

Plan de développement d'un projet

D. Bédère

Dapnia /Assistant Qualité
Maîtrise des risques

Mardi 31 Janvier 2006 1

Parcours

•CP 87 à 03

Complexité

Besoin Maîtrise

– Détecteurs de Physique

• **Liquide Ar (Cryogénie)** 1200 plans 1 m²= chaîne de fab sur 300 m² (Sur 10 ans 1% perdu). AQ appro procédure et manufacture.

• **Solide Si** / chaîne de fab midi 1m² au 1/100ème ds salle blanche, 3 voies mortes 15000. Propreté et manutention µm.

• **Gaz** / 4 Chambres à fil 10µm/20m². Atelier protégé. Implosion et manufacture bis avec russes.

– **Plusieurs Projets Nucléaires en INB** (cellule chaude&télé-manipulateurs; analyse des risques cahier de justification/cahier d'exploitation/Analyse des défaillances & cahier de maintenance)

– **Projet Spatial (CNES&NASA)** Calorimètre Xtal sur satellite.

A.Q. & M.R.

**L'analyse de risques débouche sur un
Plan de Développement qui démontre
comment le CP veut organiser l'innovation**



Séminaire IN2P3/Dapnia Conduite de projet D. Bédère Juin 06 2

SOMMAIRE

1. Définition du plan de développement
2. Description de la méthodologie
3. La qualification et la vérification pour aboutir à la validation

Séminaire IN2P3/Dapnia Conduite de projet D. Bédère Juin 06 3

SOMMAIRE

1. Définition du plan de développement
2. Description de la méthodologie
3. La qualification et la vérification pour aboutir à la validation

Séminaire IN2P3/Dapnia Conduite de projet D. Bédère Juin 06 4

Trois types de Projets :

- Ceux que l'on suit et qui sont guidés par la Σ des bonnes volontés de chacun
- Ceux que l'on conduit sans penser aux aléas
- Ceux que l'on pilote (motard, pilote de course...) où tout est regardé avec acuité (plaque d'égout, bande blanche mouillée, ...) pour éviter les accidents déjà arrivés à d'autres donc les aléas.

Les 3 aboutissent avec plus ou moins d'efforts, de dépassement budgétaire, de retard ou de réduction des performances

- Personnel C.P. et / ou Ingénieur Système

– S'assurer que l'objet innovant a atteint un niveau de maturité suffisant pour être réalisé et intégré dans l'objet de niveau plus grand sinon trouver des solutions de replis plus sûre.



Interne Projet

- Montrer à l'équipe projet la logique de développement et les étapes de démonstration de la faisabilité de l'objet innovant et de son intégration

- Externe et/ou médiatique

– Montrer à ses tutelles ou/et au C.P. de niveau plus grand que je maîtrise les conditions de fabrication de l'objet innovant et son intégration



- Les définitions sont toujours des pièges cartésiens
- Plan de développement
 - Un plan ça sert quand on est perdu (ref film actuel)
 - Développement cela s'applique bien à un arbre qui croit et se développe avec sa multitude de branchioles qui se transformeront en branches



La Nature a un plan que l'on passe sa vie à tenter de déchiffrer

Je préfère les métaphores qui permettent d'approcher du sens profond des choses

- Equivalence guerrière

C'est une stratégie qui permet de gagner des batailles et même de choisir d'en perdre pour gagner une guerre



- Equivalence sportive

Une stratégie qui permet de gagner les matchs les uns après les autres et distribuer, répartir ses forces pour être champion du monde



- Et pour le randonneur

– Une organisation de bouche et la réalisation d'une feuille de route pour traverser une chaîne montagneuse



On se rapproche...

dapnia



saclay

Etude systématique dans un but justificatif du système choisi comme solution technique au cahier des charges.

Elle conduit à la feuille de route technique

- enchaînant les plans de tests
- jalonnée de points clefs et de revues techniques

Objet du plan de développement

dapnia



saclay

- Il décrit la démarche mise en place pour
 - assurer le développement d'un système d'un objet ,d'un produit
 - et en vérifier les performances.
- Il précise
 - la logique de déroulement des tâches de développement et de vérification.
- Il explicite
 - les raisons de cette logique et les dispositions prises pour la maîtriser compte tenu des événements clefs et des interfaces.

