

CENTRALE
L Y O N

DLBP : COCOMO

Constructive Cost Model

COCOMO I
COCOMO II

BTD/DLBP/GP 1

CENTRALE
L Y O N

Contexte

Travail mené par Barry BOEHM :

1. Approche statistique basée sur un ensemble significatif de projets réels
2. Contexte militaire avec obligation de collecter toutes les informations utiles
3. Elaboration de courbes puis recherche de formules analytiques caractéristiques

BTD/DLBP/GP 2

Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus

CENTRALE
L Y O N

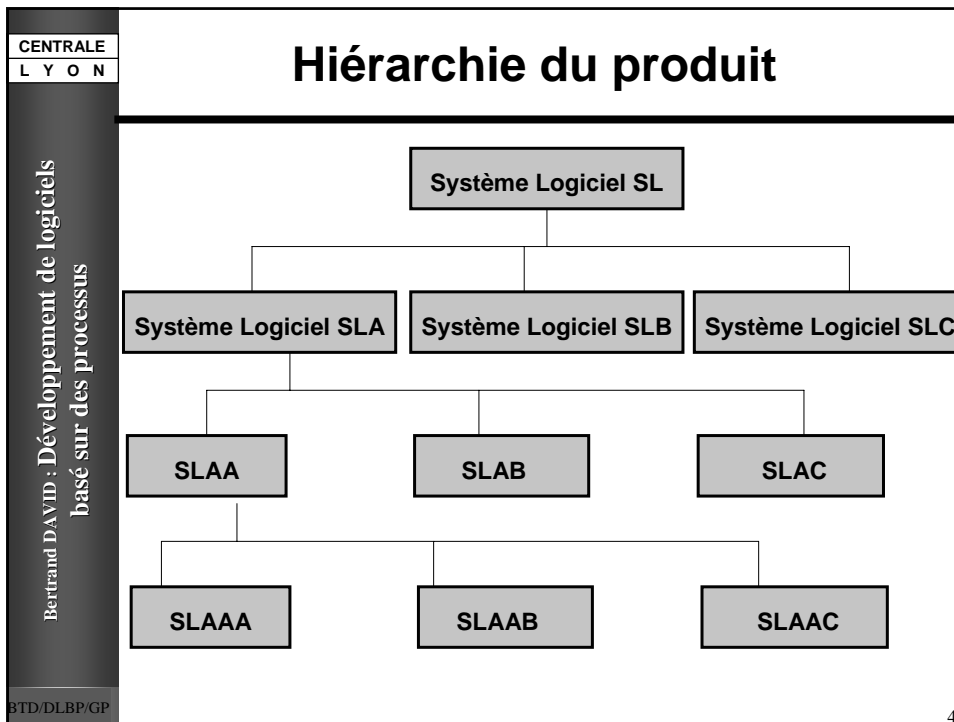
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus

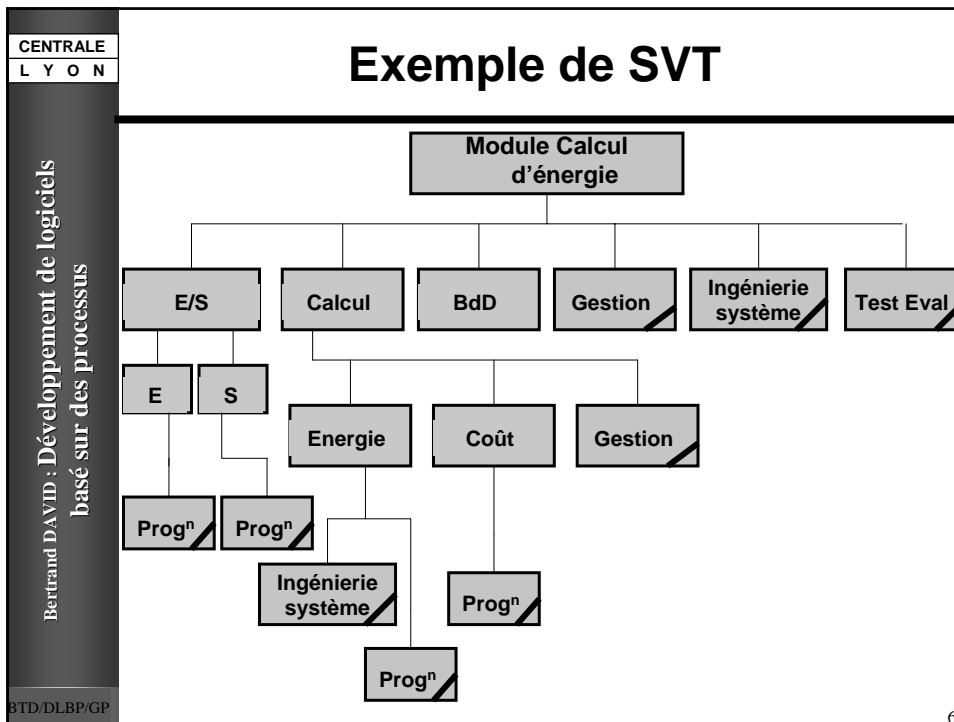
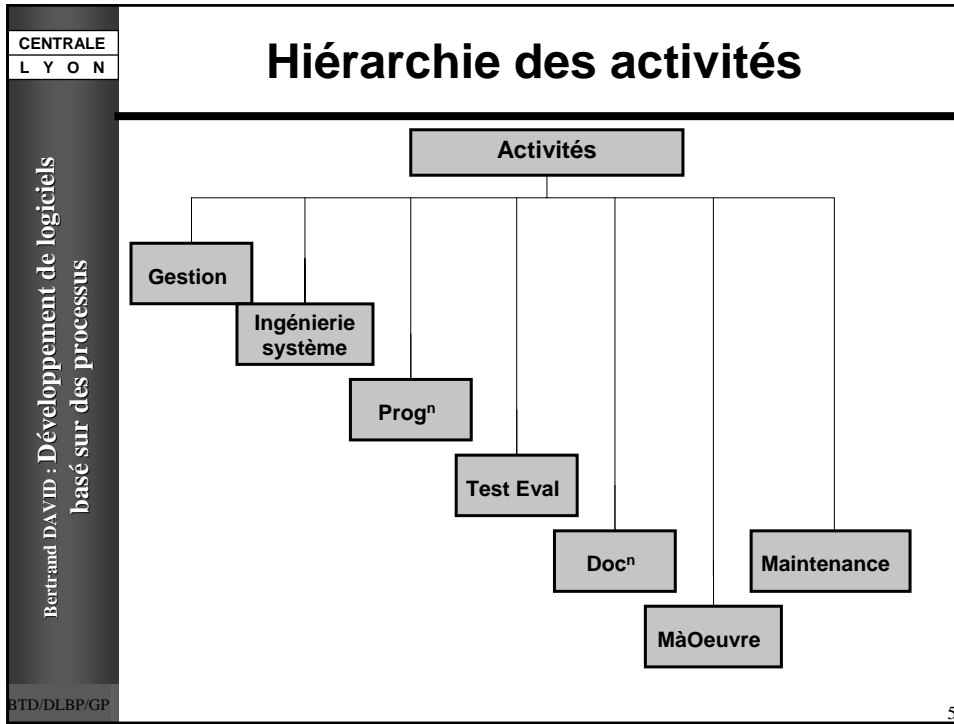
Structure de référence

