenus de formation du BTS II vers le BTS Electronique comme l'informatique embarquée ( voire l'analyse du signal). Il convient également de s'interroger sur les contenus de formation qui ne relèvent pas du niveau bac plus deux comme le temps réel.
- mettre l'accent sur la connaissances des procédés
  - d'une part sur le site de formation, l'accent doit être mis sur la connaissance de quelques procédés, afin de privilégier une méthodologie par essais erreurs;
  - d'autre part lors des stages en entreprises la connaissance des procédés pourra être approfondie;
- mettre l'accent sur les fonctions management communication encadrement comme composantes essentielles des rénovations
- favoriser les projets industriels dans les épreuves professionnelles de synthèse, notamment dans le BTS électronique; il est également préconisé de favoriser les collaborations entre projets de différentes sections.

Enfin, concernant l'informatique, il est convenu d'étudier au regard de l'offre de formation, notamment le BTS informatique de gestion, option administrateur de réseaux locaux d'entreprises et le DUT génie des télécommunications , les champs d'activité qui, le cas échéant ne seraient pas couverts."

## **quelques axes de réflexion pour le SNES**

### faut-il créer un nouveau BTS

Les réseaux prennent une importance considérable. Faut-il créer un nouveau BTS axé sur les réseaux et plus spécialement leur installation. Ce BTS ne serait pas en pas sur concurrence avec le BTS informatique de gestion, option administrateur de réseaux

locaux d'entreprises ou le DUT génie des télécommunications. Les champs d'activités ne sont pas exactement les mêmes et surtout les origines des élèves accueillis dans ces formations sont très différentes.

### les contenus

Les technologies et les besoins évoluent très vite. Certaines prévisions émanant d'organismes officiels se sont révélées totalement inexacts comme par exemple celle qui annonçait la fin des informaticiens. Il faut rester très prudents et conserver des BTS généralistes faisant référence à un espace d'activités professionnelles large.

Il faut abandonner l'idée de former des concepteurs.

Il est nécessaire de prendre en compte les aspects liés à la maintenance ; mais devant l'impossibilité matérielle d'initier les élèves à un travail de maintenance l'étude de systèmes industriels et les réalisations sont sans doute les palliatifs les plus adéquats et les plus pertinents. Dans cet esprit les réalisations ont comme objectif essentiel de confronter l'étudiant à des dysfonctionnements survenant au cours de la réalisation.

Les contenus actuels sont trop ambitieux. Il faut les repenser les contenus ne concevant pas "la théorie" ( actuellement trop présente ) comme une fin en soi mais comme un moyen d'acquérir la culture scientifique et technologique nécessaire à diplômé pour

- poursuivre des études
- s'insérer dans la vie active
- parfaire ses connaissances tout au long de la vie.
- 

### il faut recentrer les BTS sur les fondamentaux suivants.

#### électrotechnique

- la production de l'énergie électrique
- la conversion de l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie dont l'énergie mécanique et la chaleur
- la protection des matériels
- la protection des personnes
- le choix des automates et les interfaces qui vont avec

#### électronique

- l'acquisition de signaux
- la production de signaux
- le traitement des signaux
- la transmission des signaux.
- l'électronique embarquée

#### informatique industrielle

- les automatisme de process
- les réseaux mais en privilégiant l'aspect matériel et en minorant l'aspect administration
- le temps réel ?

En cas de création d'un nouveau BTS les réseaux devraient pour l'essentiel glisser vers ce nouveau BTS.

Ces recentrages devraient entraîner certaines modifications dans les contenus et les formes de travail.

#### électrotechnique

Attacher plus d'importance à la puissance.

#### électronique

Attacher plus d'importance à la haute fréquence et à l'analogique

Attacher plus d'importance aux mesures et aux techniques de mesurage.

Minorer mais ne pas supprimer la part accordée à la programmation.

Recentrer les savoir-faire sur la mise en service d'équipements, l'installation de systèmes et la maintenance (cela nécessitera des moyens matériels).

Revenir à une collaboration effective avec les industriels dans le cadre du projet et de l'épreuve professionnelle de synthèse.

Attacher plus d'importance aux fonctions de communication, d'encadrement, de suivi de projets d'approvisionnement en composants etc..

L'abandon de la fonction conception devrait nous amener à revoir le rôle des logiciels de simulation et leur place dans les activités des élèves.

Recentrer le BTS électronique sur la production ( demande formulée par des professionnels pour d'autres BTS) serait très difficile parce qu'un lycée n'aura ni les moyens ni le savoir-faire dans ce domaine.

#### informatique industrielle

Il n'est pas possible d'ignorer les réseaux en informatique industrielle. De toute façon des diplômés seront employés dans ce secteur dans les années à venir. Il faut cibler la place des réseaux dans le BTS informatique industrielle. La réponse à la question "faut-il créer un nouveau BTS ?" est bien sur déterminante.

Ces axes de réflexion nécessitent bien des précisions et des enrichissements...ce que les lecteurs de ce texte ne manqueront pas de faire.

Michel GRASSELLI  
14 mai 2000