Principe de construction du plan

dapnia



saclay

- Le plan de développement doit être construit de manière à maîtriser les principaux risques
 - En définissant les dispositions propres à les ramener à un niveau acceptable
 - Protection
 - Prévention
 - Développer des solutions de replis
 - En étant suffisamment flexible pour pouvoir faire face aux événements redoutés

dapnia



saclay

1. Définition du plan de développement
2. Description de la méthodologie
3. La qualification et la vérification pour aboutir à la validation

Elaboration du plan de niveau sup

dapnia



saclay

- Identification des processus ou des produits à développer
- Identification des contraintes et des risques
- Identification des activités
 - de développement (la logique aboutissant au choix de plusieurs processus ou de produits avec une ou plusieurs solutions de repli)
- La politique des Modèles
- Activités de
 - qualification
 - vérification
- Fabrication et contrôle
- Planification des activités

Plan pour un produit/processus élémentaire

dapnia



saclay

- Analyse des situations de vie
- Identification des Contraintes et des risques
- Bilan connu/reconnu et inconnu/méconnu
- Succession de Plans de test pour passer de la R&D à la vérification de la faisabilité pour atteindre la qualification de chaque produit élémentaire et chaque processus élémentaire
- Objectif de sortie : Obtenir un produit ou un processus qualifié c'est-à-dire qu'on fait la preuve
 - Qu'il est résistant au cycle de vie avec une marge confortable identifiée
- Et donc
 - qu'il est manufacturable en série
 - Que ses paramètres utiles restent dans un domaine de confiance au cours de la fabrication en série

Identification des produits et processus

dapnia



saclay

- L'analyse fonctionnelle (voir exposé X. Charlot) est le premier pas à faire
- Utiliser ou faire le Product Breakdown Structure (voir Exposé P. Laborie) pour définir la liste des produits et processus

Remarque

dapnia



saclay

- Les plans de développement élémentaires s'agglutinent autour d'une logique qui sous tend le développement du système
comme les grains de raisins s'aggrègent autour d'une tige commune



Exemple

dapnia



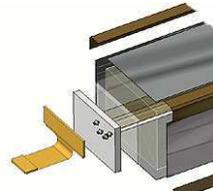
saclay

• Processus de collage d'une Photodiode Double

céramique, silicium
sans fenêtre

Sur un Cristal CSI

Une espèce de savon
dur (sensible à
l'humidité et rayable
à l'ongle)

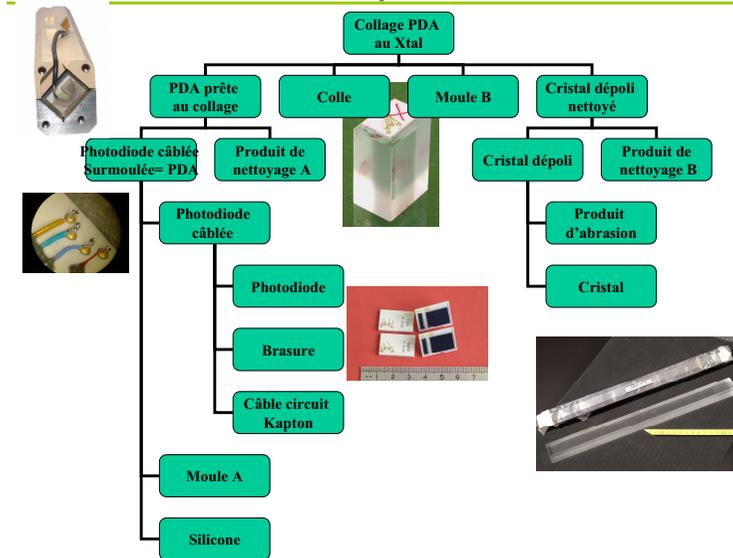


Exemple d'arborescence produit

dapnia



saclay



Identification des contraintes(1/2)

dapnia



saclay

• Analyse des situations de vie du produit

- Intégrer et mettre en évidence dès le début du projet l'évolution des paramètres environnementaux
 - Dimensionnelles, Masse, Électronique,
 - Exigence environnementale (Gammes thermique, de vibration, de dégazage, les contraintes environnementales de montage, d'utilisation – humidité, salinité, ...)
 - Propreté particulière et moléculaire
- à tous les stades de la réalisation :
 - Fabrication et test chez le fournisseur,
 - Réception
 - Manutention des produits, des systèmes
 - Conditions de transport entre les fournisseurs et le labo, les labos
 - Emballage et mise en boîte, en conteneur
 - Conditions d'assemblage et d'intégration
- S'assurer que les produits ne vont pas transformer l'atmosphère (dégazage,...)