Organisation basée sur deux structures et leur superposition

- **Hierarchie du produit** : montre comment des composants du logiciel constituent le système complexe
 - Système
 - Sous-systèmes
 - Modules
 - Procédures
 - Fonctions
- **Hierarchie des activités** : montre différentes activités nécessaires pour la production du logiciel
- Structure de ventilation des travaux (SVT)

BTD/DLBP/GP 3





CENTRALE L Y O N	<h2>Activité : Gestion</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Gestion<ul style="list-style-type: none">→ Gestion Coût – Planning - Performance→ Gestion de Contrat→ Gestion de sous-traitance→ Gestion interface client→ Gestion Société→ Gestion Revues et Audits
BTD/DLBP/GP	7

CENTRALE L Y O N	<h2>Activité : Ingénierie Système</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Ingénierie Système<ul style="list-style-type: none">→ Besoins<ul style="list-style-type: none">➢ <u>(Elaboration, validation, revue, outils)</u>➢ MAJ→ Conception<ul style="list-style-type: none">➢ Conception, Vérification & Validation, revue, outils, MAJ→ Gestion de configuration<ul style="list-style-type: none">➢ Bibliothèque de programmes→ Gestion d'accaptation→ Contrôle qualité<ul style="list-style-type: none">➢ Standards→ <u>(Etude de faisabilité)</u>
BTD/DLBP/GP	8

CENTRALE
L Y O N

Activité : Programmation

- **Programmation**
 - Conception détaillée
 - Codage et test unitaire
 - Intégration

Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

BTD/DLBP/GP

9

CENTRALE
L Y O N

Activité : Test & Evaluation

- **Test & Evaluation**
 - **Test du produit**
 - Planning, Procédure, Test, Rapport
 - **Test d'acceptation**
 - Planning, Procédure, Test, Rapport
 - **Support de test**
 - Supports, Outils, Données

Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

BTD/DLBP/GP

10

CENTRALE L Y O N	<h2>Activité : Documentation</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Documentation<ul style="list-style-type: none">→ Manuels
BTD/DLBP/GP	11

CENTRALE L Y O N	<h2>Activité : Mise en oeuvre</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Mise en oeuvre<ul style="list-style-type: none">→ Installation<ul style="list-style-type: none">➢ Planning, Procédure, test, Rapport→ Conversion<ul style="list-style-type: none">➢ Planning, Activités (Programmes, BD, Doc), Test, Rapport→ Formation
BTD/DLBP/GP	12