Identification des contraintes(2/2)

dapnia



saclay

• Contraintes techniques induits par le niveau supérieur (les spécifications,...)

• Normes, exigences particulières,..

• Contraintes d'organisation

- Responsabilités entrelacées dans le développement,..

• Contraintes calendaires

- Jalons du niveau supérieur,..

Normes et exigences

dapnia



saclay

- **Les exigences du CERN, de tout accélérateur hôte,...**
 - en terme de tenue au feu, aux radiations,...
 - sinon il faut émettre des NCR (Non Conformance Report) en trouvant des solutions de compensation qui doivent être vérifiées pour être validées.
- **Les exigences du CNES: Guide Normatif des projets : RNC CNES...)**
http://squalps.cnes.fr/cnes_final_5_fr/index.html
ou de l'ESA (ECSS...)

Identification des risques

dapnia



saclay

- **Voir exposé de G.Ragain**
- **Un plan d'actions est décidé à l'issue de l'identification des risques pour diminuer les risques.**
- **Ces actions sont organisées de façon logique et cohérente en**
 - un plan de développement**
 - décliné en activités de développement**

Ex : Contraintes et risques

dapnia



saclay

- **Processus de collage d'une Photodiode à un Cristal**
- **Contraintes**
 - Sur terre de la fabrication au décollage : le cristal exige un air à 40%HR
 - Transparence dans le bleu
 - Un cycle de vie contraignant :
 - 25°C pendant 2 ans au sol
 - une accélération au décollage
 - 0°C pendant 5 ans
- **Analyse de risques**
 - Événement Redouté : Collage ne tient pas aux contraintes de température, de vieillissement...
 - Facteur de risque : Coefficient de dilatation thermique très élevée entre la céramique (10^{-6} /°C) et le cristal (10^{-4} /°C)

Identification des activités de développement

dapnia



saclay

- **Dérouler le scénario retenu du développement technique du projet et ses variantes éventuelles c'est-à-dire tous les éléments caractéristiques majeurs permettant**
 - la maîtrise du déroulement du projet
 - l'assurance d'atteindre les performances, les coûts et les délais visés
- **A partir de l'organigramme produit le CP ou l'ingénieur système présente:**
 - La logique de développement en cohérence avec les jalons du projet
 - Les principes
 - d'intégration,
 - de qualification
 - de validation proposée
 - Les principales activités
 - Les événements clés

La politique des modèles

dapnia



saclay

• Au cours du déroulement du projet plusieurs modélisations physiques sont nécessaires pour se prouver et prouver aux tutelles la maturité et la bonne résistance des choix effectués :

- **Modèles numériques**
(thermo élastique, vibration, scientifique,...)
- **Modèles physiques interne au projet**
 - Maquette,
 - Prototypes gigognes chacun servant de brique au niveau suivant de l'arbre produit.
 - Prototype de systèmes
 - Modèles de Laboratoires
- **Modèles physiques livrables au niveau supérieur**
 - Modèle de Laboratoire
 - Modèle structurel et thermique
 - Modèle de qualification
 - Modèles délivrés (part de calorimètre,...,de vol) et rechange

Ex: activités de développement d'un processus

dapnia



saclay

R&D et faisabilité

Phase 1 : Etude papier & simulation par étape en hiérarchisant les paramètres indépendants étudiés et détermination de la valeur des critères

- **Choix de quelques colles transparentes polymérisant dans la zone moyenne de l'intervalle de température**
- **Simulation des contraintes développées dans la colle selon l'éventail de température et suivant plusieurs épaisseurs**
- **Simulation d'accélération rapportée à la masse de la photodiode**

Ex: activités de développement d'un processus

dapnia



saclay

R&D et faisabilité

• Phase 2 : Prototypages fondés sur une hiérarchisation de paramètres indépendants

- **Choix de deux colles**
- **Essais des deux colles avec trois épaisseurs différentes dans l'éventail de température**
- **Choix d'une colle**
- **Essai de trois types de rugosité de surface (paramètre indépendant**
- **Convergence vers une colle et une rugosité**



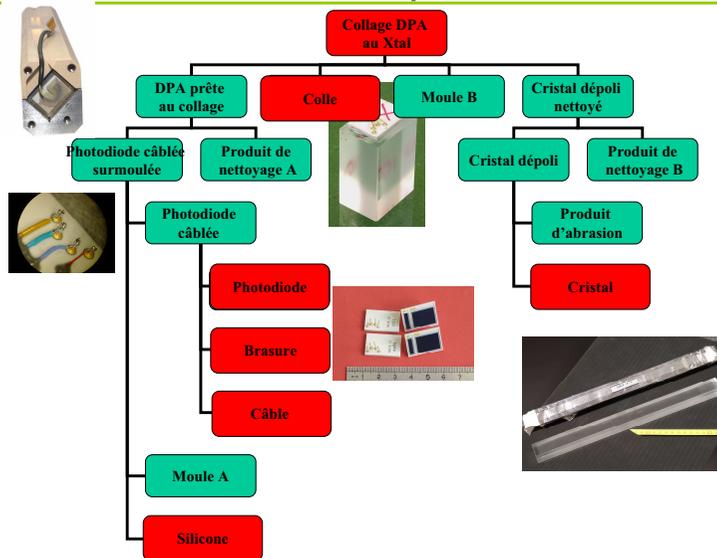
dapnia



saclay

1. Définition du plan de développement
2. Description de la méthodologie
3. La qualification et la vérification pour déboucher sur la validation

Exemple d'identification de qualification



Ex: Politique des modèles du processus de collage

Pour ce processus élémentaire la politique des modèles est interne et permet de s'assurer que les choix répondent aux exigences.

L'objectif dans ce cas est de montrer que le processus est maîtrisé et reproductible.

Le processus de collage dépend des :

Produits élémentaires

Photodiode, Silicone, câbles, brasure

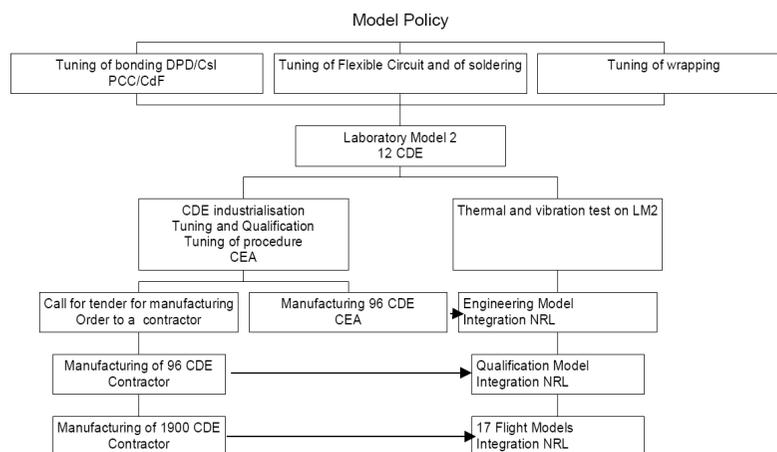
Processus de transformation

Nettoyage, dépolissage, brasage

Éléments du processus

Colle, moule

Exemple pour un système



Exemple

• Les premiers modèles (simulation, maquettes) ont permis de prouver la faisabilité

• Il s'agit de prouver que le processus est « qualifié ». Le plan de qualification peut se résumer en une matrice

- Colonnes = tests de qualification
- Lignes = produits ou processus
- Cellule = liste des paramètres de qualification choisis