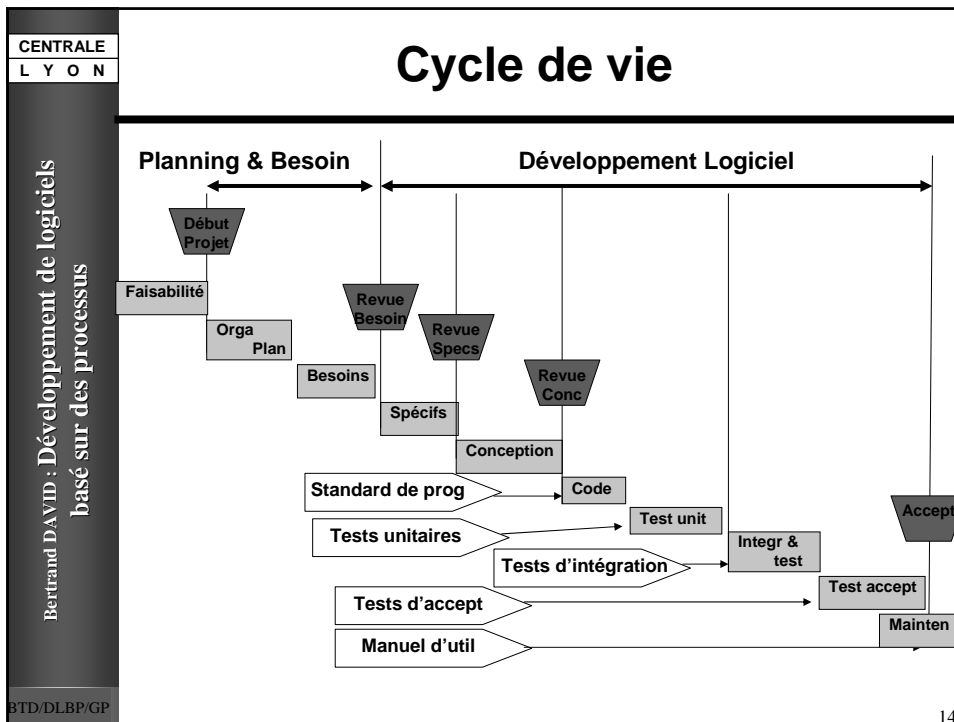
CENTRALE
L Y O N

Activité : Maintenance

- Maintenance
 - MAJ
 - Maintenance corrective
 - Maintenance adaptative
 - Maintenance perfective
 - Administration de la Base de Données

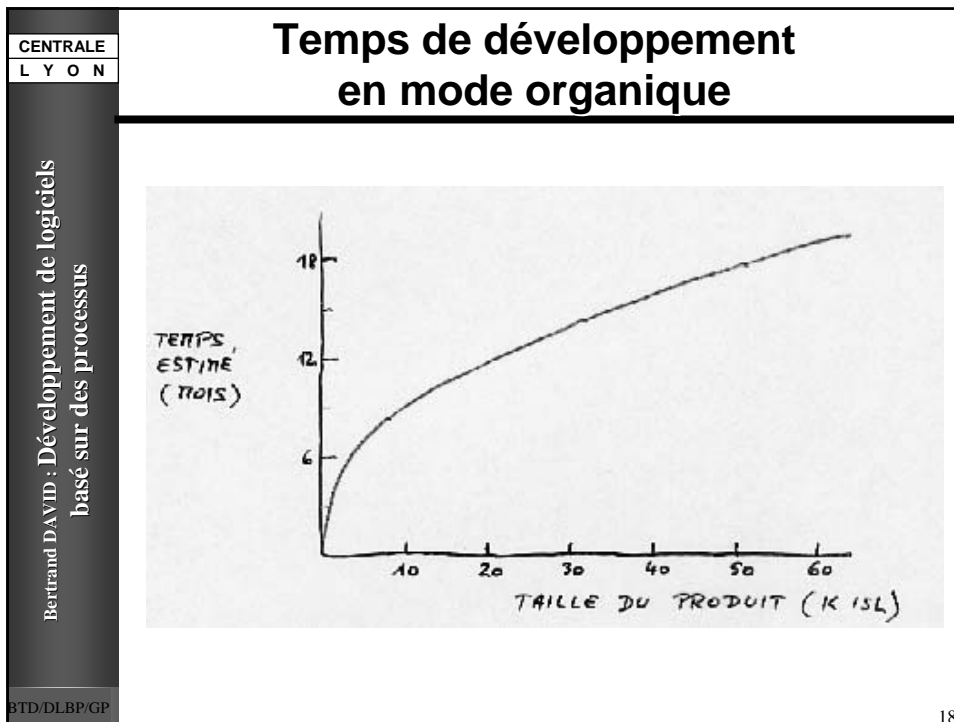
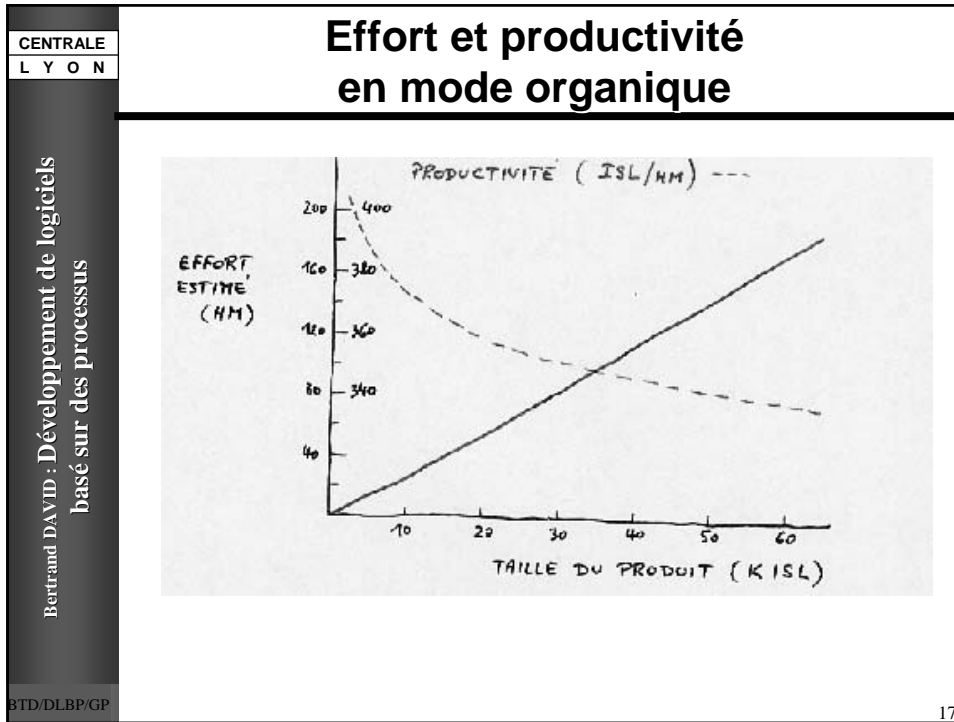
BTD/DLBP/GP