Matrice de qualification

	DPA	Out gazing	VRT	TVT (TBC)	Aging	Gamma and proton (TBC) Irradiation	Vibration	Humidity	Parameter of qualification	
DPD	X	X	X	X	X	X	NA	X	Dark current Capacity Sensitivity Metrology	
Flex	By Analogy							X	Isolation Capacity	
Soldering	X	By Analogy								
CsI	Swedish and NRL qualification							X	Weight and inspection	
Glue	Space qualified	X	X	X	X	X	NA	X	transparency	
Bonding process	NA	NA	X	X	X	X	NA	X	Pulling and shearing tests	
Reflector material	NA	X	X	X	X	X	NA	NA	reflectivity	
Wrapping	NA									
CDE	X	X	X	X	X	X	X	X	Muons measurement	

Tests de qualification

• Trois types de réponse justifiée

- Par analogie (le produit lui même n'a jamais été testé mais le fabricant en a déjà faits des comparables,...)
- A déjà été qualifié dans un autre détecteur qui était dans le même environnement
- Par plan de qualification

• Les tests de qualification = du Monsieur +.

En fait ils proviennent d'une analyse statistique :

La densité de probabilité de la somme d'une trentaine de variables aléatoires indépendantes équiréparties est très similaire à celle d'une gaussienne.

Chaque caractéristique d'un produit dans un lot a une valeur répartie de façon gaussienne.

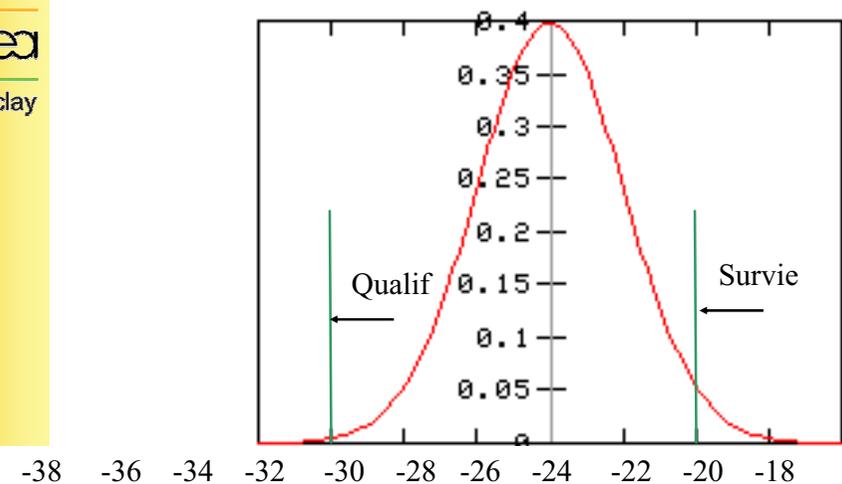
Celui ou ceux que vous avez testés sont peut être dans la zone hyper résistant aux tests mais ce ne sont pas les produits finaux!

Quelles caractéristiques auront ces produits finaux?

Niveau Opérateurs, Survie, Qualification

State	CAL	CDE	Maximum rate dT/dt
Operating levels	-10 to +25 °C	-10 to +25 °C	5 °C/hour (TBR)
Number of cycles	16	16	
Survival levels	-20 to +40 °C	-20 to +40 °C	5 °C/hour (TBR)
Number of cycles	16	16	
Qualification levels	-30 to +50 °C	-30 to +50 °C in vacuum -35 to +55 °C at p _{atm}	5 °C/hour (TBR)
Number of cycles	64 (TBR)	64 (TBR)	

Statistique de tenue min en température



Ex Plan de qualif collage

- 1-4 Acronyms, Reference documents, Document change records, Introduction
- 5 Mission profile and test conditions 5
- 5.1 Life test
- The aim of this test is to check if the glue optical property has been maintained during this life cycle of 2 years at 25°C storage. The Arrhenius equation is used to calculate the acceleration factor.
- There is no defined activation energy for silicon glue, so we will choose the most critical one (0.3) to insure the mission profile coverage. With 1000 hours of life test, we will cover a period of 2.17 years storage at 25°C.
- 5.2 Thermal cycling at dry ambient pressure 6
- 5.3 Shearing after thermal cycling (§ 5.2) on Type 1
- 5.4 Traction/ Cleavage after therm. cycling (§ 5.2) on Type 2
- 5.5 Shock after thermal cycling (Chap 5.2) on samples Type 2

Ex Plan de qualif collage

- 6 Tests Plan implementation
- 6.1 Sample test definition Plusieurs types d'échantillons sont définis suivant la quantité de produits disponibles (DPD très cher) (donc on fait des essais sur des équivalents de produit avant d'epasser au réel) et - le type de tests qu'ils vont devoir subir (traction, pelage,...)
- 6.2 Test plan implementation 8
- Définition de la quantité d'échantillons nécessaires pour pouvoir démontrer la tenue du collage
- 7 Equipment (Liste des équipements et bancs de test nécessaires)
- 8 Test implemented after stress test 9
- Couples (paramètre critère) identifiés qui permettent d'annoncer la qualification
- 9 Samples test plan 10
- Plans des échantillons
- 10 Résultats
- 10.1 life test etc...

Plan de qualif de collage

- Les résultats peuvent être présentés de façon synthétique dans la matrice de qualification en y rajoutant
 - une colonne de critères de qualification prévu
 - les marges identifiées pour chaque paramètre mesuré

Gamma and proton irradiation			
Dc (dark current) sur 10 pièces 18 ± 5 nA	Critère	OK	Marge
	<25 nA	X	2 nA

Fabrication et contrôle

- Parmi les essais de qualification effectués ceux qui sont représentatifs seront choisis pour effectuer le **contrôle** sur la fabrication de série ou la fabrication finale
- Le niveau d'exigence (**le critère**) sera évidemment bien différent de la qualification pour éviter de vieillir ou de stresser prématurément les produits et processus
- Ces essais devront permettre de détecter les défaut de jeunesse des produits

Les moyens de contrôle utilisés

dapnia



saclay

- Des outillages de cuisson et des fours
- Des Bancs de tests
 - Mécaniques
 - Electroniques
 - Optiques
 - Physiques (destinés à mesurer des paramètres physiques)
- Des Boites, caisses, conteneurs
- Des exigences et moyens de transport

Logique de vérification

dapnia



saclay

- La vérification doit être programmée afin de répondre
 - point par point aux exigences identifiées dans la spécification technique de besoins, le cahier des charges,....
- Une matrice de correspondance le démontrera.

Calendrier de développement

dapnia



saclay

- Des événements clefs imposés par le niveau supérieur conduisent à définir un synoptique qui décrit la logique de leur enchainement
- Le temps nécessaire pour réaliser un bon plan de développement technique est en contradiction avec ces événements clefs
- On est obligé de faire des courts circuits dans le synoptique, c'est un processus de convergence spiralé.

Quand le rédiger et le faire évoluer ?(1/2)

dapnia



saclay

- Début de la phase (A) de faisabilité : initialiser
 - l'analyse préliminaire de risques
 - Les actions de réduction des risques techniques les plus critiques
- (A) accroître sa maîtrise sur les risques techniques en définissant ou en faisant le choix des produits et processus utilisés
- fin phase A il faut démontrer
 - que les risques les plus critiques ont été réduits
 - qu'un plan a été défini avec des étapes qui sont franchies petit à petit avec succès.

Cela donnera confiance à l'équipe en charge de la revue des exigences préliminaires

Quand le rédiger et le faire évoluer? (2/2)

dapnia



saclay

⇒ passage en phase de définition préliminaire (B)

• fin de la phase B

- le plan doit être finalisé (la démonstration est nécessaire)
- le plan est partiellement réalisé la qualification de certains produits doit être effectuée si ce n'est

⇒ passage en phase de définition détaillée (C)