13



CENTRALE L Y O N	<h2>Modèle constructif de coût (1)</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Modèle de base :<ul style="list-style-type: none">→ Effort en Homme – Mois (HM)→ Volume de travail en KISL (Milliers d’Instructions Sources Livrées)→ Durée : Temps de développement en mois (TDEV) → Premières formules :$HM = 2,4 * KISL^{1,05}$$TDEV = 2,5 * HM^{0,38}$
BTD/DLBP/GP	15

CENTRALE L Y O N	<h2>Modèle constructif de coût (2)</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Remarques :<ul style="list-style-type: none">→ Première estimation peut être très approximative.→ Définition « livré » : se retrouvant dans le code final→ Instructions sources : pas des commentaires, mais des déclarations et instructions.→ Estimation concerne les phases au-delà de l’identification du besoin, jusqu’au test d’acceptation, les autres phases sont estimées séparément.→ Concerne toutes les activités de la SVT (structure de ventilation des travaux).→ Intègre des personnes travaillant directement sur le projet (y compris gestionnaire du projet et gestionnaire des programmes, mais pas des opérateurs et secrétariat).→ HM = 152 heures par mois (tenant compte des congés, absences, ...).
BTD/DLBP/GP	16



CENTRALE L Y O N	Modèle constructif de coût : un exemple
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none"> ● Exemple, pour un projet de 32 000 ISL (instructions source livrées) : <ul style="list-style-type: none"> → Effort HM : $2,4 * (32)^{1,05} = 91$ Homme – Mois → Productivité : $32\ 000\ ISL / 91\ HM = 352\ ISL/HM$ → Durée TDEV = $2,5 * (91)^{0,38} = 14$ mois → Moyenne du personnel 91 HM/ 14mois = 6,5 PPI → PPI : Personnel Plein-temps Informatique
BTD/DLBP/GP	19

CENTRALE L Y O N	Modèle constructif de coût (5)																									
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none"> ● Profil des projets <ul style="list-style-type: none"> → Petit projet 2 000 ISL → Projet intermédiaire 8 000 ISL → Projet moyen 32 000 ISL → Grand projet 128 000 ISL ● Profil des projets en mode organique <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Taille</th> <th>Effort</th> <th>Productivité</th> <th>Temps</th> <th>Personnel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PP 2 KISL</td> <td>5 HM</td> <td>400 ISL/HM</td> <td>4,6 mois</td> <td>1,1 PPI</td> </tr> <tr> <td>PI 8 KISL</td> <td>21,3 HM</td> <td>376 ISL/HM</td> <td>8 mois</td> <td>2,7 PPI</td> </tr> <tr> <td>PM 32 KISL</td> <td>91 HM</td> <td>352 ISL/HM</td> <td>14 mois</td> <td>6,5 PPI</td> </tr> <tr> <td>GP 128 KISL</td> <td>392 HM</td> <td>327 ISL/HM</td> <td>24 mois</td> <td>16,0 PPI</td> </tr> </tbody> </table>	Taille	Effort	Productivité	Temps	Personnel	PP 2 KISL	5 HM	400 ISL/HM	4,6 mois	1,1 PPI	PI 8 KISL	21,3 HM	376 ISL/HM	8 mois	2,7 PPI	PM 32 KISL	91 HM	352 ISL/HM	14 mois	6,5 PPI	GP 128 KISL	392 HM	327 ISL/HM	24 mois	16,0 PPI
Taille	Effort	Productivité	Temps	Personnel																						
PP 2 KISL	5 HM	400 ISL/HM	4,6 mois	1,1 PPI																						
PI 8 KISL	21,3 HM	376 ISL/HM	8 mois	2,7 PPI																						
PM 32 KISL	91 HM	352 ISL/HM	14 mois	6,5 PPI																						
GP 128 KISL	392 HM	327 ISL/HM	24 mois	16,0 PPI																						
BTD/DLBP/GP	20																									

CENTRALE L Y O N		Distribution des phases en Mode organique				
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	Phase	PP 2 KISL	PI 8 KISL	PM 32 KISL	GP 128 KISL	
	EFFORT					
	Planning	6 %	6 %	6 %	6 %	
	Conception	16	16	16	16	
	Programmation	68	65	62	59	
	C. détaillée		26	25	24	23
	Code et test u.		42	40	38	36
	Intégr & test	16	19	22	25	
	Total	100 %	100 %	100 %	100 %	
	DUREE					
	Planning	10 %	11 %	12 %	13 %	
	Conception	19	19	19	19	
	Programmation	63	59	55	51	
	Intégr & test	18	22	26	30	
	Total	100 %	100 %	100 %	100 %	
BTD/DLBP/GP		21				

CENTRALE L Y O N		Profil de base des projets : Mode organique (1)				
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	Phase	PP 2 KISL	PI 8 KISL	PM 32 KISL	GP 128 KISL	
	EFFORT					
	Planning	0,3	1,3	5	24	
	Conception	0,8	3,4	15	63	
	Programmation	3,4	13,8	56	231	
	C. détaillée		1,3	5,3	22	90
	Code et test u.		2,1	8,5	34	141
	Intégr & test	0,8	4,1	20	98	
	Total	5,0	21,5	91	392	
	DUREE					
	Planning	0,5	0,9	1,7	3,1	
	Conception	0,9	1,5	2,7	4,6	
	Programmation	2,9	4,7	7,7	12,2	
	Intégr & test	0,8	1,8	3,6	7,2	
	Total	4,6	8,0	14	24	
BTD/DLBP/GP		22				

CENTRALE L Y O N		Profil de base des projets : Mode organique (2)			
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	Phase	PP 2 KISL	PI 8 KISL	PM 32 KISL	GP 128 KISL
	Moyenne PPI				
	Planning	0,6	1,4	2,9	8
	Conception	0,9	2,3	5,6	14
	Programmation	1,2	2,9	7,3	19
	Intégr & test	1,0	2,3	5,6	14
	Moyenne géné	1,1	2,7	6,5	16
	% Moyenne PPI				
	Planning	60 %	55 %	50 %	46 %
	Conception	84 %	84 %	84 %	84 %
	Programmation	108 %	110 %	113 %	116 %
	Intégr & test	89 %	87 %	85 %	83 %
	Productivité				
		400	376	352	327

23

CENTRALE L Y O N		Principales raisons d'augmentation des coûts
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus		<ul style="list-style-type: none"> ● Conception du produit devient plus complexe pour obtenir un travail en parallèle d'un grand nombre de programmeurs ● Effort à fournir est plus important pour vérifier et valider les besoins et les spécifications ● Temps plus important passé en communication ● Activité d'intégration plus importante ● Tests plus complets pour vérifier et valider des produits complexes ● Gestion du projet plus lourde

24

CENTRALE L Y O N	<h2>Estimation de l'effort de maintenance</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● TAC : Taux annuel de changement (fraction de logiciel qui change pendant une année typique).● Exemple :<ul style="list-style-type: none">Projet de 32 KISL avecAjouts 4 000 ISLModifs 2 400 ISL$\text{TAC} : (4\ 000 + 2\ 400) / 32\ 000 = 0,20 \quad 20\ %$● Effort annuel de maintenance (en HMma)<ul style="list-style-type: none">→ $\text{HMma} = \text{TAC} * \text{HMd}$→ $\text{HMma} = 0,2 * 91 = 18 \text{ HM}$→ PPI mensuel : $18/12 = 1,5 \text{ PPI annuel}$
BTD/DLBP/GP	25

CENTRALE L Y O N	<h2>Modes de développement (1)</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Mode Organique :<ul style="list-style-type: none">→ Petite équipe, bien soudée ayant une expérience commune→ Projet de petite taille→ Communication Facile→ Remplacement possible, car pas de spécialisation→ Négociations aisées des changements → Bonne productivité→ Pas de pertes dues à l'organisation<ul style="list-style-type: none">➢ Matériels et logiciels stables➢ Pas d'innovation importante➢ Pas d'intéressement important➢ Petite taille < 50 KISL
BTD/DLBP/GP	26

CENTRALE
L Y O N

Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

Modes de développement (2)

- **Mode Intermédiaire :**
 - **Projet à caractéristiques intermédiaires**
 - **Mode de travail intermédiaire**

 - **Expérience moyenne des projets de ce type**
 - **Equipe mixte (certains expérimentés, d'autres débutants)**
 - **Expérience dans certains aspects du projet**

 - **Taille de 300 KISL environ**

BTD/DLBP/GP 27

CENTRALE
L Y O N

Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

Modes de développement (3)

- **Mode Critique :**
 - **Contraintes critiques sur**
 - Les délais
 - Le matériel (spécifique)
 - La fiabilité

 - **Coût changement est prohibitif, il faut bien faire du premier coup**
 - Effort important en vérification & validation
 - Gestion de versions

 - **Spécifications faites par une petite équipe**
 - **Conception détaillée, codage et test unitaire par un nombre important de personnes**

BTD/DLBP/GP 28

CENTRALE
L Y O N

Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

BTD/DLBP/GP

Formules dans différents modes

MODE	EFFORT	DUREE
Organique	$HM = 2,4 * (KISL)^{1,05}$	$TDEV = 2,5 * (KISL)^{0,38}$
Intermédiaire	$HM = 3,0 * (KISL)^{1,12}$	$TDEV = 2,5 * (KISL)^{0,35}$
Critique	$HM = 3,6 * (KISL)^{1,20}$	$TDEV = 2,5 * (KISL)^{0,32}$