• En cours de Phase C et D

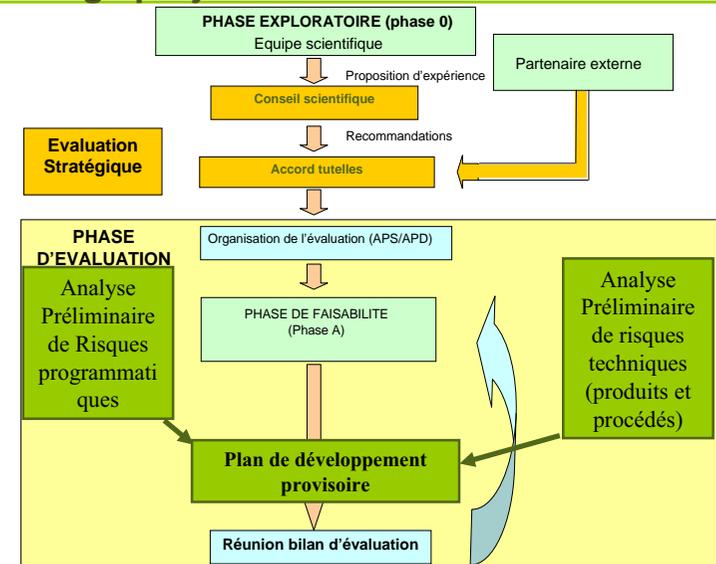
- le plan est corrigé au fur et à mesure de son déroulement vrai (impasse justifiée, voies sans issue) et des résultats obtenus

Phasage projet

dapnia



saclay

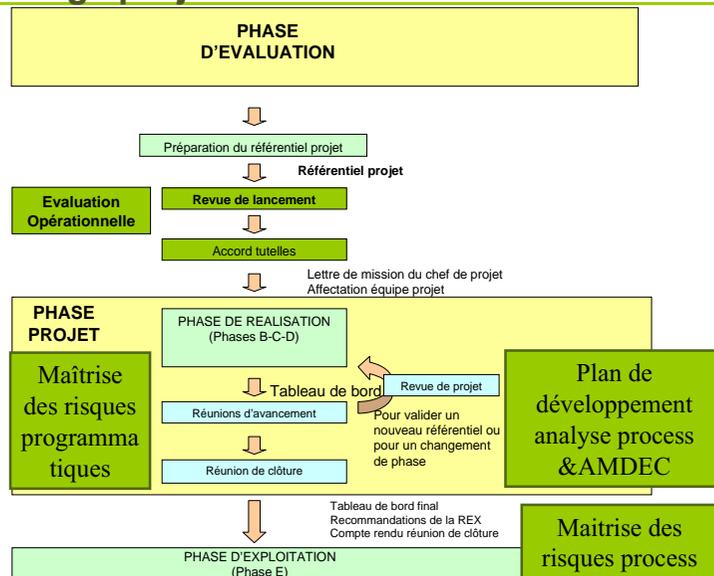


Phasage projet

dapnia



saclay



CONCLUSION

dapnia



saclay

- L'avenir est meilleur quand nous nous inscrivons dans un développement ... durable

Le premier aigle s'est pris d'enquêter sur leurs peurs enrobées. Depuis, il prend appui sans s'arrêter sur les souffles libérés

De quoi est il fait : Sommaire Type (1/3)

dapnia



saclay

1. Rubriques introductives

1. **Objet**
2. **Documentation**
 1. **Applicable (ex: contractuellement...)**
 2. **De référence (bibliographie)**
3. **Glossaire , Acronymes et abréviations**

2. Description sommaire du produit

1. **Fonction, concept**
2. **Description fonctionnelle (Exposé X.Charlot)**
3. **Découpage produit et processus d'assemblage (Exposé P. Laborie)**

De quoi est il fait : Sommaire Type (2/3)

dapnia



saclay

3. Contraintes

- **Techniques induit par l'environnement, le niveau supérieur**
- **D'organisation**
- **Normes et exigences**

4. Analyse de risques (voir exposé G.Ragain)

- **Risques Projet, programmatiques**
- **Risques Techniques**

5. Description des travaux

- 5.1 **Activités de réduction des risques, de développement**
- 5.2 **Politique des modèles**
- 5.3 **Logique de Qualification**
- 5.4 **Logique de Vérification**

De quoi est il fait : Sommaire Type (3/3)

dapnia



saclay

5.5 Fabrication et Logique de Contrôle

5.6 Les moyens utilisés (banc de test, ...)

6. Calendrier de développement

- **Planning à barres**
- **Synoptique (logique et l'enchaînement des tâches)**

7. Description des livrables

- **Modèles , prototype, présérie livrables**
- **Moyens hors modèles livrables**
- **Documentation associée**