- Projets :
- PP 2 KISL
- PI 8 KISL
- PM 32 KISL
- GP 128 KISL
- TGP 512 KISL

BTD/DLBP/GP

29

CENTRALE
L Y O N

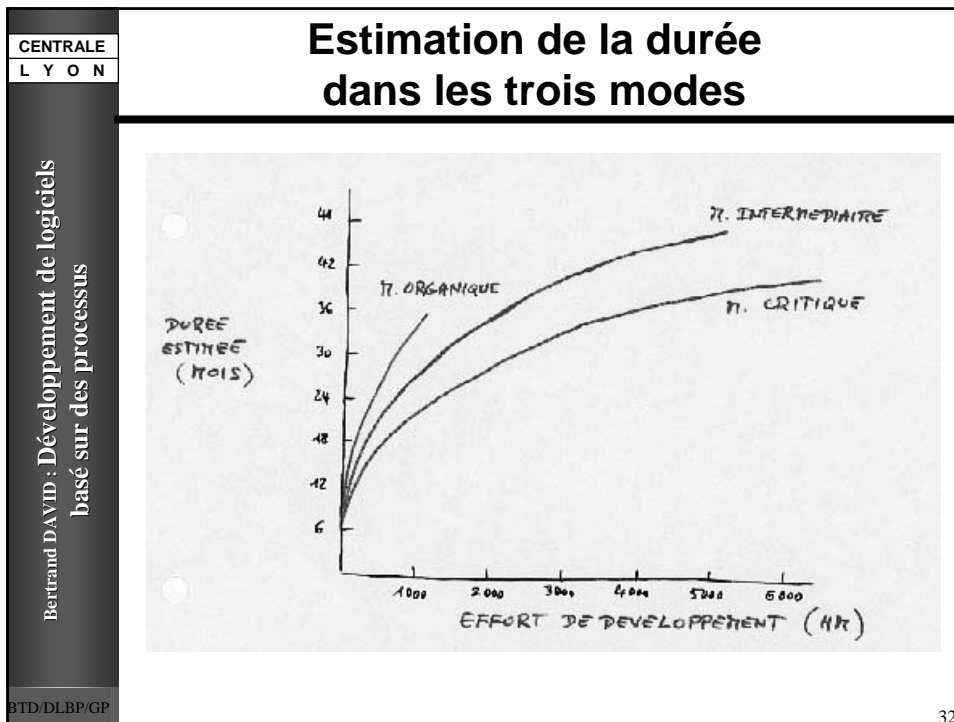
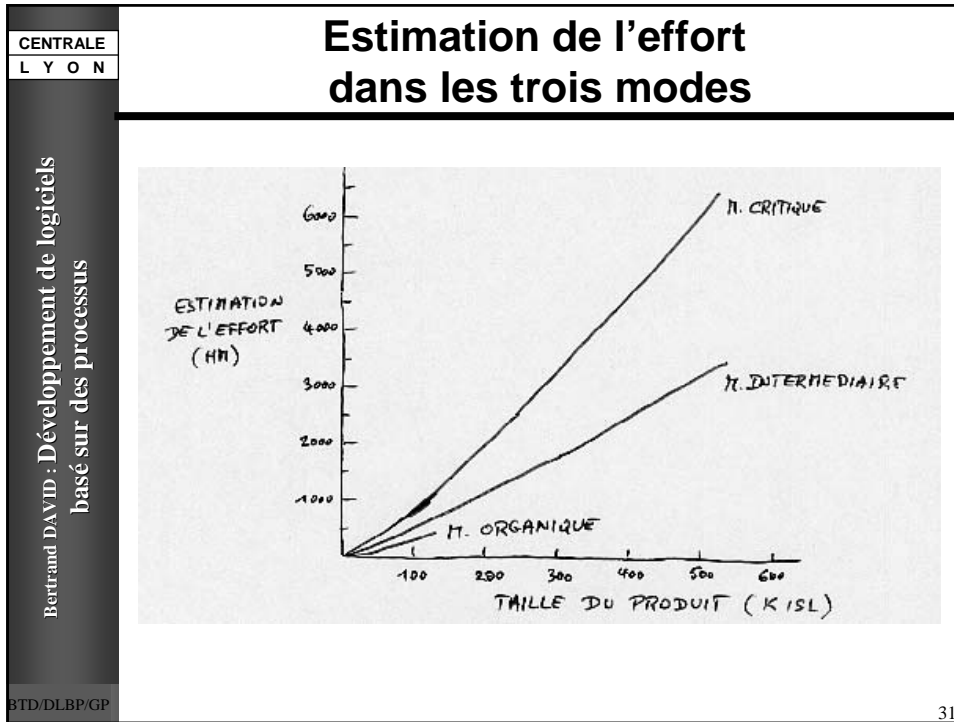
Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

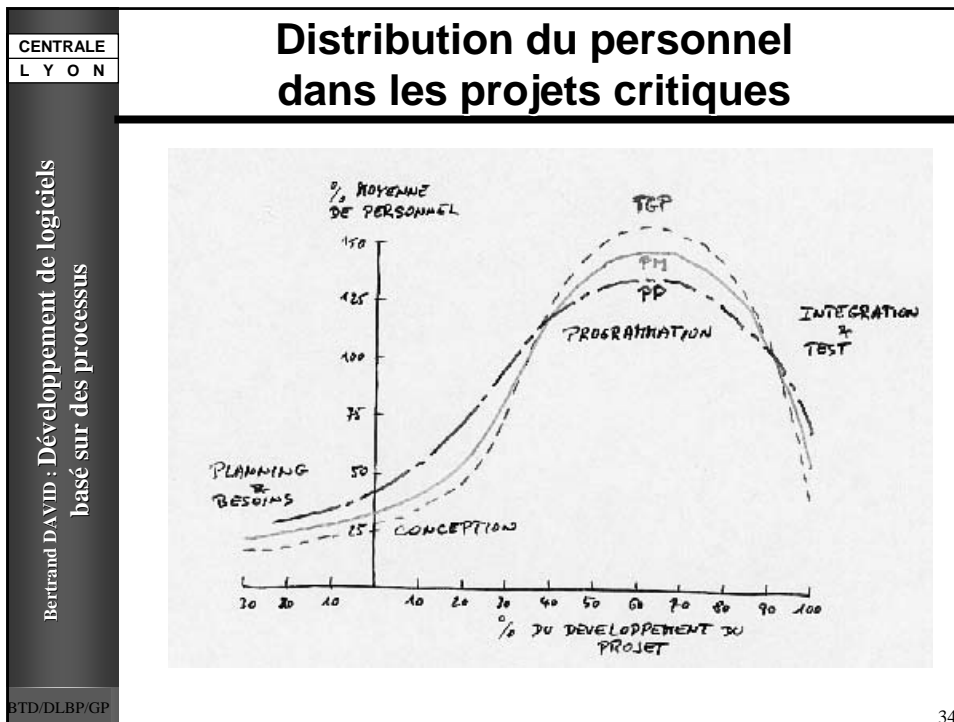
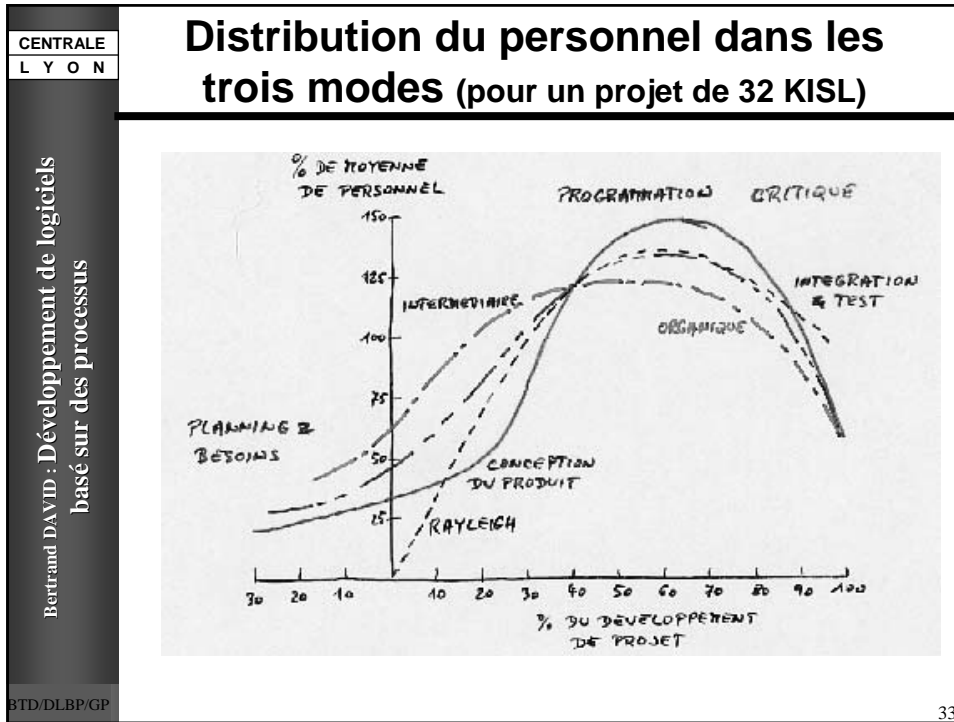
BTD/DLBP/GP

Estimation du temps dans les trois modes

BTD/DLBP/GP

30

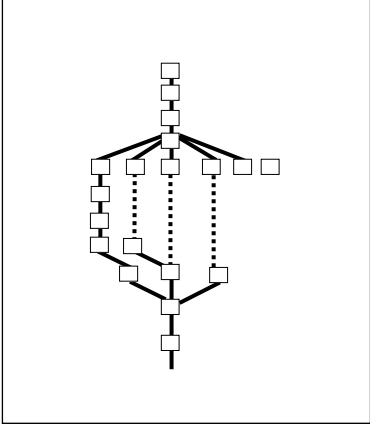




CENTRALE
L Y O N

Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

Déroulement du projet dans les différentes étapes du cycle de vie



The diagram illustrates the project lifecycle as a sequence of steps represented by small squares. A central vertical line of squares is connected to a horizontal line of squares. From this horizontal line, two vertical lines of squares extend downwards, connected by a horizontal line. Dotted lines indicate feedback loops from the bottom of these vertical lines back to the central vertical line.

BTD/DLBP/GP

35

CENTRALE
L Y O N

Bertrand DAVID : Développement de logiciels
basé sur des processus

Différentes versions de COCOMO

- REVIC
- COCOMO_87, ADA 87, APM 88 (ADA Process Model)
- COCOMO_81, COCOMO_85
- COCOMO_II Early Design (7 estimateurs)
- COCOMO_II Post Architecture (17 estimateurs)

BTD/DLBP/GP

36

CENTRALE L Y O N	<h2>COCOMO II</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● Le calcul de COCOMO est basé sur l'estimation de KISL (milliers d'instructions de code source livrées) :<ul style="list-style-type: none">→ Seulement les instructions livrées sont comptabilisées (pas de drivers de tests et autres outils supports)→ Lignes écrites, pas des lignes générées→ Déclarations sont comptées→ Pas les commentaires → Une nuance : dans le COCOMO original de 81 original on comptait en lignes physiques, dans COCOMO II on raisonne en lignes logiques.
BTD/DLBP/GP	37

CENTRALE L Y O N	<h2>Estimation avec Point Fonction</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● L'approche par Point Fonction a été développée par Allan Albrecht d'IBM avec l'idée que l'estimation initiale de la taille du logiciel peut être basée sur les Entrées – Sorties du système.● Cinq classes d'échanges sont prises en compte :<ul style="list-style-type: none">→ Entrées externes→ Sorties externes→ Fichiers logiques internes→ Interfaces avec des fichiers externes→ Demandes externes ● A partir de cette identification on calcule le total de points fonctions et des outils sont capables de transformer ceux-ci en estimation du nombre de lignes (KISL)
BTD/DLBP/GP	38

CENTRALE L Y O N	<h2>COCOMO II – estimateur d'envergure</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● La durée du projet et le coût s'expriment en facteurs d'estimateur d'envergure (Scale Drivers) qui interviennent dans l'exposant de l'équation de l'effort.● Les 5 estimateurs d'envergure sont :<ul style="list-style-type: none">→ Caractère de nouveauté→ Flexibilité de développement→ Risque de choix d'architecture→ Cohésion de l'équipe de développement→ Maturité du processus● Les deux premiers estimateurs remplacent les modes de développement de COCOMO 81 (organique, intermédiaire, critique)
BTD/DLBP/GP	39

CENTRALE L Y O N	<h2>COCOMO II – Estimateur de coût</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none">● COCOMO II admet 17 estimateur de coût, qui sont les facteurs multiplicatifs qui déterminent l'effort nécessaire pour terminer le projet.● Par exemple : RELY (Required Software Reliability) peut être estimé à Très Elevé, ce qui correspond au coefficient multiplicateur de 1.26, c'est-à-dire 26% d'effort en plus qu'un projet typique● COCOMO II définit pour chaque estimateur de coût l'effort multiplicateur pour chaque valeur (sur une échelle 6 valeurs : Très Faible – Faible – Normal – Elevé – Très Elevé – Extrêmement élevé)
BTD/DLBP/GP	40

CENTRALE L Y O N	<h2><i>Personnel Factors</i></h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ol style="list-style-type: none">1. ACAP - Analyst Capability2. APEX AEXP - Applications Experience3. PCAP - Programmer Capability4. LEXP - Programming Language Experience5. VEXP - Virtual Machine Experience6. PERS - Personnel Capability7. PREX - Personnel Experience8. PCON - Personnel Continuity9. PLEX PEXP - Platform Experience10. LTEX - Language and Tool Experience
BTD/DLBP/GP	41

CENTRALE L Y O N	<h2><i>Product Factors</i></h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ol style="list-style-type: none">1. RELY - Required Software Reliability2. DATA - Database Size3. CPLX - Software Product Complexity4. RUSE - Required Reusability5. DOCU - Documentation Match to Life-Cycle Needs6. RCPX - Product Reliability and Complexity
BTD/DLBP/GP	42

CENTRALE L Y O N	<h2><i>Platform Factors</i></h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ol style="list-style-type: none">1. TIME - Execution Time Constraint2. STOR - Main Storage Constraint3. TURN - Computer Turnaround Time4. VIRT - Virtual Machine Volatility5. VMVH - Virtual Machine Volatility: Host6. VMVT - Virtual Machine Volatility: Target7. PVOL - Platform Volatility8. PDIF - Platform Difficulty9. PLAT - Platform
BTD/DLBP/GP	43

CENTRALE L Y O N	<h2><i>Project Factors</i></h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ol style="list-style-type: none">1. TOOL - Use of Software Tools2. MODP - Modern Programming Practices3. SCED - Required Development Schedule4. SECU - Classified Security Application5. SITE - Multisite Development6. FCIL - Facilities7. RVOL - Requirements Volatility
BTD/DLBP/GP	44

CENTRALE L Y O N	<h2>COCOMO II – Equation d'effort</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<p>L'effort se mesure en homme.mois et s'appuie principalement sur la taille du projet en KISL</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Effort = $2.94 * FAE * (KISL)^E$ <p>Avec</p> <ul style="list-style-type: none"> → FAE : Facteur d'Ajustement d'Effort issu de l'estimateur de coût → E : exposant issu de l'estimateur d'envergure <ul style="list-style-type: none"> ● Exemple : Pour tous les estimateurs de coût et d'envergure à Normal, le FAE sera à 1 et E à 1.0997. Pour un projet de 8000 KISL, COCOMO II estime l'effort à 28,9 homme.mois : <ul style="list-style-type: none"> ● Effort $2.94 * 1 * 8^{1.0997} = 28.9$ HM
BTD/DLBP/GP	45

CENTRALE L Y O N	<h2>COCOMO II - Facteur d'Ajustement d'Effort</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none"> ● Le Facteur d'Ajustement d'Effort est un produit de tous les FAE des estimateurs de coût du projet <ul style="list-style-type: none"> ● Exemple : Si le projet admet un FAE de Complexité Très Important (coef. 1.39) et Très Faible pour l'estimateur d'Expérience de Langage et outils (coef. 1.09) avec tous les autres estimateurs de coût à Normal (coef. 1.0) le FAE sera $1.34 * 1.09 = 1.46$ <ul style="list-style-type: none"> ● Effort $2.94 * 1.46 * 8^{1.0997} = 42.3$ HM
BTD/DLBP/GP	46

CENTRALE L Y O N	<h2>COCOMO II – Equation de durée</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none"> • L'équation de durée estime le nombre de mois nécessaires pour compléter le projet. La durée du projet se base sur l'effort à fournir <ul style="list-style-type: none"> → $Durée = 3.67 * Effort^{ED}$ → Où : → Effort résulte de l'équation d'effort de COCOMO II → ED – exposant de durée issu des 5 estimateurs d'envergure • Dans la continuité de l'exemple précédent : <ul style="list-style-type: none"> ED = 0.3179 on obtient • $Durée = 3.67 * (42.3)^{0.3179} = 12.1$ mois • Moyenne de personnel : $(42.3 \text{ HM}) / (12.1 \text{ mois}) = 3.5$ personnes
BTD/DLBP/GP	47

CENTRALE L Y O N	<h2>COCOMO II – estimateur de coût pour la Durée de Développement Demandée (DDD)</h2>
Bertrand DAVID : Développement de logiciels basé sur des processus	<ul style="list-style-type: none"> • L'estimateur de coût pour la durée de développement demandée (DDD) est unique <ul style="list-style-type: none"> → Il s'agit de prendre en compte le fait qu'un projet dont le développement serait accéléré par rapport à la durée normale nécessitera plus d'effort • Si DDD est Très Bas (exprimant un délais très court – très rapide), l'effort multiplicateur de 1.43 doit être appliqué pour obtenir un projet en 75% de durée optimum calculée. • Dans la continuité de l'exemple précédent : <ul style="list-style-type: none"> • $Durée = 75\% \ 12.1 \text{ mois} = 9.1$ mois • Facteur d'Ajustement d'Effort = $F AE = 1.34 * 1.09 * 1.43 = 2.09$ • $Effort = 2.94 * (2.09) * (8)^{1.0997} = 60.4$ HM • Moyenne de personnel : $(60.4 \text{ HM}) / (9.1 \text{ mois}) = 6.7$ personnes
BTD/DLBP/GP	48